

**В. Г. Витязев
И. Б. Макаров**

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕ- ДЕЛИЕ

В. Г. Витязев
И. Б. Макаров

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕ- ДЕЛИЕ

Допущено государственным комитетом СССР
по народному образованию в качестве учебника
для студентов почвоведческих специальностей
высших учебных заведений

ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА
1991

ББК 41.4
В 54
УДК 631.4

Рецензенты:

кафедра почвоведения и агрохимии Ростовского
государственного университета
(зав. кафедрой доктор биологических наук,
профессор П. А. Садименко),
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор А. М. Лыков

Витязев В. Г., Макаров И. Б.

В 54

Общее земледелие: Учебник. — М.: Изд-во МГУ, 1991.—
288 с.: ил.

ISBN 5-211-01674-2.

В учебнике рассмотрены научные основы общего земледелия, факторы жизни растений и агротехнические приемы их регулирования, законы и агроэкологические принципы земледелия, особенности процессов почвообразования на пахотных почвах, основные пути интенсификации земледелия. Даются причины чередования сельскохозяйственных культур на полях, оценка паров и отдельных групп культур как предшественников, структура посевов в почвозащитных севооборотах, механические, химические и биологические меры борьбы с сорными растениями, особенности применения гербицидов и их поведение в почвах. Рассмотрены различные приемы основной, поверхностной и специальной обработок почвы, особенности обработки почв в эрозийноопасных районах, на мелиорированных и переувлажненных почвах, приемы углубления пахотного слоя, оптимизация обработки почв.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Агрохимия и почвоведение».

В 3704010100(4309000000)—074 150—91
077(02)—91

ББК 41.4

ISBN 5-211-01674-2

© Витязев В. Г., Макаров И. Б.,
1991 г.

В подготовке специалистов в области почвоведения, агрохимии и биологии важное значение придается вопросам сельскохозяйственного использования почвенного покрова, повышению плодородия почв, изменению свойств и режимов почв в соответствии с требованиями возделываемых культур. Приемы земледелия оказывают самое различное влияние на характер изменения естественного почвообразовательного процесса, на свойства и режимы почв, причем влияние не всегда положительное. В земледелии как в науке можно выделить пять направлений исследований: научные основы земледелия, севообороты, обработка почвы, меры борьбы с сорной растительностью и системы земледелия. Все эти разделы представлены в учебнике, однако, в отличие от аналогичных учебников для агрономических специальностей вузов, авторы попытались более обстоятельно представить научные основы земледелия и сместить акценты при рассмотрении всех вопросов в область почвенной проблематики: уделить внимание значению почвы как основного средства производства в земледелии, роли почв в обеспечении стабильности урожаев возделываемых культур, проблемам сохранения и повышения плодородия почв, вопросам уменьшения отрицательного антропогенного воздействия приемов земледелия на почвенный покров. В учебнике представлены принципы построения почвозащитных севооборотов, противозерозионных приемов обработки почв, пути интенсификации земледелия на современном этапе развития сельского хозяйства в нашей стране. Учебник написан на основе читаемого курса лекций по «Общему земледелию» для студентов факультета почвоведения МГУ. Главы I—V, VII, VIII написаны доцентом В. Г. Витязевым, глава VI — кандидатом биологических наук И. Б. Макаровым, глава IX — И. Б. Макаровым (Стенная зона европейской части СССР и Дальний Восток) и В. Г. Витязевым (остальная часть).

Авторы приносят благодарность профессорам Е. А. Дмитриеву, Ф. Р. Зайдельману, Б. Г. Розанову, доктору биологических наук Л. О. Карпачевскому, доценту Г. Ф. Лебедевой за ценные советы и замечания, сделанные при подготовке рукописи к печати.

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ КАК ОТРАСЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА И КАК НАУКА

1. ОСНОВНЫЕ ОТРАСЛИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ

Сельское хозяйство было одной из первых отраслей общественного производства. Значение его не снижалось и в последующие исторические эпохи, когда большое развитие получили промышленность и другие сферы экономики. Сельское хозяйство является поставщиком сырья для многих отраслей промышленности и главным производителем продуктов питания. Эти функции сохраняются за ним и в обозримом будущем, несмотря на стремительный научно-технический прогресс. Скорее наоборот, по мере роста народонаселения роль и значение сельского хозяйства, особенно в производстве продуктов питания, будут возрастать.

Уровень сельскохозяйственного производства в значительной мере определяет состояние национальной экономики. Как правило, индустриально развитые и экономически крепкие государства имеют хорошо развитое сельское хозяйство. В настоящее время в нашей стране две трети потребления населения удовлетворяется за счет сельскохозяйственного производства. Половина продукции сельского хозяйства идет на снабжение сырьем ряда важнейших отраслей промышленности, прежде всего легкой и пищевой (семена масличных культур, растительные волокна, сахарная свекла и т. д.).

Сельскохозяйственное производство состоит из двух крупных основных отраслей: растениеводства (земледелие) и животноводства. В растениеводстве производство основано на возделывании растений и использовании почвы как среды обитания и питательной среды для этих растений. В животноводстве процесс производства базируется на выращивании животных, использовании их жизненных функций. С землей, качеством почвы, животноводство связано в основном через производство кормов. Земледелие и животноводство служат удовлетворению потребностей людей, они органически дополняют друг друга в хозяйственном использовании природных, материально-технических и трудовых ресурсов.

Земледелие зиждется на использовании растения и почвы в качестве незаменимых средств производства. Только растение способно улавливать световую энергию солнца и превращать ее в потенциальную энергию органического вещества. Являясь главным и незаменимым продуцентом органического вещества, зеленое растение занимает нижнее положение в любой экологической системе. Так, в схеме экологической системы — лестнице Элтона — растение находится на нижней ступени, за ним по восходящей последова-

тельно размещаются консументы (потребители) — травоядные, хищники первого, второго и более высокого порядка, окруженные редуцентами. В указанном порядке консументы живут за счет энергии и пищи, запасенных растениями, теряя около 90% энергии при каждом переходе на вышележащую ступень

Таким образом, земледелие является как бы первичным, а животноводство — вторичным цехом сельскохозяйственного производства, где растительная продукция утилизируется в высококалорийные продукты и ценное промышленное сырье. В то же время отходы животноводства, главным образом навоз, служат важным средством повышения плодородия почвы даже при развитом производстве минеральных удобрений.

Индустриализация сельского хозяйства и ускорение научно-технического прогресса существенно изменяют взаимосвязь земледелия и животноводства. Углубление специализации животноводства, перевод его на промышленную основу, индустриальная перестройка кормопроизводства создают возможности для организации специализированных животноводческих предприятий, работающих на привозных кормах. С другой стороны, рост применения минеральных удобрений несколько уменьшает роль отходов животноводства как источника питательных элементов для растений.

На соотношение в сельском хозяйстве двух крупных отраслей — растениеводства и животноводства — влияет изменение потребности населения в сельскохозяйственном сырье, различных продуктах питания растительного и животного происхождения. С ускорением научно-технического прогресса расширяется ассортимент товаров широкого потребления, изменяется спрос на различные товары, изготавливаемые из отдельных видов сельскохозяйственного сырья. Появляются заменители разных видов сельскохозяйственной продукции как при производстве из нее товаров широкого потребления, так и при использовании ее на технические нужды.

По мере развития сельскохозяйственного производства как отрасли хозяйства понятие «земледелие» изменялось. В ранний период развития оно отождествлялось с сельским хозяйством. После выделения животноводства в самостоятельную отрасль в понятие «земледелие» стали включать только растениеводство. Земледелие как наука делится на два больших раздела: общее земледелие, где изучаются общие для всех культур мероприятия по обработке почвы, борьбе с сорняками, чередованию культур и т. д., и частное земледелие, или растениеводство, где изучаются разнообразие форм и сортов сельскохозяйственных растений, особенности их биологии и наиболее совершенные приемы их выращивания.

Термин «частное земледелие» был введен в противоположность термину «общее земледелие» и сейчас практически не используется, а вместо термина «общее земледелие» чаще используется просто «земледелие». По утвержденному в 1980 г. ГОСТу земледелие — это растениеводческие отрасли, основанные на использовании земли для выращивания сельскохозяйственных культур. Задачей растениеводства является выращивание зеленых растений;

в зависимости от назначения и биологических особенностей возделываемых культур растениеводство подразделяется на полеводство, луговоеводство, овощеводство, плодоводство, лесоводство. Термин «земледелие» применяют к растениеводческим отраслям, связанным с обработкой почвы, преимущественно к полеводству. Полеводство может специализироваться на возделывании одной или небольшого набора сельскохозяйственных культур: зерновое хозяйство, хлопководство, льноводство и др. Важной задачей полеводства, особенно в южных районах, является производство кормов для животных. Земледелие больше всего связано с использованием пахотных земель, однако эффективное использование пашни в немалой мере зависит от характера использования других угодий, в том числе лугов и пастбищ.

2. ОСОБЕННОСТИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ КАК ОТРАСЛИ ПРОИЗВОДСТВА

Земледелие основано на использовании биологических особенностей растений, законов биологии. Ритм производства в земледелии во многом регулируется биологическими законами. Биологические процессы, протекающие в растениях, имеют определенные циклы и продолжительность. Все это должно учитываться в работе по развитию земледелия, в том числе и по ускорению научно-технического прогресса. Достижения науки и техники позволяют активно воздействовать на естественные циклы роста и развития растений, но полностью изменить течение биологических процессов нельзя. Поэтому биологические факторы выдвигают особые требования к научно-техническим разработкам в области земледелия.

Задача земледелия как отрасли сельскохозяйственного производства — получение (в настоящее время и в будущем) максимального количества растениеводческой продукции высокого качества с единицы сельскохозяйственных угодий с наименьшими затратами и экономически выгодной производителю. Важнейшей особенностью земледелия является то обстоятельство, что здесь производство органически связано с использованием почвы и природной среды. Причем почва является главным незаменимым средством производства. В земледелии результаты производства во многом зависят от свойств почвы, ее плодородия и местоположения. Это во многом определяет размещение сельскохозяйственного производства на территории страны и специализацию хозяйств. Технология земледелия непосредственно зависит от конкретных природных условий. Большие различия природно-климатических и экономических условий по отдельным зонам, регионам страны оказывают существенное влияние на специализацию хозяйств, на особенности механизации, химизации земледелия, проведение мелиоративных работ. Например, для одних районов допустимы мощные современные тракторы с набором широкозахватных машин к ним, а для других больше подходят машины меньшей мощности, но более маневренные. Почвы каждой зоны требуют определенного набора минеральных удобрений, нуждаются в разных видах мелиорации,

почвозащитных мероприятиях, комплексе агротехнических приемов и т. п.

Существенные почвенно-климатические различия зон и районов страны диктуют правильность районирования культур. Многообразие условий производства не терпит никакого шаблона в земледелии. В связи с этим К. А. Тимирязев говорил, что нигде, быть может, ни в какой другой деятельности не требуется взвешивать столько разнообразных условий успеха, нигде не требуется таких многосторонних сведений, нигде увлечение односторонней точкой зрения не может привести к такой крупной неудаче, как в земледелии.

Ритм и результаты сельскохозяйственного производства, сроки, методы и технология проведения работ во многом зависят от складывающихся погодно-климатических условий. Специфика в развитии земледелия связана с сезонностью производства. В земледелии существует разрыв во времени между затратами труда и получением продукции. Многие виды сельскохозяйственной продукции не подлежат длительному хранению в отличие от товаров, производимых в других отраслях. В земледелии в большей мере, чем в других отраслях, фонды воспроизводства формируются за счет собственной продукции (семена, посадочный материал). Это приходится учитывать при распределении продукции, чтобы создавать необходимые фонды для следующего цикла воспроизводства. На случай непредвиденных погодных условий в сельскохозяйственном производстве необходимо иметь резервы, страховые фонды достаточных размеров.

3. ОСОБЕННОСТИ ПОЧВЫ КАК ОСНОВНОГО СРЕДСТВА ПРОИЗВОДСТВА В ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Среди материальных условий, необходимых для жизни людей, особое место занимает земля с ее почвенным покровом, недрами, лесами, водами. Это первая предпосылка и естественная основа всякого производства, без земли невозможно общественное производство ни в одной отрасли. Причем для разных отраслей народного хозяйства, использующих землю, при характеристике ее ценности учитываются различные ее свойства. В промышленности она функционирует только как фундамент, как место, на котором совершаются процессы труда, процесс производства и создание продукта здесь не зависят от свойств и плодородия почвы. В добывающей промышленности роль земли значительно возрастает, здесь наибольшую ценность представляют богатства недр земли и благоприятные условия залегания полезных ископаемых. Для строительных работ важны такие качества земли, как ее рельеф, характер грунта.

В земледелии используют верхний слой земли — почву. Важнейшим свойством почвы является ее плодородие, т. е. способность удовлетворять потребности возделываемых растений и тем самым обеспечивать выход нужной продукции. Только пригодность почвы

для возделывания растений делает землю особым средством производства в земледелии. Помимо всеобщего условия и пространственно-операционного базиса почва в земледелии выполняет еще две функции, выступая в одном и том же производстве и как предмет труда, и как орудие производства. Воздействуя на почву путем ее обработки, человек создает необходимые условия для роста и развития растений и в то же время, видоизменяя и используя химические, водно-физические, биологические и другие свойства почвы, воздействует на растения в нужном направлении. В первом случае почва выступает как предмет труда, во втором — как орудие труда. Другие средства производства также могут выполнять эти функции, однако в разных процессах производства: в одном быть предметом труда, в другом — средством труда. Но в каждом отдельном процессе труда они, в отличие от почвы, выступают только в одной функции.

По сравнению с другими средствами производства почва в земледелии характеризуется еще целым рядом особенностей. Все средства производства, кроме почвы, — результат предшествующего человеческого труда; почва же — естественноисторическое тело, продукт самой природы. Она как дар природы предшествует труду, являясь ее условием, и лишь в процессе производственной деятельности человека становится средством производства.

Почва, почвенный покров — незаменимое средство производства в земледелии. В других отраслях производства вместо одних можно использовать другие, более совершенные, средства производства. Причем возможности замены средств производства расширяются в связи с ускорением научно-технического прогресса. В земледелии никакие другие средства не могут заменить почву в процессе производства. При отсутствии неосвоенных земель о ее расширенном воспроизводстве говорится лишь применительно к плодородию почвы. В таком случае повышение плодородия почвы и означает по существу расширенное воспроизводство почвенных ресурсов.

Почвенный покров пространственно ограничен, его площади нельзя расширить, однако площади используемых почв можно увеличивать за счет территории, не используемой в земледелии, при вовлечении в сельскохозяйственное производство земель из-под водоемов, лесов, болот и т. д. Почва характеризуется постоянством своего месторасположения. Ее нельзя, как другие средства производства, например как станки или машины, перемещать с одного места на другое. Это можно делать лишь ограниченно, в небольших масштабах при землевании, при проведении рекультивации земель на отработанных горнодобывающих объектах, с планируемых для выработок территорий.

Земледелие приходится вести там, где есть пригодная для возделывания растений почва, при тех погодно-климатических условиях, которые характерны для данной местности. Процесс производства ведется на больших площадях, что вызывает необходимость применения мобильных машин. Кроме того, эти простран-

ва имеют определенные размеры и конфигурацию, которые человек может изменять, однако только до определенного предела. Размеры и конфигурация полей влияют на организацию процессов механизации работ, на потребность в составе и количестве необходимых машин и орудий

В отличие от других средств производства, которые в процессе их использования подвергаются физическому и моральному износу, почва при правильном ее использовании не ухудшается, не изнашивается. Наоборот, при бережном отношении к почве, ее рациональном использовании она улучшается, плодородие ее повышается.

Почва обладает плодородием. При определенных условиях оно может восстанавливаться естественным путем, если оно упало в результате неправильного использования почвы. Разумеется, что не только почва, ее плодородие определяют успешное ведение сельского хозяйства. Большую роль играют и другие средства производства, однако все они проявляются не сами по себе, а через почву, через повышение ее плодородия.

Почва, являясь основным и незаменимым средством производства в земледелии, играет огромную роль и в биосфере Земли. Она выполняет важные многочисленные функции: служит жизненным пространством почвообитающих животных, аккумулирует и удерживает огромное количество химически активной энергии в виде органического вещества почвы, поддерживает определенный газовый состав атмосферы, гидрологический режим суши, выполняет функцию защитного экрана жизни и т. п. Все это вызывает необходимость правильной оценки имеющихся почвенных ресурсов, возможности их увеличения, анализ причин их потерь, мероприятий по их предотвращению, сохранению почв в улучшенном состоянии.

4. ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

Земельный фонд представляет собой все земельные ресурсы мира или отдельно взятой страны. Для ведения сельского хозяйства необходимо знать перспективы расширения земельного фонда для сельскохозяйственных нужд. Земельный фонд планеты, да и каждой страны ограничен. Площадь суши на Земле составляет 14,9 млрд га, однако площадь, пригодная для природного или земледельческого производства продукции, составляет лишь 64%, или 9,5 млрд га. Остальная часть суши занята постройками, ледниками, водоемами, пустынями, заброшенными бесплодными землями.

Продуктивная часть суши представлена следующими земельными ресурсами: пашня составляет 1,5 млрд га, пастбища — 2,8, леса — 4,1, тундра — 0,7 и болота — 0,4 млрд га. В настоящее время в земледелии используются более 11,5% суши. Одна треть распаханной почв приходится на Европу, пятая часть — на Азию, столько же — на Америку, десятая часть — на Африку и двадцатая — на Австралию и Океанию.

По данным многих ученых, можно считать, что общий пахотно-пригодный фонд мира составляет в среднем 2,5 млрд га, т. е. для развития земледелия в ближайшем будущем имеется около 1 млрд га, или 40% всего фонда. Наибольшие резервы пахотно-пригодных земель имеются в тропических районах Южной Америки и в Африке (55% общего резерва), почти не осталось пахотно-пригодных земель в Европе и Азии. Все почвы, которые могут быть вовлечены в сельскохозяйственное использование, характеризуются весьма низким плодородием. Это каменистые, засоленные, солонцеватые, песчаные почвы, почвы, неудобные для использования в земледелии из-за их расположения по элементам рельефа, с плохими физическими свойствами и плохим водным режимом. Все они требуют больших капитальных вложений для освоения и проведения мелиоративных работ.

Рассматривая состояние земельных ресурсов мира, нужно их сопоставлять с прогрессивным ростом населения. В начале XIX в. население планеты составляло 1 млрд жителей. В 1930 г. было уже 2 млрд, в 1964 г. — 3, в 1974 г. — 4 и в 1987 г. — 5 млрд. Шестимиллиардный житель появится на планете в ближайшие десять лет. В настоящее время во многих странах с большой численностью населения — Китае, Индии, Пакистане, Египте и Иране — отсутствует тенденция к снижению рождаемости. В Китае, например, после нескольких лет снижения этот показатель стал снова расти, в Индии снижение рождаемости также прекратилось. Численность населения развивающихся стран в целом возрастает на 2,1% в год, что значительно превышает этот же показатель для наиболее развитых стран — 0,6%. А в таких странах, как Австрия, Дания, Венгрия, Германия и Италия, население не увеличивается.

Рост населения объективно ведет к прогрессивному уменьшению пахотнопригодных земель в расчете на душу населения (табл. 1, рис. 1). Если в 1900 г. в мире приходилось 1,5 га пахотных земель на душу населения, то сейчас эта цифра составляет

Таблица 1

**Площадь пашни (га) в расчете на 100 человек
в некоторых странах (по М. Лезиной, 1988)**

Страны	Годы			
	1960	1970	1980	1986
СССР	103	92	85	81
ГДР	28	27	28	28
Венгрия	54	50	47	47
Чехословакия	38	35	31	31
США	78	67	67	67
Италия	23	23	17	16
Финляндия	60	53	49	46
Австралия	131	134	143	153
Испания	53	46	51	40
Япония	6	5	4	3

менее 0,5 га. С другой стороны, уменьшение площади почв в сельскохозяйственном использовании происходит в результате отвода их для нужд строительства предприятий, жилья, дорожных коммуникаций, отчуждения их из-за деградации при нерациональном использовании. За всю историю человечества безвозвратно было потеряно для земледелия 1,5—2,0 млрд га земельных угодий путем превращения некогда плодородных почв в негодные для сельскохозяйственного использования земли. Такие потери происходят и в настоящее время. По данным Б. Г. Розанова (1984), ежегодно в мире теряются 7 млн га пахотных почв, что составляет базу для жизни 21 млн человек при средней современной норме 0,30—0,35 га на душу населения в мире (при этом одновременно население ежегодно увеличивается примерно на 70 млн человек).

СССР располагает значительными земельными ресурсами, интенсивно используемыми в народном хозяйстве: сельском и лесном — в качестве главного средства производства; в других областях — для размещения объектов предприятий добывающей промышленности, производственного и общественного назначения. Общая территория нашей страны составляет 2227,6 млн га, без площадей Азовского и Белого морей. Все земельные ресурсы составляют единый государственный земельный фонд, который является общенародным достоянием, государственной собственностью и использование которого регулируется Основами земельного законодательства. Леса занимают площадь 792 млн га, или 36,5% общей территории, болота — около 116, под водой находится 90,8 млн га.

Земли, которые используются в сельскохозяйственном производстве, представляют собой сельскохозяйственные угодья. За годы советской власти в использовании земельных ресурсов осуществлены большие преобразования. Площадь сельскохозяйственных угодий увеличилась на 240 млн га и на 1 ноября 1989 г. она составила 602,8 млн га.

Сельскохозяйственные угодья включают пашню, сенокосы, пастбища, залежь, виноградники, сады. Наиболее продуктивной частью сельскохозяйственных угодий является пашня. Ее площадь за го-

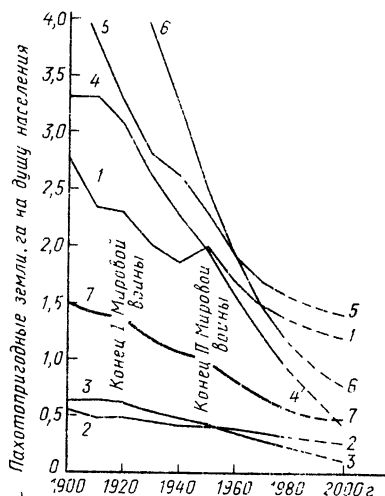


Рис 1. Снижение пахотнoprигодных земель на душу населения в XX в в связи с ростом народонаселения
 1 — в СССР, 2 — в Европе (без СССР), 3 — в Азии (без СССР), 4 — в Африке, 5 — в Северной Америке, 6 — в Южной Америке, 7 — в мире в целом

ды советской власти увеличилась на 99 млн га, из них 42 млн га вовлечены в результате освоения за короткий срок целинных и залежных земель. Сейчас площадь пашни в нашей стране занимает 226,1 млн га, что составляет около 10% от всей площади СССР и 36,2% от площади сельскохозяйственных угодий. В структуре пашни выделяют площади посевов и паров, т. е. полей, свободных от посевов в данном году. В 1989 г. посевная площадь составляла 209,8 млн га.

Удельный вес пашни в составе сельскохозяйственных угодий неодинаков в разных регионах страны. Так, в Центральночерноземном районе РСФСР, на Украине и в Молдове пашня составляет 70—80% от всех сельскохозяйственных угодий, а в республиках Средней Азии — лишь 13—19%.

Рост населения и отчуждение земель из сельскохозяйственного использования приводят к постоянному снижению площади пашни в расчете на душу населения и в нашей стране. Если в 1960 г. на одного жителя приходилось 1,04 га пашни, то в 1980 г. — 0,85, а в настоящее время — менее 0,80 га. Это обуславливает необходимость прироста производства продукции растениеводства в расчете на одного человека с меньшей земельной площади за счет лучшего ее использования.

За последние годы произошли качественные изменения характеристики свойств почв в составе сельскохозяйственных угодий. Увеличились площади пахотных почв с неблагоприятными свойствами для возделывания сельскохозяйственных культур. Происходит это в связи с тем, что потери пашни при отводе земель для несельскохозяйственного использования компенсируются в основном за счет освоения почв худшего качества, а также в результате ухудшения свойств почв в результате неправильного, нерационального использования земель. Ухудшение свойств используемых почв происходит из-за проявления эрозионных процессов, вторичного засоления, переуплотнения, химического и других видов загрязнения и т. п. Почвы с пониженным плодородием составляют почти половину пахотных земель, 56% естественных кормовых угодий. В составе сельскохозяйственных угодий значительную долю составляют площади кислых и солонцеватых почв. С таких земель ежегодно недобирается 10—15% сельскохозяйственной продукции, на них существенно понижается эффективность минеральных удобрений.

За последние 25 лет утрачено 22 млн га пашни, из которых около 12 млн га было отведено под промышленное строительство и дороги и 6 — заброшены и заросли кустарником. Кроме того, за последние двадцать лет наша страна лишилась 10 млн га пойменных лугов и пастбищ в результате затопления и подтопления в связи со строительством гидростанций.

В нашей стране имеются потенциальные возможности вовлечения новых земель в сельскохозяйственное использование. Однако это сопряжено с большими капитальными вложениями, так как самые лучшие почвы уже освоены. К 2005 г. по сравнению с

1980 г. площадь сельскохозяйственных угодий может быть в принципе увеличена примерно на 14 млн га, в том числе пашни на 8 млн га, хотя, как показывают расчеты экономистов, в настоящее время в этом нет необходимости. При этом на Украине, в Молдове, Поволжье, Центральночерноземном, Северо-Кавказском районах, где наиболее благоприятные климатические и почвенные условия, ожидается, что произойдет сокращение площади сельскохозяйственных угодий. Есть возможность освоить почвы, расположенные в северных районах РСФСР, в Сибири и в ряде союзных республик. Эти почвы низкого качества и требуют больших капитальных вложений для проведения культуртехнических работ, мелиоративных мероприятий по улучшению химических, водно-физических свойств, по орошению и осушению почв.

Поскольку и в будущем будут отводиться земли сельскохозяйственных угодий под несельскохозяйственные нужды, будет происходить рост населения, то соответственно будет сокращаться площадь пашни, приходящейся на одного жителя. В связи с этим стоит и будет стоять проблема повышения производительности почв в земледелии, т. е. получение большей продукции с единицы площади. Эта задача может решаться путем интенсификации земледелия, максимально бережного отношения к почвенным ресурсам, повышения ответственности при отводе земель под несельскохозяйственные нужды.

5. ПУТИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Главным направлением и условием динамичного развития земледелия на современном этапе является его интенсификация, которая связана с ускорением научно-технического прогресса. Научно-технический прогресс представляет собой разработку новых идей, охватывающих все стороны развития земледелия, воплощение их в создании новой техники, а также качественное преобразование на основе новых технологий сельскохозяйственного производства.

Для земледелия, как и для всех других отраслей народного хозяйства, характерно расширенное воспроизводство. Оно может осуществляться двумя путями — экстенсивно и интенсивно (лат. «интенсивный» — «напряженный», т. е. более усиленный). Экстенсивная форма развития осуществляется без перестройки производства, его материально-технической базы, почв, сортов растений, форм организации производства и т. д. Интенсивный путь развития идет за счет качественного преобразования производства, его техники, технологии возделывания сельскохозяйственных культур, внедрения новых сортов растений, повышения плодородия почв. Материальной основой интенсификации является увеличение капиталовложений и других ресурсов в земледелие. Оценка процесса интенсификации может быть выражена в двух показателях, исчисляемых в расчете на 1 га используемых земельных угодий, выходом валовой продукции (при этом выход продукции берут за стабильные временные периоды, чтобы исключить воздействия коле-

баний погодных условий) и суммой производственных фондов и текущих затрат. Интенсификация земледелия как форма расширенного воспроизводства характеризуется приростом продукции, который обеспечивается при качественном преобразовании производства, повышении плодородия почв, совершенствовании техники, применяемых технологий, форм организации ведения земледелия и др. В земледелии главным средством производства выступает почва, и интенсификация земледелия поэтому неразрывно связана с ее использованием. В связи с этим сущность интенсификации в земледелии в первую очередь связана с формами использования почвенных ресурсов.

Расширение производства за счет вовлечения в хозяйственный оборот только новых площадей обычно считается (полностью или частично) экстенсивным путем развития земледелия. Если же площадь используемого почвенного покрова постоянна, то прирост продукции обеспечен только за счет использования интенсивных факторов. Такой подход к оценке интенсификации в земледелии не всегда правомочен, не всегда дает обоснованный критерий для выбора интенсивных факторов путей развития. Не всякое расширение земельных площадей является только экстенсивным путем развития земледелия. В этом случае могут органически переплетаться экстенсивный и интенсивный пути развития. Например, использование современной технологии при вовлечении в производство новых почв; использование самой современной техники и агротехнических приемов возделывания культур на осушенных, ранее заболоченных почвах и т. д.

На разных этапах развития земледелия одни и те же факторы могут выступать либо как экстенсивные, либо как интенсивные. Например, при переходе от ручного труда и использования животных к машинному труду рост применения одних и тех же машин даже без их совершенствования ведет к качественной перестройке ведения земледелия и является интенсивным фактором. Однако, после того как механизированы те или иные операции, применение прежних по качеству машин выступает уже как экстенсивный фактор, поскольку они не обеспечивают перестройки производства. На этом этапе интенсивным фактором является качественное совершенствование техники. Аналогичное положение и с химизацией. Пока применяется мало удобрений, рост поставок тех же по качеству удобрений служит интенсивным фактором развития земледелия. При достижении оптимальных доз внесения таких удобрений дальнейшее применение их выступает как экстенсивный фактор развития. Интенсификация предполагает в данном случае улучшение качественного состава удобрений, совершенствование методов их применения. Если в производство вводятся новые площади мелиорированных почв, но они используются не грамотно, или же мелиоративные работы проведены неправильно, или же при поливе используется плохого качества вода, приводящая в дальнейшем к вторичному засолению, снижению плодородия почв, то это означает, что ресурсы, выделенные на эти цели, во многом используют-

ся на экстенсивной основе и мелиорация в этом случае может рассматриваться как экстенсивный фактор развития земледелия.

Наряду с почвой важное место в системе средств производства в земледелии занимают материально-технические ресурсы, которые являются вещественным элементом производительных сил. Материально-технические ресурсы земледелия охватывают различные средства производства, неоднородные по качественной характеристике и методам воздействия на развитие земледелия как отрасли производства. Сюда входят почвообрабатывающие орудия, тракторы, автомобили, комбайны, топливо, сельскохозяйственные растения, семена и т. д. Материально-техническая база представляет собой совокупность всех вещественных элементов производительных сил, всех средств производства в земледелии, рассматриваемых в их взаимосвязи и взаимодействии.

С материально-техническими ресурсами и материально-технической базой связаны механизация, химизация, мелиорация почв, являющиеся не элементами средств производства, а процессами, в которых используются материально-технические ресурсы. Причем каждый из этих процессов охватывает перестройку одной из сторон земледелия с учетом современных требований, а индустриализация по существу включает перестройку всех сторон земледелия на индустриальной основе, переход этой отрасли на стадию крупного производства.

Общей тенденцией в настоящее время является внедрение в земледелие индустриальных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, которые обеспечивают непрерывность, поточность производственных процессов. Под технологией понимаются последовательность, средства и способы выполнения различных операций, которые в совокупности составляют процесс производства продукции. В земледелии технология включает комплекс агротехнических мероприятий по выращиванию растений и получению продукции. Технология возделывания каждого вида культурного растения предъявляет особые требования к отдельным процессам и стадиям производственного цикла. Важное значение в этом плане имеют глубина вспашки, нормы высева, густота стояния растений после всходов, мероприятия по борьбе с сорными растениями, уход за ростом и развитием растений, уборка урожая и т. д. Технология не остается неизменной, она постоянно совершенствуется вместе с прогрессом науки и техники. В свою очередь новая технология требует разработки соответствующей техники, сельскохозяйственных орудий. Например, переход к безотвальной почвозащитной системе обработки почвы вызывает необходимость создания целого комплекса новых сельскохозяйственных машин и орудий (плоскорезов-глубококорыхлителей, стерневых сеялок и т. п.).

Основными направлениями совершенствования технологии в земледелии являются: сокращение операций и их совмещение в комбинированных агрегатах; разработка наиболее рациональных схем размещения на полях растений, позволяющих наиболее эффективно использовать технику и факторы жизни растений; поточ-

ное выполнение операций в рамках отдельных операций технологического цикла, например на стадии уборки зерновых — уборка хлебов, очистка поля от соломы, лушение стерни; выбор оптимального разделения труда между мобильными и стационарными процессами; перевод (в рамках возможного) ряда операций на стационарное выполнение, например доработка зерна, и др.

Когда каждое направление развития земледелия осуществляется на базе современных методов, то обеспечиваются всесторонняя интенсификация земледелия, высокая его эффективность. Эффективность отражает результаты развития земледелия, а интенсификация характеризует пути их достижения. Интенсивное развитие земледелия — основа повышения его эффективности.

6. ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Основными факторами интенсификации земледелия являются механизация сельскохозяйственных работ, мелиорация и химизация, создание и внедрение в производство новых высокопродуктивных сортов растений и др.

Механизация представляет собой процесс замены ручного труда машинным, одних машин другими, более совершенными. Техника, сельскохозяйственные машины являются основой механизации земледелия. В 1989 г. в сельском хозяйстве использовалось 2689 тыс. тракторов, а в 1940 г. их было всего 531 тыс. и в 1960 — 1122 тыс. Количество зерноуборочных комбайнов увеличилось со 182 тыс. в 1940 г. до 497 тыс. в 1960 и 689 тыс. на начало 1989 г.

Можно выделить три основных этапа механизации земледельческого труда. Первый этап — частичная механизация, когда механизированы только отдельные, наиболее трудоемкие процессы. Второй этап — комплексная механизация. Осуществление комплексной механизации земледелия предполагает создание систем машин, механизмов и приспособлений, позволяющих заменить ручной труд на всех стадиях технологического цикла, на всех основных и вспомогательных работах. При этом, однако, сохраняется ручное управление техникой. Третий этап — автоматизация производства. При этом используются устройства, которые регулируют производственные процессы без непосредственного участия человека, но по его заданию, по разработанным им программам.

В целом для земледелия нашей страны на современном этапе характерен переход от частичной к комплексной механизации и автоматизации. Основные полевые работы, такие, как пахота, сев зерновых, хлопчатника, сахарной свеклы, уборка зерновых и силосных культур, выполняются только машинами, т. е. полностью механизированы. Достигнута почти комплексная механизация технологического процесса возделывания и уборки подсолнечника, кукурузы. Значительно ниже уровень механизации при возделывании льна, картофеля, овощей. При этом, как правило, широко механизированы работы на первых стадиях технологии — подготовка почвы к посеву, посев и др. Намного ниже уровень механизации

ции на завершающих этапах — уборке, доработке продукции и т. д.

Создание машин для земледелия имеет ряд особенностей, при этом должны учитываться биологические особенности растений, иначе это может привести к снижению урожайности и недобору продукции. С другой стороны, работа селекционеров при выведении новых сортов растений должна быть направлена на создание таких качеств растений, которые позволили бы применять машины и при комплексной механизации обеспечивали бы выход качественной продукции.

При создании машин для земледелия необходимо учитывать особенности различных почвенно-климатических зон страны. Это касается как тяговых машин, так и почвообрабатывающих и других орудий. Одни машины нужны для больших по размерам полей степных районов, другие — для небольших полей центральных районов таежно-лесной зоны. Специальная техника требуется для условий горных и предгорных зон. При этом машины и орудия не должны распылять, уплотнять почву, для чего при конструировании необходимо принимать во внимание особенности почв отдельных регионов страны.

На создание машин и орудий большое влияние оказывает сезонность выполнения различных работ и использование техники. Поэтому по конструкции они должны быть по возможности универсальны. В свою очередь сезонность работ требует, чтобы каждая операция технологического цикла выполнялась в короткие, строго определенные сроки. Это означает, что система машин должна предполагать наличие различных видов техники в таком количестве, чтобы обеспечить качественное проведение в полном объеме работ в оптимальные агротехнические сроки.

При проведении работ в земледелии техника перемещается на довольно большие расстояния. Только на перемещение техники, без выполнения работ, требуются значительные энергетические мощности, расходуется горючее и пр. Следовательно, при создании машин необходимо учитывать эти дополнительные затраты. В свою очередь при планировании полевых работ в хозяйствах должны создаваться более рациональные графики перемещения техники на полях не только для уменьшения их отрицательного воздействия на почву, но и в целях экономии материально-технических ресурсов производства.

Мелиорация — это система мероприятий по коренному улучшению свойств и режимов почв в благоприятном производственном и экологическом отношении. Коренное улучшение означает, что действие мелиоративных мероприятий сказывается на изменении режимов и свойств почв в течение определенного длительного периода времени. Мелиорация представляет собой часть сложного комплекса мероприятий, направленных на оптимизацию процесса сельскохозяйственного производства, общего подъема продуктивности почв. Ее эффект в полной мере может быть проявлен только при высокой культуре земледелия.

В нашей стране нет таких почв, которые бы не нуждались в проведении мероприятий по повышению их плодородия. Существуют следующие виды сельскохозяйственных мелиораций: агроме-лиорация, фитомелиорация, гидротехнические, культуртехнические, химические и тепловые мелиорации. Чтобы мелиорация почв ока-залась действительно эффективной, необходимо не только знать свойства и режимы мелиорируемых почв в естественном состоянии, не только понимать закономерности изменения этих свойств в ре-зультате мелиорации, но и знать то влияние, которое оказывает мелиорация на экологические системы различных ландшафтов в целом. Поэтому мелиоративные мероприятия могут быть эффек-тивными, если известны условия, в которых они осуществляются, и последствия, которыми они сопровождаются.

Мелиорация почв является одним из главных факторов интен-сификации земледелия, получения стабильных урожаев независимо от складывающихся погодных условий. Площадь мелиорированных земель в 1965 г. составляла 17 млн га, в 1989 г. — 36,1, из них пло-щадь орошаемых земель — 20,7 и осушенных — 15,4 млн га. В настоящее время площадь осушенных и орошаемых земель составляет 5% сельскохозяйственных угодий, примерно 15% паш-ни. В 1989 г. на мелиорированных землях была получена валовая продукция на сумму 25 млрд р. Сейчас весь хлопчатник и рис, 75% овощей, около 60% фруктов и винограда, около 40% кукуру-зы на зерно производится на орошаемых и осушенных землях. На них возделывается большое количество кормов для сельскохо-зяйственных животных, что способствует созданию прочной устой-чивой кормовой базы.

К 2000 г. в нашей стране потенциально площадь мелиорируе-мых почв может составить 49—53 млн га, из которых орошаемых земель будет 30—32 млн и осушенных — 19—21 млн га. Последние расчеты свидетельствуют, что площадь орошаемых земель к 2005 г. может составить не более 27 млн га, что связано с ограничен-ностью водных ресурсов.

Научно-технический прогресс открывает новые эффективные способы орошения, осушения и других видов мелиорации. Ороше-ние позволяет получать два, а то и три урожая в год с одной и той же площади посевов. Однако на современном этапе особенно боль-шое значение имеет экономное использование поливных вод, по-скольку ресурсы пресной воды становятся все более ограниченны-ми. Поэтому важная задача стоит в области механизации и авто-матизации процессов полива. Это определяет работу по созданию новых дождевальных систем и установок, которые позволяли бы производить полив с учетом фактической потребности в воде рас-тений и доступных форм ее потребления. В этом направлении ве-дутся разработки методов подпочвенного и капельного орошения, двустороннего регулирования стока воды, которые обеспечивают минимальный расход воды для получения высоких урожаев при полной автоматизации всех процессов и операций. Система агро-технических мелиораций включает улучшение воздушных и водных

свойств почв (более быстрое удаление поверхностных и внутрипочвенных вод на избыточно увлажненных почвах, механическое разрушение плотных горизонтов), борьбу с засолением и переувлажнением орошаемых почв, проведение широкого комплекса противоэрозионных профилактических мероприятий. В северных районах большое значение имеют культуртехнические работы по уборке валунов, камней, кустарников с полей, пескование тяжелых и глинование или землевание песчаных по гранулометрическому составу почв.

Мелиоративные работы требуют создания новых сортов растений, специальных машин и другой техники, строгого соблюдения режимов осушения и орошения, постоянного контроля за качеством оросительных вод, не шаблонного подхода при мелиорации различных по свойствам почв в разных природно-климатических условиях. В противном случае может быть нанесен огромный вред одному из главных средств производства — почве, что может привести к потере ею органического вещества в виде гумуса, сильному ее переуплотнению, обесструктурированию, усилению процессов эрозии, повышению кислотности почв.

Все мелиоративные работы, как правило, очень дороги. Затраты на 1 га составляют до тысячи рублей и больше. Поэтому подобные затраты оправданы лишь при получении высоких и устойчивых урожаев. Для повышения урожайности сельскохозяйственных культур на мелиорированных почвах следует осуществлять весь комплекс агротехнических мероприятий: совершенствование структуры посевных площадей, внесение повышенных доз удобрений, использование на таких землях специальных сортов растений, повышение общей культуры земледелия. Необходимо постоянно проводить мероприятия, поддерживающие мелиоративные системы в хорошем состоянии. При проведении водных мелиораций обязательно должно учитываться их экологическое влияние на окружающую среду.

Химизация сельского хозяйства предполагает применение различных химических средств для улучшения свойств почв (в этом случае имеется в виду проведение химических мелиораций, которые относятся к мелиоративным мероприятиям), применение удобрений, пестицидов, известковых материалов для устранения кислой реакции почвенного раствора и др. В области химизации ускорение научно-технического прогресса проявляется в повышении плодородия почвы, в обеспечении растений питательными элементами, устранении отрицательных свойств почв, улучшении качества удобрений, методов их применения и хранения, обеспечении действенных мер защиты растений от вредителей, болезней, очистке полей от семян и вегетирующих органов сорных растений, соблюдении при этом охраны почв, окружающего ландшафта и среды от загрязнения, улучшении качества получаемой продукции.

В 1989 г. в нашей стране было произведено 34,3 млн т минеральных удобрений, в то время как в 1960 г. — всего 3,3 млн т и в 1970 г. — 13,1 млн т. Химических средств защиты растений в

1989 г. произведено 276 тыс. т, в 1970 г. — 165 тыс. т (из них гербицидов 119 тыс. и 46,7 тыс. т соответственно). Поставки минеральных удобрений сельскому хозяйству в 1989 г. составили 24,5 млн т, химических средств защиты — 255 тыс. т, из них гербицидов 115 тыс. т. Однако и эти количества пока еще не обеспечивают полного удовлетворения потребностей земледелия в сбалансированных количествах минеральных удобрений.

Химизация земледелия в свою очередь требует создания таких сортов сельскохозяйственных культур, которые в большей мере были бы отзывчивы на удобрения, а также соответствующих почвенных условий, чтобы применяемые удобрения более эффективно использовались.

Создание новых сортов сельскохозяйственных культур. Культурное растение наряду с почвой является главным средством производства в земледелии. Как предмет труда растение испытывает на себе влияние человека в процессе улучшения и создания новых сортов, выборе предшественников в севообороте, определении норм высева и др. Как орудие труда зеленые растения преобразуют кинетическую энергию солнечного света в потенциальную энергию органических соединений.

Научно-технический прогресс предъявляет ряд общих требований при создании новых сортов растений. Они должны обладать высокой потенциальной продуктивностью, чтобы более полно реализовать возможности прироста урожайности, заложенные в других направлениях интенсификации земледелия — механизации, мелиорации, химизации и др. Важной задачей в селекционной работе является улучшение качества продукции, повышение содержания питательных веществ в единице продукции, формирование в растениях ценных хозяйственных свойств, нужных человеку. Разумеется, что новые сорта должны способствовать внедрению комплексной механизации всего технологического процесса возделывания растений, их уборки и послеуборочной доработки продукции. Это предполагает целенаправленное изменение ряда морфологических признаков растений. Так, механизации уборки, например, ряда культур препятствуют особое расположение на растениях листьев, початков, стручков, одновременное их созревание. Для некоторых культур, особенно для зерновых, большое значение имеет выведение таких сортов, которые имели бы короткий, прочный стебель и были бы устойчивы к полеганию. Длинностебельные сорта неспособны держать полновесный колос, и поэтому они склонны к полеганию, что приводит к немалым потерям урожая и затрудняет процесс уборки. К тому же формирование длинного стебля способствует выносу из почвы больше питательных веществ, которые могли бы пойти на создание полезной продукции — зерна.

Важнейшей задачей селекции является формирование у растений устойчивости к болезням и вредителям, конкурентоспособности по отношению к сорным растениям, устойчивости к засухам, к пониженным температурам. Сорта всех сельскохозяйственных культур должны создаваться применительно к конкретным почвенно-

климатическим условиям различных зон. Практически это проводится через выведение районированных сортов, учитывающих особенности регионов.

Необходимо учитывать, что создание и внедрение в практику новых сортов культур требуют много времени. Поэтому работа по селекции, семеноводству рассчитана не только на решение текущих задач, но и на обеспечение прогресса в земледелии на отдаленную перспективу. Внедрение новых перспективных сортов культурных растений имеет и высокую экономическую эффективность. Оно хотя и требует определенных ресурсов, однако не таких капиталоемких, как меры по укреплению материально-технической базы земледелия.

Использование биологического потенциала новых сортов растений зависит от культуры земледелия, плодородия почв, соблюдения всех научно обоснованных рекомендаций, которые подкреплены практикой земледелия. Однако и сейчас потенциальные возможности многих возделываемых культур таковы, что при создании оптимальных условий для роста и развития можно увеличить их урожайность в 2—3 раза и более, по сравнению с получаемыми в настоящее время.

Рассмотренные выше различные направления интенсификации земледелия тесно между собой взаимосвязаны, что требует комплексного решения всех вопросов, иначе направляемые на эти цели большие ресурсы не дадут нужного эффекта. Так, возрастающий поток минеральных удобрений трудно полностью эффективно использовать, если не расширять выпуск соответствующих машин по их внесению в почву. Внедрение безотвалных систем обработки почвы требует более тщательно проводить в практику рекомендации по борьбе с сорняками, предотвращению засорения полей семенами и вегетативными органами размножения сорных растений. Применение же новых, но еще до конца не исследованных гербицидов может вызвать загрязнение почвы, окружающего ландшафта, смежных посевов, отравление человека и животных. Все эти и другие вопросы требуют тщательных научных разработок, осуществление которых является задачей земледелия как науки.

7. ЗЕМЛЕДЕЛИЕ КАК НАУКА И ЕЕ СВЯЗЬ С ПОЧВОВЕДЕНИЕМ

Рассмотренные особенности земледелия как отрасли сельскохозяйственного производства определяют во многом специфику земледелия и как науки. По мере развития земледелия и накопления научных знаний происходила дифференциация агрономии («агрономия» — в буквальном смысле наука о законах земледелия, о законах полеводства). Выделились и развились как самостоятельные многие научные дисциплины — общее земледелие, растениеводство, физиология растений, почвоведение, агрохимия, мелиорация, метеорология, селекция и семеноводство, сельскохозяйственные машины и орудия, микробиология, энтомология, фитопатология и др.

Дифференциация агрономических дисциплин является законо-

мерным процессом развития науки в целом, поскольку вычленение более конкретных объектов познания и соответствующих методов исследования способствует ускорению научно-технического прогресса. Вместе с тем диалектика развития науки не противопоставляет процесс ее дифференциации процессу интеграции. Наоборот, интеграция научных достижений различных дисциплин есть объективная необходимость как развития самой науки, так и ее приложения к конкретным отраслям производства.

Земледелие как наука занимает особое место в системе агрономических знаний. Она связывает естественнонаучные дисциплины с прикладными и, таким образом, служит общетеоретической базой растениеводческих отраслей сельскохозяйственного производства, основанных на возделывании земли.

Главной задачей научного земледелия, как считал К. А. Тимирязев, является изучение требований культурных растений и разработка способов их удовлетворения. В. Р. Вильямс основную задачу земледелия видел в обеспечении культурных растений в течение всего периода их жизни водой и питательными элементами, путем повышения потенциального плодородия почв. Развивая положение К. А. Тимирязева о связи физиологии растений с земледелием, Д. Н. Прянишников считал объектами изучения физиологии растений свойства растений, почвоведения и метеорологии — свойства окружающей среды, а земледелия — способы согласования этих свойств путем воздействия преимущественно на почву и растение. В настоящее время эти положения дополняются задачей рационального использования всех сельскохозяйственных угодий в неразрывной связи с проблемами охраны биосферы.

Земледелие — наука об эффективном управлении экологическими условиями жизни культурных растений в целях получения наибольшего урожая растительной продукции желаемого качества. В земледелии значительное внимание уделяется более рациональному использованию почвенных ресурсов и повышению плодородия почв как неперемennomu условию достижения высоких урожаев возделываемых растений.

Способы повышения плодородия почвы могут быть физическими (приемы, системы обработки почв и др.), биологическими (воздействие культурных растений, севооборотов), химическими. В земледелии изучаются и разрабатываются преимущественно физические и биологические способы, а способы повышения плодородия почв с помощью удобрений изучаются агрохимией.

Земледелие как наука тесно связана с другими науками. Теоретической и методологической базой земледелия являются фундаментальные естественнонаучные дисциплины — биология, физика, химия и др. Особенно тесная связь земледелия с почвоведением, агрохимией, мелиорацией, механизацией, которые рассматривают важные вопросы землепользования и возделывания сельскохозяйственных культур. Главной задачей земледелия как науки является неуклонное повышение плодородия почв и на его основе достижение дальнейшего роста урожайности и валовых сборов всех

сельскохозяйственных культур. Эффективное использование техники, удобрений, капитальных вложений, других средств в земледелии в первую очередь связано с успешным решением задачи по коренному улучшению почв во всех регионах страны. В этом плане немалое возрастает роль почвоведения и земледелия как наук, непосредственно связанных с изучением естественного и культурного почвообразовательного процессов и разрабатывающих методы, пути и технологии оптимизации почвенных условий для растений и получения максимально возможных урожаев сельскохозяйственных культур необходимого качества. В этом отношении перед почвоведением и земледелием стоят задачи: выяснения закономерностей и разработки способов ускоренного преобразования низкоплодородных почв в высокоплодородные; эффективного использования богарных и мелиорированных почв; выработки комплексных показателей уровня плодородия различных типов почв, проведения их бонитировки; изучения миграционных процессов в почвах; мобилизации труднодоступных форм питательных элементов в почве; повышения коэффициента использования растениями элементов минерального питания из удобрений; разработки бездефицитных по гумусу технологий производства сельскохозяйственных культур (по снижению, а затем полному прекращению потерь гумуса и постепенному повышению оптимального его содержания в почвах для определенных природно-климатических зон).

Перед земледелием поставлена задача обеспечить в ближайшее время разработку и совершенствование применяемых систем земледелия. В этой работе самое непосредственное участие должны принимать и ученые-почвоведы.

Научно-технический прогресс в области механизации, мелиорации и химизации способствует интенсификации земледелия и ставит вопрос контроля за почвообразовательными процессами на этих почвах, поскольку интенсификация в этих условиях достигает своего высшего значения на данном этапе развития производительных сил. Важны исследования по динамике всех составляющих почвообразовательного процесса, учитывая, что при этом происходит ускорение темпов изменения структурного состояния почвы, разрушения и передвижения веществ в почве, включая ее органическую часть. Поэтому одно из важнейших направлений научного поиска в почвоведении и в земледелии заключается в разработке мер по воспроизводству почвенного плодородия.

Земледелие в настоящее время и в будущем должно быть почвозащитным, обеспечивать сохранность и прогрессивное наращивание плодородия почв. Научные разработки в области земледелия и почвоведения должны предшествовать внедрению новых приемов обработки почв, почвозащитных систем земледелия в различных регионах страны, чтобы практика земледелия базировалась на научно обоснованных рекомендациях ученых.

Задачей земледелия и почвоведения является придание современным системам земледелия строго сбалансированного нормативно-программного характера управления имеющимися ресурсами,

в первую очередь почвенными, с учетом экологических аспектов разрабатываемых в земледелии технологий производства. Рекультивация земель, частичное или полное восстановление их плодородия, приобретает все большее значение и становится в ряд важнейших проблем. Здесь особенно возрастает роль ученых в области земледелия и почвоведения в быстрейшем вовлечении таких земель в сельскохозяйственное производство.

В связи с интенсификацией земледелия в почву вместе с удобрениями, мелиорантами, химическими средствами защиты растений вносится большое количество балластных веществ. Изучение их влияния, а также различных других веществ (токсикантов, тяжелых металлов и др.) на процессы, происходящие в почве и влияющие на их плодородие, качество и урожайность возделываемых культур, также представляет важное направление исследований в области земледелия и почвоведения.

Основными объектами изучения в земледелии являются пахотные почвы и возделываемые на них растения. Важнейшим методом исследования служит полевой опыт, позволяющий изучать реакцию растений на изменения экологической среды в конкретных условиях. Для изучения процессов и закономерностей взаимодействия растений с окружающей средой проводятся вегетационные, **лизи-**метрические, лабораторно-полевые и лабораторные опыты. При этом в зависимости от поставленных задач используются визуальные наблюдения, физические, химические, физиологические, микробиологические, математические и другие методы исследования.

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ КАК ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА И КАК НАУКИ

Земледелие появилось в эпоху первобытного строя и является результатом длительного исторического развития человечества. Оно началось с тех пор, когда люди перешли от охоты и сбора диких плодов к затрате труда на производство растений, на размножение полезных видов растений, сознательного или бессознательного воздействия на их природу и приспособление к своим потребностям. Как правило, у современных культурных растений многие органы, используемые человеком, сильно гипертрофированы, например количество семян у одного растения пшеницы, размер корня репы и т. д., хотя это и не вызвано потребностями растения. Так и плоды, которые обычно являются хранилищем семян, и если они их лишены, то и не нужны для самого растения, однако плоды многих культурных растений, употребляемые человеком (бананов, некоторых сортов мандаринов, груш), бывают вообще лишены семян.

Археологические и палеоботанические исследования указывают, что происхождение земледелия связано с зоной горных долин и плато, расположенных в субтропическом поясе. Н. И. Вавилов выделил несколько самостоятельных и весьма древних очагов земледелия, относящихся к VII—III тысячелетиям до нашей эры: переднеазиатский (где возделывались ячмень, пшеница и др.); долины горного и Восточного Китая (рис, просо, пшеница и др.); Мексика (бобы, перец и др.); Перуанский центр (хлопчатник, тыква, перец, бобы и др.).

Земледелие в Америке возникло независимо от других континентов и, возможно, является более древним. Отдельные находки позволяют считать, что в Мексике человек стал заниматься выращиванием кукурузы по крайней мере 10 тыс. лет назад. Районами наиболее старой земледельческой культуры в мире считаются Мексика, Перу, Боливия, Индия, Китай, Сирия, Египет. В Западной Европе земледелие возникло в V—IV тысячелетиях до нашей эры, а на территории нашей страны — в каменном веке. Древнейшими очагами были районы Средней Азии и Закавказья. Земледелием на территории современной Украины занимались в III—II тысячелетиях до нашей эры, когда на землях, обработанных мотыгами, человек выращивал пшеницу, ячмень коноплю и другие растения. Первые упоминания в летописях о земледелии на Руси относятся к 946 г. нашей эры.

Являясь наиболее древним видом производственной деятельности человека, земледелие тем не менее развивалось в разных местах весьма неравномерно. Начальные формы первобытной культу-

ры со временем уступили место различным типам кочевого образа жизни и кочевого земледелия. Для этого этапа использования природных богатств характерны приручение диких животных, внедрение полезных растений, выявление факторов, благоприятных для сельского хозяйства, освоение земель. Кочевое сельское хозяйство уже отражает определенную сумму накопленных практических знаний. Кочевое земледелие и скотоводство, иногда сочетающиеся друг с другом, сильно изменяли видовой состав естественной растительности и местные природные условия. И в настоящее время огромные пространства земного шара несут отпечаток использования природных ресурсов в прошлом.

С увеличением численности населения кочевые племена проявляют стремление к оседлому образу жизни, что не исключает перегоны скота и смену возделываемых участков. Вместе с тем оседлый образ жизни связан с изменением форм использования почвы. При этом достаточно обширные территории стали разделяться на три крупных вида угодьев: лес, выгоны для скота и возделываемые поля. С экологической точки зрения в таком преобразовании смежных природных экосистем имеется здравый смысл. Зола очагов поступает на поля, на которые вносится также навоз. Если в этих условиях почва используется без стремления выжечь из нее больше того, на что способен ее природный потенциал, без тенденции к нарушению равновесия, то этот способ использования почвенного покрова является в принципе рациональным и способствует его охране.

Однако с увеличением населения и в силу социальных причин отмечается нарушение имевшегося равновесия в природе. Начиная с XIX в. с его промышленной революцией влияние человека на растительность, природу в целом становится все более заметным и постепенно распространяется на большую часть районов земного шара. В области сельского хозяйства промышленная революция выражалась как в нарастающем спросе на количество и качество продукции земледелия, так и в приобретении научных знаний и развитии техники. Вмешательство человека в ход природных процессов почти повсеместно обострило проблемы изменения среды, проблемы, которые являются не только экологическими и агрономическими, но также экономическими и социальными. Вместе с тем земледелие этого времени становилось менее зависимым от капризов погоды, и продуктивность его непрерывно возрастала. Средние урожаи зерновых, равные в XV—XVII вв. 6—7 ц/га, выросли в индустриально развитых странах в XIX в. до 16 ц/га, достигли в середине XX в. 30—40 ц/га, сейчас находятся на уровне 50 ц/га и к концу XX в., как предполагают ученые, приблизятся к 60—70 ц/га или даже превысят эту величину. Такие высокие темпы прироста урожаев зерновых и других культур объясняются бурным ростом науки, техники, средств воздействия на природу растительных организмов и почвы. Широко осуществляются различного рода мелиорации почв, известкование кислых почв, экстенсивные формы развития земледелия сменяются интенсивными, увеличива-

ются дозы и улучшается состав применяемых удобрений, создаются и внедряются более продуктивные сорта растений, используются различные пестициды для защиты растений от болезней и вредителей, в борьбе с сорными растениями.

Развитие земледельческого труда, несомненно, предшествовало развитию науки. Развитие естествознания — это результат главным образом последних веков, а земледелие появилось в глубокой древности, задолго до появления письменности. Если в начале развитие земледелия базировалось на чисто эмпирической основе, то затем на него оказывали влияние достижения естественных наук. В настоящее время состояние земледелия является результатом достижений передовой практики и прогресса науки, часто опережающего ход развития и возможности непосредственно производства.

История развития агрономической науки тесно связана с историей развития общественно-исторических формаций. Наиболее изученным очагом культуры доантичного периода является древняя Месопотамия, располагавшаяся в междуречье Тигра и Евфрата. Месопотамия была одним из крупнейших центров первобытной культуры и наиболее развитого земледелия того времени. Существовавшее там с начала IV тысячелетия до нашей эры государство Шумер имело развитую сеть ирригационных сооружений. Теплый климат, плодородные почвы и орошение позволяли его жителям получать высокие урожаи при использовании весьма примитивных почвообрабатывающих орудий. Найденные при раскопках шумерские таблички, названные «Календарем земледельца», являются, по сути, первыми письменными документами истории развития земледелия. В них даются различные советы по выполнению полевых работ, начиная от затопления полей, в целях увлажнения и отложения на полях ила, посева и кончая уборкой урожая. В результате междоусобных войн и частых набегов степных кочевых племен к началу II тысячелетия до нашей эры процветавшее государство шумеров было стерто с лица земли. На многие века остановилось в этом районе развитие земледелия.

Древний Египет (III тысячелетие до нашей эры) по уровню своего развития почти не отличался от государства Шумер. Состояние земледелия в то время было связано с использованием воды Нила и содержащегося в ней ила, оседавшего на полях. Высокий для того времени уровень земледелия в Египте вызвал развитие астрономии, геометрии, строительного искусства. Был создан календарь.

Исторически первобытнообщинный строй сменился рабовладельческим. Наиболее полного развития такой государственный строй достиг в Греции и Риме. Сведения о состоянии земледелия в античном мире отражены в ряде произведений древних ученых, поэтов и писателей этих стран. В научном отношении они носят эмпирический характер и не имеют значения для современного земледелия. Однако в свое время эти письменные документы играли положительную роль в пропаганде передового сельскохозяйст-

венного опыта и ныне представляют определенный интерес для истории развития агрономической мысли.

Из дошедших до наших дней древнегреческих сочинений следует отметить поэму Гесиода «Труды и дни», в которой даются советы по изготовлению плуга и обработке почвы, приводится календарь сельскохозяйственных работ, и сочинение Теофраста (372—287 гг. до н. э.) по ботанике, где дается классификация растений и излагаются сведения по их выращиванию и использованию. Из сохранившихся произведений римских авторов наибольший интерес представляют труды Катона, Варрона, Колумеллы и Плиния.

Катон (234—149 гг. до н. э.) написал обширный трактат, представляющий собой собрание практических советов по разным отраслям хозяйства — полеводству, луговодству, виноградарству, технологии переработки продуктов и т. п. Советы по полеводству относились в основном к доброкачественной обработке и унавоживанию почвы. На вопрос, что есть хороший уход за полем, он отвечал: хорошо пахать, во-вторых, пахать, а в-третьих, унавоживать.

Варрон (116—27 гг. до н. э.) впервые объявил земледелие наукой. В своих сочинениях Варрон указывал о необходимости сочетания полеводства и животноводства, писал о необходимости использования земельных угодий в зависимости от качества почв, высказывался о пользе чередования культур, о творческом подходе к применению агротехнических приемов с учетом конкретных почвенно-климатических условий.

Колумелла (I век н. э.) жил в то время, когда в Италии окончательно упрочилось крупное землевладение, основанное на рабском труде. Анализируя причины падения урожайности, Колумелла возражает против того, будто земля усталая и истощенная не в силах с прежней щедростью давать людям пропитание, и говорит, что в данном случае дело не в небесном гневе, а скорее в нашей собственной вине. Разумный человек не поверит в то, что почва состарилась, нужно помочь ей навозом и, таким образом, восстановить словно пищей, ее утраченные силы. Навоз нужно вносить часто, своевременно и умеренно. Им даются рекомендации по глубокой вспашке как другому средству борьбы с истощением и засорением почвы. Колумелла также выступал за органическое сочетание полеводства и животноводства, а для приготовления навоза в большом количестве и лучшего качества он предлагал вводить стойловое содержание скота. Он подробно говорит о различных видах навоза, об использовании птичьего помета, о приготовлении компостов. Минеральные удобрения у него представлены золой, а зеленое удобрение — люпином.

Плиний Старший (23—79 гг.), в отличие от оптимиста Колумеллы, считал невозможным добиться интенсификации земледелия в условиях экономики разлагающегося рабовладельческого хозяйства, поскольку рабы не заинтересованы в результатах своего труда. Плиний был последним из видных римских авторов, писавших по

вопросам земледелия. В 410 г. Римская империя пала, и эта дата считается концом древнего периода и началом средневековья.

Эпоха феодализма — период от падения Римской империи и до начала XIX в. (на Западе феодализм изжил себя в основном в XVIII в., а в России он в виде крепостного строя просуществовал до второй половины XIX в.) — характеризуется застоем в развитии науки, были забыты многие работы по естествознанию и агрономии. Однако общественное развитие шло своим путем. Рост населения и городов в Европе, зарождение торговой буржуазии, походы в арабские страны Востока, которые начались в XI в., способствовали развитию сельского хозяйства и обновлению культуры. Через арабов в Европе узнали об учении Аристотеля, Евклида, Архимеда, Колумеллы, Гиппократ и других ученых античного мира. От арабов европейцы заимствовали ряд сельскохозяйственных культур, ветряные мельницы, арабские цифры и др. Контакт с арабской культурой предшествовал эпохе Возрождения. Изобретение книгопечатания (1446) способствовало распространению научных знаний. Открытие Америки (1492) имело ряд экономических последствий. Земледелие Европы обогатилось картофелем и кукурузой, ставшими страховыми культурами от неурожая, участвовавших здесь из-за исключительного возделывания зерновых хлебов.

В XIV—XV вв. в Западной Европе начался процесс разложения феодального строя и стали возникать элементы нового капиталистического производства. К XVI в. почти все наиболее пригодные почвы были вовлечены в обработку, и рост сельскохозяйственного производства стал возможен лишь за счет интенсификации земледелия. Однако агротехника в этот период находилась на низком уровне. Земледелие Западной Европы осваивало достижения агрономии Древнего Рима и Греции. Дальнейшее развитие земледелия нуждалось в создании собственных научных основ.

В 1563 г. вышел «Научный трактат о различных почвах (солях) в сельском хозяйстве» французского естествоиспытателя Бернара Палисси (1510—1589). В этом сочинении почвы впервые рассматриваются как источник питания растений минеральными солями, высказывается мысль о необходимости возврата в почву зольных веществ в виде удобрений (точными опытами это было доказано лишь 300 лет спустя).

В свое время определенный вклад в развитие науки о питании растений внес голландский естествоиспытатель Ван Гельмонт (1579—1644), который впервые провел эксперимент с растениями в 1629 г. В течение пяти лет он выращивал иву в сосуде с почвой, регулярно поливая ее водой. Затем сопоставил исходную и конечную массы почвы и растения и пришел к выводу, что ива прибавила в массу не за счет почвы, потерявшей всего лишь несколько граммов, а за счет воды. Так возникла водная теория питания растений, долго признававшаяся в ботанике, пока впоследствии не была вскрыта ошибка Ван Гельмонта, состоявшая в том, что он не учитывал усвоения растениями углерода из двуокси углерода воздуха, факт, установленный затем многими учеными.

В 1753 г. гениальный русский ученый М. В. Ломоносов (1711—1765) впервые высказал мысль о том, что «питание растениям доставляет воздух, почерпаемый листьями». Позже, в 1771 г. английский химик Д. Пристли (1733—1804) экспериментально показал, что если под стеклянным колпаком держать мышь и горящую свечу без растущего зеленого растения, то мышь гибнет, а свеча гаснет. В 1779 г. голландский естествоиспытатель Ингенуз Ян (1730—1799) установил, что «испорченный» воздух очищают только зеленые растения и на свету. Объяснение этому явлению как процессу питания растений дал женевский ботаник Ж. Сенебье (1742—1809).

Становлению физиологии растений как науки способствовало изобретение и усовершенствование микроскопа англичанином Р. Гуком (1635—1703) и голландцем А. Левенгуком (1632—1723). Микробиологические наблюдения значительно ускорили развитие ботаники и зоологии. В 1735 г. выдающийся шведский естествоиспытатель К. Линней (1707—1778) своей работой «Система природы» как бы завершил огромный труд ботаников и зоологов первой половины XVIII в. и предложил стройную систематику растительного и животного мира.

В 1760 г. немецкий ботаник Й. Кёльрейтер (1733—1806) получил первый искусственный гибрид табака и положил начало гибридизации растений. Французский химик А. Лавуазье (1743—1794) установил закон сохранения вещества, определил состав воздуха и процесс образования двуокиси углерода, сделал ряд других важных открытий.

В России основателем научного земледелия считается М. В. Ломоносов, который не мыслил подъема сельского хозяйства без помощи науки. Он смело высказывал материалистические взгляды на природу и ломал метафизические представления об ее неизменности. В работе «О слоях земных» он пишет, что чернозем произошел от «согнития животных и растущих тел со временем, а не является первозданной материей». М. В. Ломоносов предложил царскому правительству учредить «Государственную коллегию земского домостроительства», которая заботилась бы о развитии сельского хозяйства, лесах, дорогах, каналах, деревенских ремеслах. По его проекту коллегия должна была изучать также иностранную сельскохозяйственную литературу и использовать достижения Европы в русском хозяйстве. Вместе с тем М. В. Ломоносов считал недопустимым механически переносить опыт зарубежных стран и предлагал изучать сельское хозяйство опытным путем. Предложение М. В. Ломоносова правительство не приняло, и лишь в 1763 г. при Российской Академии наук был организован «класс агрокультуры», т. е. земледельства. А в год его смерти, в 1765 г., было создано Вольное экономическое общество.

Вольное экономическое общество должно было собирать и освещать в печати отечественный и зарубежный опыт лучшего ведения сельского хозяйства, ставить полевые опыты по исследованию новых приемов земледелия, новых растений и лучшего способа ве-

дения хозяйства. Общество начало издавать первый в России сельскохозяйственный журнал «Труды Вольного экономического общества к поощрению в России земледелия и домостроительства». В нем сотрудничали лучшие ученые и практики земледелия России. Деятельность Вольного экономического общества и его журнала, явившегося как бы летописью и энциклопедией русской агрономии, сыграла огромную роль в формировании отечественной агрономической мысли.

М. В. Ломоносов положил начало развитию агрономии в первом русском университете (Московском), организованном по его инициативе. Здесь в 1770 г. М. И. Афонин, профессор натуральной истории, организовал кафедру агрономии и начал читать курс «Сельскохозяйственное домоводство». Он говорил «о пользе, знании, собирании и расположении чернозему, особливо в хлебопашестве».

Первыми русскими агрономами по праву считают А. Т. Болотова и И. М. Комова. А. Т. Болотов (1738—1833) интенсивно работал в сельском хозяйстве более полувека. Период его деятельности совпал со временем оживленного роста производительных сил, который начался в стране еще при Петре I. Собственным трудом и размышлениями 220 лет назад А. Т. Болотов приходит к научным истинам, которые имеют силу и в настоящее время. Его первая небольшая статья в Трудах Вольного экономического общества «Примечания о хлебопашестве вообще» (1768) представляет собой настоящий проспект учебника общего земледелия. В этой статье А. Т. Болотов пишет, что «первым предметом или частью хлебопашества можно почесть разбирание свойств и качеств земли или исследование и узнавание, к чему которая земля наиспособнее».

В то время, когда работал А. Т. Болотов, естественнонаучных знаний было накоплено слишком мало. И каким же надо было обладать интеллектом, чтобы объяснить такие явления, как «...почему не все то всходит, что посеется, не все вырастает, что всходит, не все созревает, что вырастает и не все доходит до наших рук, что созревает и поспевает на поле». В сочинении «Наказ для управителя», за которое А. Т. Болотову в 1770 г. присуждается Большая золотая медаль Вольного экономического общества, он вопрошает: зачем бесконечно расширять пахотные земли, какая от них польза, если имеющиеся работники не в состоянии их как следует возделывать? Работа А. Т. Болотова «О разделении полей», за которую он получает вторую золотую медаль, была первым в России руководством по введению севооборотов и организации сельскохозяйственной территории. Он предлагает заменить трехпольный севооборот многопольным. В своем имении он ввел семипольный зернопаропереложный севооборот, в котором перелог мог заменяться посевом трав.

Идею интенсификации сельского хозяйства («лучше с мала получать много, чем со много мало») впервые высказал в России профессор И. М. Комов (1750—1792). Его работа «О земледельных орудиях», изданная в 1785 г., была первым в России печатным

руководством по сельскохозяйственным машинам и орудиям. В своей монографии «О земледелии» (1788) И. М. Комов показал связь земледелия с естественными науками, обобщил достижения русской и зарубежной науки XVIII в. Огромное значение И. М. Комов придавал в земледелии севообороту. «Главное искусство, — писал он, — состоит в том, дабы учредить оборот сева различных растений так, чтобы земли не изнурить, а прибыли от нее получить сколько можно больше. Этого можно достигнуть, если поочередно, то овощь, то хлеб, то траву сеять». Он предлагал изменить соотношение между хлебопашеством и скотоводством в пользу последнего. В навозе он видел средство от истощения почвенного плодородия. И. М. Комов выступал против шаблона, рецептуры и упрощенчества в агрономии, тем более при заимствовании иностранного опыта, с которым он был хорошо знаком. Лучшим способом пропаганды и проверки различных рекомендаций он считал прямой опыт.

Труды А. Т. Болотова и И. М. Комова убедительно говорят о том, что научное земледелие в России развивалось самостоятельным путем, опережая в ряде вопросов развитие агрономической мысли в европейских странах.

Первая половина XIX в. связана с развитием естественных наук и началом развития капитализма в Западной Европе. Капитализм вывел сельское хозяйство из векового застоя и дал толчок к преобразованию его техники и развитию производительных сил. Из агрономической науки выделились как самостоятельные дисциплины химия, физиология растений, физиология животных и др. В этот период большую роль в развитии научного земледелия сыграли работы немецких ученых А. Тэера, Ю. Либиха и французского ученого Ж. Б. Буссенго.

Выдающийся немецкий агроном А. Тээр (1752—1828) различал обучение земледелию как ремеслу, как искусству и как науке. Ремеслу обучаются механически, приобретая «подражательные навыки» в самой работе, хотя бы и без стремления к объяснению, почему надо делать так, а не иначе. «Искусство есть приведение в действие мысли. Хозяин, знающий земледелие как искусство, перенимает от других понятия или правила для своих действий, по одной к ним доверенности; следовательно, обучение земледелию как искусству состоит в присвоении себе чужих понятий, в изучении правил и в навыке приводить оные в исполнение. ...Между тем наука земледелия не определяет ни одного положительного правила (т. е. рецепта), но она раскрывает начала, по коим изыскивает возможно лучшие приемы для каждого встречающегося случая, начиная с точностью различать оные. Искусство исполняет данный и принятый закон, наука дает законы». А. Тээр известен работами по вопросам севооборотов, удобрений и обработки почв. Он выдвинул гумусовую теорию питания растений (1809) считая, что для питания растений необходим только перегной. Эта теория господствовала на протяжении ряда лет и была подвергнута научной критике Ж. Б. Буссенго (1802—1887) в 1838 г. Вместо гумусовой (угле-

родной) теории Буссенго выдвинул азотную теорию удобрения растений. Установив, что клевер и люцерна обогащают почву азотом, он высказал предположение, что они берут азот из воздуха. Буссенго принадлежит приоритет в открытии действия селитры на растения.

Ю. Либих (1803—1873) в книге «Химия в приложении к земледелию и физиологии» (1840) обосновал теорию минерального питания растений, сформулировал закон возврата, согласно которому для поддержания урожая на прежнем уровне необходимо возвращать в почву зольные вещества, вынесенные растениями. Работы Ю. Либиха высоко ценил К. Маркс, который говорил, что выяснение отрицательных сторон современного земледелия с точки зрения естествознания представляет собой одну из бессмертных заслуг Ю. Либиха. Однако в силу отсутствия в ту пору научных сведений о микробиологических процессах в почве и их роли в круговороте веществ Ю. Либих ошибочно полагал, что растения обеспечивают себя азотом сами, усваивая его из воздуха. Проверять теорию Ю. Либиха, английский ученый Д. Лооз (1814—1900) показал, что зола от сжигания навоза не заменяет последнего, а минеральные удобрения, если в их состав входит азот, заменяют.

Особое место в агрономической науке в России в первой половине XIX в. занимает профессор кафедры минералогии и сельского домоводства Московского университета М. Г. Павлов (1793—1840). Современники называли его «основателем теории земледелия в России». Он сделал много оригинальных работ и высказал ряд интересных идей, не потерявших своего значения и до нашего времени, по вопросам севооборотов, травосеяния. В севооборотах под Москвой кроме многолетних прав им вводились и изучались картофель и сахарная свекла. По тому времени это было новым и прогрессивным для России. Им были разработаны многие вопросы о роли почвенных процессов в питании растений, применении удобрений, замене трехпольной системы земледелия на плодосменную. М. Г. Павлов придавал большое значение практике земледелия, подчеркивая, что практика есть теория в действии, а теория есть практика в возможности. Кафедра, возглавляемая М. Г. Павловым, популяризировала значение и методы применения органических и минеральных удобрений. Еще в 1837 г. М. Г. Павлов указывал на целесообразность внесения костяной муки одновременно с семенами в рядки при посеве. Он придавал большое значение зеленому удобрению, клеверу как предшественникам под озимые культуры, рациональному применению навоза, известкованию и гипсованию почв. М. Г. Павлов был сторонником глубокой вспашки. При помощи плуга его конструкции глубина пахотного слоя на полях Бутырского хутора под Москвой была доведена до 27—30 см. Им написан пятитомный труд «Курс сельского хозяйства» (1837), по которому долгое время обучались русские агрономы.

Вторая половина XIX в. характеризуется дальнейшими крупными открытиями в области естественных наук. В это время весь фактический материал естествознания рассматривается под углом

зрения открытий Ч. Лайеля в области геологии, Ч. Дарвина в области биологии, Л. Пастера в области микробиологии и В. В. Докучаева в области научного генетического почвоведения.

С научной деятельностью А. В. Советова (1826—1901) начинается процесс дифференциации земледелия на почвоведение, агрохимию, растениеводство и т. д. Процесс этот не мог бы начаться без тех успехов естествознания, которыми так богата была вторая половина XIX в. В своей статье «О значении естественных наук для сельского хозяйства» А. В. Советов писал: «Что такое почва, как она растит растение, какие почвенные элементы входят в состав потребляемого нами хлеба, картофеля, овощей, плодов — того масса русских земледельцев не знает, да и знать, по-видимому, не желает. Если бы они знали все это, то их обращение с землей было бы иное, нежели мы встречаем почти всюду в России» (цит. по: М. Компанец, 1971). В свое время А. В. Советов превратил агрономию из необязательного курса в полноправную университетскую дисциплину. В работе «О системах земледелия» (1867) он дает первое определение системе земледелия, в котором выражается способ возделывания и использования земли; предлагает переход от трехполья к плодосмену, которое, по его мнению, ставит земледелие в более правильное отношение к скотоводству. Работа А. В. Советова «О разведении кормовых трав на полях» послужила началом систематической разработки проблемы травосеяния в научных исследованиях.

В конце 70-х годов прошлого столетия, в связи с частыми неурожаями в Центральной Черноземной полосе, Вольное экономическое общество пытается выяснить причины этого бедствия. Председатель сельского отдела общества А. В. Советов поручает в 1877 г. В. В. Докучаеву изучение почв черноземной зоны, на что выделялись соответствующие средства. С тех пор А. В. Советов постоянно поддерживает В. В. Докучаева, печатает его статьи, помогает завершить знаменитую монографию «Русский чернозем».

К концу XIX в. в трудах В. В. Докучаева, П. А. Костычева, Н. М. Сибирцева оформилось теоретическое, или генетическое, почвоведение как самостоятельная наука.

В. В. Докучаев (1846—1903) в своих трудах «Русский чернозем» (1883), «Наши степи прежде и теперь» (1892) дает определение почвы как самостоятельного природного тела, предлагает мероприятия по борьбе с засухой, по приемам обработки почв для лучшего использования растениями почвенной влаги. Он выдвигает план построения в России системы научных, опытных и учебных сельскохозяйственных учреждений, предлагает организовать опытные станции для проверки в местных условиях результатов, полученных в учреждениях. В. В. Докучаев организует первую в мире кафедру почвоведения в Новоалександрійском институте сельского хозяйства и лесоводства (ныне Харьковский сельскохозяйственный институт им. В. В. Докучаева), руководить которой он приглашает профессора Н. М. Сибирцева. В 1889 г. В. В. Докучаев посылает на Всемирную выставку в Париж почвенную коллекцию, которая от-

мечается золотой медалью. Он получает орден «За заслуги по земледелию».

П. А. Костычев (1845—1895) значительно усилил биологическую трактовку процесса черноземообразования, дал агрономическую оценку черноземов, обосновал ряд приемов их рациональной обработки. П. А. Костычева считают основателем почвенной микробиологии, он придавал большое значение роли почвенных животных в генезисе почв, показал, что значительное количество фосфора в черноземах входит в состав органического вещества, а в неорганических соединениях фосфор находится главным образом в составе фосфатов кальция. П. А. Костычев отмечал особое значение на черноземах черного пара, с помощью которого поля могут быть очищены от многолетних сорных растений и приведены в наиболее благоприятное для растений физическое состояние. Он рекомендовал содержать верхний слой почвы в рыхлом состоянии с тем, чтобы нарушить капиллярную связь с нижними слоями и предохранить, таким образом, почву от иссушения, бесполезных потерь почвенной влаги. Считал нецелесообразным ведение переложной системы земледелия с краткосрочными залежами, когда посевы подавляются сорными растениями, и выступал за посев на полях трав. Важное значение П. А. Костычев придавал в повышении плодородия почвы ее структурному состоянию, выяснял роль растений и обработки в улучшении физических свойств почв, много сделал для связи почвоведения с земледелием.

На необходимость дифференциации агротехнических приемов и организации сельского хозяйства с учетом природно-климатических условий указывал И. А. Стебут (1833—1923). Он считал, что степные засушливые районы требуют иных систем земледелия по сравнению с районами достаточного увлажнения. При его непосредственном участии в России было принято положение об опытных сельскохозяйственных учреждениях. В 1865 г. И. А. Стебут принял участие в открытии Петровской земледельческой и лесной академии (ныне Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева) как первый руководитель кафедры земледелия.

Д. И. Менделеев (1834—1907) был разносторонним ученым. Он разрабатывал научные основы отечественной агрономии на базе достижений химии и физики, проводил полевые опыты в ряде губерний России по изучению влияния глубины вспашки и действия удобрений на урожай растений. На основании опытов Д. И. Менделеев предложил программу развития сельского хозяйства применительно к условиям европейской части России, включающей метеорологические наблюдения, анализ почв, использование удобрений, приемов агротехники и большое участие промышленности в подъеме сельского хозяйства, что сейчас нашло отражение в создании агропромышленных комплексов.

А. Н. Энгельгардт (1832—1893) был первым ученым в нашей стране, для которого агрономическая химия стала основным содержанием научной деятельности. Работая в своем поместье Батищево

Смоленской губернии, он разработал учение о питании растений, ратовал за применение минеральных удобрений вместе с навозом для усиления его действия. Изучая смоленские фосфориты, А. Н. Энгельгардт дал начало научным разработкам по получению и применению минеральных удобрений. Широкую известность получили в свое время и представляют интерес и сейчас его письма «Из деревни».

Достижения естественных наук К. А. Тимирязев (1843—1920) ставил на службу земледелию, считая основной задачей земледелия изучение требований растений и разработку практических приемов удовлетворения этих требований. Он впервые установил, что процесс фотосинтеза, в результате которого создается все органическое вещество на Земле, подчиняется физическому закону сохранения энергии. Изучая превращения в зеленом листе, он применил в своих работах спектральный анализ, который в то время только начинал разрабатываться физиками, и показал, что на ассимиляцию двуокиси углерода в большей степени воздействуют красные лучи, обладающие наибольшей энергией, а не желтые, как это считалось раньше. Кроме того, К. А. Тимирязев установил, что интенсивность разложения двуокиси углерода растениями зависит не только от энергии солнечного излучения, но и от того, в какой степени они способны поглощаться хлорофиллом зеленого листа.

Д. Н. Прянишников (1865—1948) положил начало широкому развитию агрономической химии в нашей стране. Особое внимание в своих работах он уделял проблемам азотного и фосфорного питания растений. Работы Д. Н. Прянишникова по азотному питанию растений создали основу для развития азотной промышленности и практического применения азотных удобрений. Вместе со своими сотрудниками после первых работ А. Н. Энгельгардта он доказал целесообразность использования фосфоритов как удобрений на дерново-подзолистых почвах.

В. Р. Вильямс (1863—1939) в 1886 г. создал испытательную станцию семян, почв и удобрений, которая послужила прообразом контрольно-семенных и агрохимических лабораторий, действующих в настоящее время в нашей стране. В 1902 г. он организовал селекционную станцию, а в 1904 г. создал богатейшую по тому времени коллекцию злаковых и бобовых трав, а также питомник, который долгое время служил лабораторией по разработке проблем луговодства. В 1914 г. под Москвой В. Р. Вильямс открыл институт луговодства (теперь это Всесоюзный институт кормов им. В. Р. Вильямса). Он ратовал за вспашку почвы с оборотом пласта, за сохранение и улучшение структурного состояния пахотного горизонта почвы, главным образом за счет корневых систем травянистых растений, разрабатывал мероприятия по борьбе со сорными растениями на полях. В. Р. Вильямс активно пропагандировал травопольную систему земледелия в сельском хозяйстве в период слабо развитой туковой промышленности в стране.

Особое значение в развитии теории питания растений, в оценке потребности почв в удобрениях, вопросов химической мелиорации

почв получили исследования К. К. Гедройца (1872—1932). В разработке и решении теоретических проблем почвоведения К. К. Гедройц исходил непосредственно из практических задач земледелия. Он разработал стройную классификацию видов поглотительной способности почв, сформулировал и экспериментально подтвердил важнейшие закономерности поглощения почвой различных веществ. В 1911 г. в статье «На каких почвах действует фосфорит. Почвы насыщенные и ненасыщенные основаниями» он выяснял, на каких почвах и при каких их свойствах применение фосфоритов дает положительный и экономически выгодный эффект.

А. Г. Дояренко (1874—1958) разработал ряд оригинальных методов исследований физических свойств, водного и воздушного режимов почв, выяснил роль многих приемов обработки почвы в регулировании потребностей растений в основных факторах жизни. Он придавал большое значение в земледелии занятым парам и промежуточным культурам, провел испытания эффективности разных видов занятого пара и ряда пожнивных культур.

Неоценимый вклад в развитие земледелия, особенно в биологию, систематику и географию культурных растений, внес Н. И. Вавилов (1887—1943). Он разработал учение о мировых центрах происхождения культурных растений, сформировал закон гомологических рядов, играющий большую роль в селекционной работе. Собранная им и его соратниками и последователями богатейшая в мире коллекция сельскохозяйственных растений является ценным источником исходного материала для селекции, интродукции и изучения эволюции культурных растений. Н. И. Вавилов был первым президентом организованной в 1929 г. в нашей стране Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина.

Н. М. Тулайков (1875—1938) внес существенный вклад в развитие земледелия на юго-востоке нашей страны. Он разрабатывал приемы накопления влаги в этих засушливых условиях, показал необходимость возделывания не только яровых зерновых культур, но и озимых и пропашных, а также культур с различной продолжительностью вегетационного периода.

Движущей силой в развитии научного земледелия стали достижения в области биологии, физики, химии, почвоведения, агрохимии, микробиологии и других наук, а также практика передовых хозяйств. В современных условиях усилия ученых в области земледелия и сопряженных отраслях науки направлены на интенсификацию земледелия применительно к природным и экономическим условиям конкретных регионов. Эти исследования базируются на уже разработанных и опробованных практикой научных основах земледелия.

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Все растения находятся в постоянном взаимодействии с внешней средой. Они предъявляют определенные требования к факторам и условиям жизни и реагируют на них изменениями в росте и развитии. Несоответствие факторов и условий жизни биологическим потребностям растений приводит к физиологическим аномалиям процессов жизнедеятельности их, а в экстремальных случаях даже к гибели растений. Напротив, создание оптимальных условий для развития культурных растений позволяет получать высококачественную продукцию и достигать потенциально возможных высоких урожаев.

Для нормального развития растениям жизненно необходимы свет, тепло, вода, питательные элементы, которые находятся в почве, в почвенном и приземном слое воздуха. Первые два фактора относятся к космическим, поскольку их поступление на Землю связано с солнечной радиацией, другие — к земным. Земные и космические факторы жизни растений являются материальной основой их развития. К условиям среды обитания растений относятся климатические, почвенные, фитосанитарные (опасность повреждения растений вредителями и болезнями, засоренность посевов) и др. Эти условия могут регулироваться в земледелии агротехническими и иными мероприятиями.

1. ФАКТОРЫ ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ И ПРИЕМЫ ИХ РЕГУЛИРОВАНИЯ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Солнце служит источником света и тепла, необходимых для жизни на нашей планете. Оно обеспечивает запас энергии для осуществления всех биологических процессов. Солнечная энергия возникает в результате ядерных реакций в ее недрах. Превращение водорода в гелий сопровождается большой потерей массы и освобождением лучистой энергии. Проходя через атмосферу Земли, солнечный свет претерпевает ряд изменений. Содержащийся в атмосфере водяной пар поглощает большую часть инфракрасных лучей, а озон и двуокись углерода атмосферы задерживают ультрафиолетовые лучи. В биологическом отношении свойства этих атмосферных экранов благоприятны, так как ультрафиолетовые и инфракрасные лучи губительны для живых организмов. Лишь небольшая часть солнечной энергии, поступающей на Землю, используется растениями при образовании органического вещества, которое представляет собой более концентрированную форму энергии, чем солнечное излучение. Такая энергия может накапливаться и затем освобождаться. Однако ее нельзя использовать вторично в

отличие от элементов питания растений и воды, которые могут использоваться многократно.

Приход солнечной энергии на различные районы Земли неодинаков и зависит от географической широты расположения местности (табл. 2). Вместе с этим изменяются и размеры получения теоретически возможной биологической продукции (биомассы) растений.

Т а б л и ц а 2
Зависимость прихода солнечной энергии от географической широты расположения местности и потенциальная возможность получения биологического урожая растений при 5%-м использовании приходящей энергии

Географическая широта, град	Возможный приход солнечной энергии, млрд кДж/га	Теоретически возможное получение биологической продукции, т/га
0—20	41,9—37,7	125—110
20—30	37,7—25,1	110— 75
30—40	25,1—20,9	75— 55
40—50	20,9—14,6	55— 40
50—60	14,6— 8,4	40— 25
60—70	8,4— 4,2	25— 12

По общей требовательности и к свету и к теплу сельскохозяйственные растения делятся на растения умеренного пояса и растения южных широт. Растения умеренного пояса исторически формировались в условиях смены теплого и холодного сезонов года. Они отличаются холодо- и морозостойкостью. Развитие их упорядочено во времени, что связано с длиной светового дня или фотопериодизмом и, как правило, ускоряется при продвижении на север (растения реагируют на продолжительность светового периода суток — растения длинного дня). К таким растениям относятся корнеплоды, лен, горох, травы (многолетние, однолетние, злаковые, бобовые), хлеба первой группы: пшеница, рожь, ячмень, овес. Растения южных широт формировались в условиях мало изменяющегося режима тепла в течение всего вегетационного периода. Они неустойчивы к пониженным и особенно отрицательным температурам. Это растения короткого дня. К ним относятся хлопчатник, бахчевые культуры, хлеба второй группы: кукуруза, рис, просо и др.

С в е т

Продуктивность растительных сообществ зависит только от той части спектра солнечного света, поступающего на Землю, энергия которой усваивается растениями в создании органического вещества. Эта часть ограничена пределами волн от 380 до 720 нм и называется фотосинтетической активной радиацией (ФАР). Отношение количества энергии, запасенной в продуктах фотосинтеза,

к количеству поглощенной энергии носит название КПД, или коэффициента использования ФАР (КИ ФАР). В настоящее время в производственных условиях КИ ФАР составляет всего 1—1,5%, хотя при благоприятных условиях культурные растения могут использовать 5—6% ФАР (а в отдельных случаях, например для сахарного тростника, 15% и более). На отдельных участках на высококультуренных почвах КИ ФАР может достигать 7—8%, и при этом урожаи возделываемых культур будут достаточно высоки (табл. 3).

Таблица 3
Коэффициент использования ФАР растениями и урожайность
сельскохозяйственных культур

Культуры	Район	КИ ФАР, %	Урожайность, ц/га
Зерновые	Московская обл. (лучшие хозяйства)	2,12	47,0
Озимая пшеница	Кировоградская обл. (гос-сортучасток)	2,97	92,2
Озимая пшеница	Киргизская ССР (орошаемый участок)	3,27	120,0
Яровая пшеница	Алтайский край (орошаемый участок)	5,38	101,0
Ячмень	Литовская ССР (госсорт-участок)	3,25	70,1
Просо	Актюбинская обл.	7,20	201,0
Кукуруза (зерно)	Казахстан, Джамбул	5,18	153,0
Кукуруза (зерно)	Днепропетровская обл.	8,99	224,0
Сахарная свекла	Киевская обл.	4,00	713,0
Сахарная свекла	Киевская обл.	5,64	1017,0
Картофель	Кемеровская обл.	8,37	1331,0
Картофель	Московская обл.	4,33	648,0
Кукуруза на силос	Горьковская обл.	5,28	939,0

Под Москвой при использовании 2% ФАР можно получать 100 ц сухой массы органического вещества с 1 га, а в Средней Азии даже при использовании 1% ФАР — 200 ц/га. Международные биологические программы разрабатывают методы, приемы, системы земледелия, которые обеспечивали бы возможность аккумуляции растениями 2—3% ФАР.

Свет в сильной степени оказывает влияние на продуктивность растений и коэффициент хозяйственной эффективности. Под коэффициентом хозяйственной эффективности понимают отношение хозяйственного урожая, т. е. той части урожая, которая может быть использована человеком в качестве пищевого или промышленного сырья, к биологическому урожаю, т. е. ко всей массе созданного органического вещества. Приведенные в табл. 4 данные по влиянию условий освещенности на развитие сахарной свеклы и картофеля свидетельствуют, что коэффициент хозяйственной эффективности значительно выше при произрастании этих растений в условиях лучшей освещенности.

Таблица 4

Влияние условий освещенности на коэффициент хозяйственной эффективности сахарной свеклы и картофеля

Сахарная свекла				
Условия освещенности	Средняя масса, г		Отношение массы корней к массе листьев	Коэффициент хозяйственной эффективности
	корней	листьев		
В тени	46	114	100:248	0,28
На свету	444	139	100:31	0,76

Картофель				
Условия освещенности	Средняя масса, г		Отношение массы клубней к массе корней и листьев	Коэффициент хозяйственной эффективности
	клубней	корней и листьев		
В тени	44	160	100:363	0,22
На свету	456	200	100:44	0,70

Повышение коэффициента хозяйственной эффективности растений представляет собой одну из важнейших задач земледелия.

При недостатке света проростки растений получают вытянутыми, ослабленными. В таких условиях, например, зерновые хлеба плохо кустятся, узел кушения у них закладывается на небольшой глубине, корневая система развивается слабо. Стебли при слабом освещении сильно вытягиваются, усиленно растут, чрезмерно вытягиваются клетки первого и второго междоузлий, в результате чего зерновые легко полегают и зерно у них получается щуплым. Часто при недостатке света растения вообще не закладывают или сбрасывают репродуктивные органы. Хорошее освещение, наоборот, способствует лучшему развитию корневой системы растений, побегов стеблей и листьев, усиливает кушение. Растения становятся здоровыми и более продуктивными.

Рассеянный свет, интенсивность которого составляет около 1/3 прямой солнечной радиации, по составу более благоприятен для растений, чем прямой солнечный свет, так как доля физиологически активных лучей в нем значительно больше. Хлорофилл растений поглощает рассеянный свет почти полностью.

Освещенность посевов на полях сказывается на урожайности сельскохозяйственных культур. В этом отношении интересны опыты американского ученого Д. Станселя (1978), проведенные на рисовых плантациях в штате Техас. В начале вегетации риса посевам хватало света. Но по мере развития растений картина, естественно, менялась. Одно растение начинало затенять другое, а верхний ярус листьев — нижний. При облачной погоде в посевах создавался напряженный световой режим. Он достигал критического уровня в течение полутора месяцев — за три недели до колошения

риса и спустя три недели после выметывания метелки, т. е. заканчивался в фазе восковой спелости. Снижение урожая составило 11 ц/га из-за менее интенсивного процесса фотосинтеза и неполного усвоения растениями азотных удобрений. За 10 лет опытов путем математической обработки результатов многолетнего эксперимента установлено, что изменение уровня освещенности на 1% вызывает соответствующее изменение в урожае на 1,4%. Регулируя сроки сева таким образом, чтобы критический период в развитии риса падал на период наибольшей освещенности, можно получить наибольший урожай.

Другим агротехническим приемом повышения фотосинтетической деятельности растений являются подбор и селекция растений, улучшение структуры посевов, удлинение времени использования культурами солнечного света в течение вегетационного периода. Улучшение структуры посевов в целях повышения их фотосинтетической деятельности и урожая достигается за счет межсортовых и межвидовых смешанных посевов культур, взаимно дополняющих друг друга по наиболее важным биологическим и хозяйственным свойствам. Например, смешанные посевы культур, различающихся по ярусности листьев и требованиям к освещенности, широко используются в кормопроизводстве. Смеси многолетних бобовых и злаковых трав, вико-овсяные смеси и другие позволяют получать не только более высокие и устойчивые урожаи, но и улучшать их кормовые достоинства.

Удлинение времени использования солнечного света в вегетационный период может быть достигнуто путем посева высокоурожайных позднеспелых культур (сахарная и кормовая свекла, кукуруза, кормовые травы и др.) или возделыванием после уборки или посева одной, основной, культуры, другой, промежуточной, различного хозяйственного назначения, способной использовать теплый период вегетации.

Регулирование поступления света к каждому растению решается главным образом регулированием густоты посевов, т. е. количества растений, произрастающих на единице площади поля. Это обеспечивается за счет норм высева семян и соответствующих способов посева. Оптимальная норма высева семян устанавливается не только для отдельных культур, но и для каждого сорта в отдельности. Для зерновых культур, например, узкорядный посев сеялками точного высева позволяет получать урожай на 10—20% выше, чем при других способах посева при прочих равных условиях. Уменьшение густоты стояния культурных растений может производиться путем прореживания загущенных посевов. К агротехническим приемам улучшения освещенности культурных растений на полях относятся и уничтожение сорных растений, иногда существенно затеняющих посевы. При выборе и размещении культур учитывается также и экспозиция склонов полей. Известно, что южные склоны освещаются лучше, чем северные. В теплицах и парниках при выращивании растений широко используется искусственное освещение растений.

Тепло

Основным источником тепла в почве и околоземном воздухе является солнечная радиация. По сравнению с ней другие источники (экзотермические химические реакции, разложение или сжигание органического вещества, распад радиоактивных веществ и др.) дают ничтожную величину энергии. Большинство биологических систем существует в определенном очень узком диапазоне температур (температура как показатель теплового состояния окружающей среды). При слишком низких температурах биологические процессы в растениях замедляются, а слишком высокие температуры приводят к разрушению сложных белковых структур. Нижний предел биологической активности определяется температурой замерзания воды, а верхний — температурой денатурации белка. Таким образом, этот предел можно обозначить от 0 до 50 °C.

Для каждого вида растений характерны определенные отношения к температуре в различные фазы развития, при этом у всех растений прослеживается общая закономерность: более низкие температуры требуются при прорастании семян и более высокие — во время образования плодов.

В период покоя сухие семена растений могут переносить как низкие температуры (—50 °C и ниже), так и высокие (+50 °C и выше), но во время вегетации даже слабые заморозки губительны для многих культур (кукурузы, картофеля, огурцов, томатов, гречихи и др.). Для различных культур минимальные и оптимальные температуры прорастания семян различны (табл. 5).

Таблица 5

Температура прорастания семян различных культур, °C
(по Н. А. Максиму, 1958)

Культура	Температура		
	минимальная	оптимальная	максимальная
Пшеница, рожь, овес, ячмень	0—5	25—31	31—37
Гречиха	0—5	25—31	37—44
Подсолнечник	5—10	31—37	37—44
Кукуруза	5—10	37—44	44—50

Для риса, хлопчатника, кунжута и арахиса минимальная температура прорастания семян составляет 12—14 °C, а оптимальная — 37—45 °C. Как видно, температура прорастания семян теплолюбивых культур (кукуруза, подсолнечник, рис, хлопчатник) более высокая, чем других. Вместе с тем для всех культур интервал между минимальными и оптимальными значениями температур прорастания семян значительно выше и достигает 25—30°, чем между оптимальными и максимальными значениями, интервал между которыми составляет всего 5—10°. Следовательно, сразу же

после оптимума начинает сказываться отрицательное действие высоких температур. Зависимость скорости роста растений (под ростом понимается процесс новообразований элементов структуры организма — органов, клеток и других структур) от температуры, так же как и активность ферментов, подчиняется правилу Вант-Гоффа: при увеличении температуры на 10° в зоне оптимальных значений скорость роста увеличивается в 2—3 раза. Температурный оптимум для роста может не совпадать с температурным оптимумом для других физиологических процессов. Например, оптимальные температуры для роста растений более высоки, чем оптимальные температуры для протекания процессов фотосинтеза. При температурах $40\text{--}50^{\circ}\text{C}$ скорость фотосинтеза сильно снижается, а скорость дыхания еще значительна. В связи с тем что различные процессы имеют разные температурные оптимумы, например дыхание более высокий, чем фотосинтез, то температурный оптимум для роста растений обычно находится в диапазоне температур, где лучше всего скоординированы скорости метаболических процессов, принимающих участие в росте. Источником энергии для ростовых процессов являются фотосинтез и дыхание.

Для роста и развития растений имеют значение и колебания температур. Температура, колеблющаяся от 10 до 20°C (при средней температуре 15°C), не обязательно действует на растения так же, как постоянная температура 15°C . Нормальная жизнедеятельность растений, которые в природе обычно подвергаются воздействию переменных температур (что имеет место в большинстве районов с умеренным климатом), подавляется частично или полностью или замедляется при воздействии постоянной температуры. Оптимальные значения температуры для растений различны и в течение суток. Так, для растений томата оптимальная температура для роста и развития днем составляет 26°C , а ночью — $17\text{--}19^{\circ}\text{C}$. Некоторое понижение ночных температур по сравнению с дневными приводит к ускорению процессов цветения и плодоношения у ряда культур, к повышению урожайности картофеля, содержания сахара в корнях сахарной свеклы. Все это объясняется тем, что в онтогенезе растений закреплена та смена температур, которая отмечается в природе.

Одним из главных условий, определяющих географию размещения культур, является теплообеспеченность данной территории, колебания температуры, соответствие продолжительности теплого, безморозного периода и длины вегетационного периода требованиям возделываемых культур. Крупнейший русский климатолог А. И. Воейков в результате длительных климатических исследований, проведенных во второй половине XIX столетия, пришел к заключению о возможности возделывания хлопчатника в Средней Азии и чая в Закавказье. В настоящее время эти культуры стали ведущими в данных регионах.

Теплообеспеченность данного места определяет потенциальные возможности накопления органического вещества и хозяйственно полезной его части. Теплообеспеченность выражается обычно как

показатель суммы активных температур выше 10°C ($\Sigma t > 10^{\circ}$). Этот показатель сочетает в себе продолжительность вегетационного периода и среднюю его температуру. Потребность различных сельскохозяйственных культур в теплообеспеченности различна (табл. 6).

Таблица 6

Потребность различных культур в сумме активных температур, $^{\circ}\text{C}$
(по В. Н. Степанову и В. И. Лукьянку)

Культура	Сорта		
	раннеспелые	среднеспелые	позднеспелые
Пшеница яровая	1300	1500	1700
Рожь озимая	1300	1350	1400
Картофель	1200	1500	1800
Кукуруза на зерно	2000	2500	3000
Кукуруза на силос	1700	2200	2600
Сахарная свекла	1800	2100	2400
Рис	2200	2700	3200
Хлопчатник	3000	3400	4000

Зависимость продуктивности растений от теплообеспеченности для большинства культур характеризуется прямой. Чем выше теплообеспеченность, тем больше и урожай растений. Так, для озимой пшеницы достаточна сумма активных температур за теплый период 1700° , а рост урожая происходит и в местах, где температура превышает необходимую почти вдвое — 3200° . Это объясняется тем, что суммы активных температур отражают в себе и продолжительность периода вегетации. Вместе с тем для ряда культур такой зависимости между ростом урожайности и теплообеспеченностью не отмечается. Для картофеля уменьшение урожайности связано с торможением клубнеобразования при повышении теплообеспеченности. Не отмечается существенной связи изменения урожайности с теплообеспеченностью для яровой пшеницы. Такая связь затухает при поражении яровой пшеницы грибными болезнями как в условиях увлажнения, так и засухливости климата в южных районах.

Теплообеспеченность растений лежит в основе природно-сельскохозяйственного районирования территории СССР. В структуре такого районирования выделены 3 пояса: холодный тундрово-таежный, умеренный и теплый субтропический. В пределах каждого пояса в свою очередь выделяются два подпояса. В холодном тундрово-таежном природно-сельскохозяйственном поясе это очень холодный тундровый подпояс, где сумма активных температур выше 10°C менее $400\text{—}500^{\circ}$ и земледелие возможно лишь в защищенном и полужащищенном грунте, и холодный северо- и средне-таежный подпояс очагового и выборочного земледелия (Σt выше 10° составляет $500\text{—}1600^{\circ}$).

Умеренный природно-сельскохозяйственный пояс — пояс интенсивного земледелия культур с умеренным требованием к теплу. Охватывает территорию с суммой активных температур выше 10°C от 1600 (1400° для районов, лежащих восточнее Енисея) до 4000° . В нем выделяются подпояса холодно-умеренный, преимущественно южнотаежный с возделыванием ранних и среднеранних культур умеренного пояса; и умеренный, преимущественно лесостепной, степной, полупустынный и пустынный.

Теплый (субтропический) природно-сельскохозяйственный пояс — это пояс орошаемого и богарного субтропического земледелия теплолюбивых культур с длинным вегетационным периодом. Он охватывает территорию с суммой активных температур более 4000° и территории с температурами выше 3400° с приморским климатом с теплой зимой. Здесь выделяются два подпояса. Умеренно теплый с мягкой зимой, преимущественно пустынный и полупустынный, с возделыванием однолетних теплолюбивых культур с длинным вегетационным периодом, где температура наиболее холодного месяца бывает ниже 0°C ; и теплый, с очень мягкой и теплой зимой, преимущественно пустынный и частично влажно субтропический (Закавказье), с возделыванием субтропических культур и культур умеренного пояса в холодное полугодие, средняя температура наиболее холодного месяца выше 0°C . В пределах поясов и подпоясов также выделяются полосы теплообеспеченности культур, детализирующие возможности возделывания сельскохозяйственных растений в определенных интервалах сумм активных температур выше 10°C .

В сходных условиях увлажнения с повышением теплообеспеченности повышается активность почвенных микроорганизмов, происходит ускоренное разложение органического вещества, образование доступных для растений форм питательных элементов, что также обуславливает рост урожайности культур. Тепловой режим почвы тесно взаимосвязан с водным и воздушным режимами и оказывает существенное влияние на питательный режим растений.

Величина и скорость поступления в почву тепла в значительной степени определяются свойствами самой почвы, ее лучеиспускательной и отражательной способностью, теплоемкостью, теплопроводностью, температуропроводностью. Расход тепла из почвы складывается из отражения коротких волн и земного лучеиспускания, передачи теплоты из верхнего слоя в нижележащие горизонты, расхода на испарение, на нагревание прилегающих слоев атмосферного воздуха, на турбулентное перемешивание и перенос теплоты. Тепловой режим почвы имеет суточную и годовую ритмичность изменчивости. Наибольшие колебания температуры почвы в течение суток и года происходят в верхнем слое. Суточные изменения температуры почвы могут распространяться на глубину 70 — 100 см, а годовые колебания достигать более глубоких слоев.

С учетом почвенно-климатических условий Н. Н. Розов разделил почвы на территории СССР по теплообеспеченности на пять агрометеорологических групп.

1-я агромелиоративная группа. Почвы хорошо обеспечены теплом, субтропические и предсубтропические районы. Вегетационный период в районах распространения этих почв составляет более 210 дней, сумма среднесуточных температур выше 10°C от 3600 до 4000°. Эта группа почв занимает около 3% от всей площади СССР (красноземы, желтоземы, сероземы, серо-бурые, горные желтоземы, горные сероземы, серо-коричневые и другие почвы). На таких почвах возделываются позднеспелые и субтропические культуры, на них можно получать два полных урожая в год.

2-я агромелиоративная группа. Почвы, среднеобеспеченные теплом, суббореальный пояс. Вегетационный период составляет от 120 до 210 дней, сумма активных температур выше 10°C от 2000 до 3600°. Эти почвы охватывают около 29% площади СССР. Сюда относятся черноземы, серые лесные, бурые лесные, каштановые, серо-бурые почвы, солонцы, солончаки и др. На них возделываются поздние и среднепоздние сельскохозяйственные культуры. Возможно получение неполных вторых урожаев.

3-я агромелиоративная группа. Почвы, недостаточно обеспеченные теплом, южная и средняя части бореального пояса. Вегетационный период в районах распространения данных почв составляет от 90 до 120 дней с суммой активных температур от 1200 до 2000°С. Почвы занимают немного более 20% площади СССР. Это дерново-подзолистые, дерново-карбонатные, подзолистые, болотно-подзолистые, горные дерново-подзолистые и др. На них возделываются среднеспелые и среднеранние сельскохозяйственные культуры.

4-я агромелиоративная группа. Почвы, мало обеспеченные теплом, средняя часть бореального пояса. Вегетационный период здесь в пределах от 60 до 90 дней, сумма активных температур от 900 до 1200°. Почвы занимают 18% площади СССР, на них возможно выращивание очень ограниченного набора раннеспелых сельскохозяйственных культур — ранние овощи, картофель, травы. В основном это подзолистые, иллювиально-гумусовые, глеево-подзолистые, болотно-подзолистые, мерзлотно-таежные, горные подзолистые почвы средней тайги.

5-я агромелиоративная группа. Почвы, не обеспеченные теплом для земледелия. Это полярный пояс и высокогорные районы. Вегетационный период в этих районах менее 60 дней, а сумма активных температур менее 800°. Почвы данной группы занимают более 30% площади СССР. Сюда относятся арктические, тундрово-арктические, тундрово-глеевые, болотные, тундровые, горные пастбищные, горные лесные (малопродуктивные) почвы. Они пригодны лишь как пастбищные территории.

В северных районах нашей страны задача регулирования теплового режима почвы и приземного слоя воздуха сводится к увеличению притока теплоты в почву и сохранению ее, в южных — возникает необходимость ослабить перегрев почвы и растений, и почти во всех районах важной задачей является предупреждение повреждений растений от заморозков. Приемы регулирования

теплового режима почв направлены на лучшее использование основных и дополнительных источников тепла, сохранение и уменьшение расхода тепла и устранение перегрева почвы. Их можно разделить на пассивные, не требующие материальных затрат, и активные, требующие определенных материальных затрат и человеческих усилий.

К пассивным методам относятся: посев сельскохозяйственных культур в оптимальные сроки, использование в хозяйствах агроклиматически районированных культур и отдельных их сортов, правильное использование элементов рельефа. Посев теплолюбивых культур в более поздние сроки при наступлении относительно устойчивых положительных температур и надлежащем прогревании почвы способствует более благоприятным условиям их роста. Районирование позволяет определить географические границы возделывания культур, соответствующие их потребностям в тепле. Размещение более теплолюбивых культур на плато и южных склонах как лучше прогреваемых, а холодостойких — в низинах и на северных склонах позволяет лучше использовать мезоклимат.

К активным методам регулирования теплового режима почв и приземного слоя воздуха относятся такие агротехнические приемы, как посев и посадка растений на грядах и гребнях, обработка почвы и удаление избыточной почвенной влаги, мульчирование почвы, создание дымовых завес над поверхностью почвы и растениями, дополнительный обогрев почвы, создание полезащитных лесных полос, снегозадержание на полях.

При создании в северных районах гряд и гребней почва в них лучше прогревается, легче избавляется от излишней воды. Разница температур почвы на гребнистой и ровной поверхности достигает 5°C на глубине 5 см и $2,5^{\circ}\text{C}$ на глубине 10 см. Хотя в ночное время с поверхности гребней и гряд отдается больше теплоты, чем с ровной поверхности, все же тепловой баланс складывается более благоприятный.

Поступление тепловой энергии солнца может быть увеличено обработкой почвы и регулированием водно-воздушного режима почв. Структурные почвы обладают наиболее благоприятными тепловыми свойствами, хорошогреваются и сохраняют тепло в глубоких слоях. Удаление излишней влаги из почвы также способствует более быстрому прогреванию почвы, так как твердая фаза (почва) характеризуется меньшей теплоемкостью, чем вода.

Мульчирование почвы темноцветными материалами — торфом, перегноем, бумагой и др. — способствует поглощению солнечной энергии и увеличению прихода тепла в почву. Вместе с тем такие мульчирующие материалы уменьшают потери тепла ночью и одновременно уменьшают испарение почвенной влаги. Наибольшее количество теплоты из почв, особенно не покрытых растительным покровом, расходуется именно на испарение воды и на теплообмен с воздухом. На полях, покрытых растениями, наибольший расход теплоты приходится на транспирацию растений. Общий расход теп-

ла на транспирацию и испарение воды из почвы на полях достигает 80% и более от радиационного баланса.

Органические удобрения могут служить дополнительным средством обогрева почвы в районах с коротким теплым периодом и недостаточным поступлением солнечной радиации.

Снегозадержание позволяет выгодно использовать физические свойства снега для уменьшения потерь теплоты из почвы. Благодаря своей низкой теплопроводности снежный покров хорошо сохраняет в почве тепло и защищает ее от охлаждения. Снежный покров имеет особенно важное значение для перезимовки озимых культур, многолетних трав, ягодных и плодовых насаждений. Озимые культуры благополучно перезимовывают при неглубоком промерзании почвы и при температуре на ее поверхности не ниже -10°C и не выше -5°C . Такие условия создаются при высоте снежного покрова на юге европейской части СССР не менее 20 см, на севере — более 70, а в разных районах Сибири — от 40 до 100 см.

Ранней весной в ясную ночную погоду отмечается сильное лучеиспускание с поверхности почвы, и она вследствие большой потери теплоты переохлаждается, на ее поверхности могут быть заморозки, в результате чего могут пострадать посевы. Специальными мерами по предупреждению заморозков служат дымовые завесы. В качестве дымообразующих средств используют дымовые шашки и костры. Дым и водяные пары в приземном слое воздуха предохраняют почвы от лучеиспускания и соответственно от переохлаждения. Для предохранения растений от заморозков и для сохранения тепла в овощеводстве широко используют пленочные покрытия.

В хозяйствах, расположенных вблизи природных источников термальных вод или крупных промышленных предприятий, может использоваться в качестве источника тепла горячая вода для обогрева почвы через систему труб, а вода с пониженной температурой — для орошения. В Средней Азии при влагозарядковых поливах в холодное время года или при осенних поливах поливная вода выступает также как дополнительный источник тепла, поскольку имеет более высокую температуру, чем поверхностный слой почвы. Такой прием резко уменьшает амплитуду колебания температуры почвы в течение суток. При возделывании растений в защищенном грунте для дополнительного обогрева применяют пар, различные виды топлива, электроэнергию.

Важное воздействие на тепловой режим почв и приземный слой воздуха оказывают полезащитные лесонасаждения, создавая благоприятный микроклимат, уменьшая годовую и суточную амплитуду колебания температуры.

В южных районах для предупреждения перегрева почвы применяют различные приемы затенения почвы и посевов, а также мульчирование почвы белыми материалами, усиливающими отражение солнечной радиации. В качестве мульчи может использоваться при уборке зерновых колосовых солома, которая мелко из-

мельчается и равномерно распределяется на поверхности почвы. Орошение посевов, особенно дождеванием, способствует охлаждению почвы и увеличивает расход тепла на испарение воды.

Вода

Жизнь на Земле не мыслима без воды. Значение ее для растений крайне велико. Вода связывает растение с почвой и атмосферой, обуславливая единство организма и среды. Живые растительные клетки на 80—90% и более состоят из воды. Огурцы, томаты содержат 94—95% воды, клубни картофеля — 74—80, зерно хлебных злаков — 12—14%. 99,8% потребляемой воды растения испаряют и лишь около 0,2% идет на синтез органического вещества. Без воды невозможен ни один физиологический процесс, протекающий в растениях. Многие биохимические процессы, например гидролиз и синтез полисахаридов и пептидов, сопровождаются присоединением или отщеплением молекул воды. Только в водной среде растворяются, передвигаются и поступают в растения необходимые им вещества из почвы, CO_2 из воздуха, перемещаются вещества по растению из корней в листья, из листьев в корни. Вода защищает растения от перегрева путем понижения температуры во время транспирации.

Вода в растения поступает в основном из почвы через корневую систему. Однако частично она может поступать и через листья во время туманов, при выпадении осадков, при образовании росы. Роса, образующаяся при ночных понижениях температуры, помогает растениям лучше переносить почвенную засуху (при недостатке в почве доступной влаги) и формировать при этом относительно более высокий урожай. Большинство культурных растений относятся к мезофитам, которые могут приспосабливаться к условиям как недостаточного, так и избыточного увлажнения.

Для набухания и нормального прорастания семена различных сельскохозяйственных культур требуют неодинаковое количество воды, что необходимо учитывать при посеве (табл. 7). С началом

Таблица 7
Количество воды, необходимое для набухания
и нормального прорастания семян, % от массы семян

Культура	Количество воды	Культура	Количество воды
Пшеница	45,5	Лен	100,0
Рожь	57,7	Конопля	43,9
Ячмень	48,2	Сахарная свекла	120,3
Овес	59,8	Люцерна	56,3
Просо	25,0	Клевер красный	117,5
Горох	106,8	Люпин	142,9
Вика	75,4	Кукуруза	44,0

роста и в последующие периоды жизни потребность растений в воде увеличивается и изменяется для одного и того же растения по фазам его развития. Периоды наибольшей потребности в воде называют критическими. Для озимой ржи, озимой и яровой пшеницы, ячменя и овса это период между выходом в трубку и колошением, для проса и сорго — от колошения до налива, для кукурузы — от цветения до молочной спелости зерна, для картофеля — от времени цветения до клубнеобразования, для хлопчатника — от цветения до закладывания коробочек. Особенно сильно отражается на всех растениях недостаток воды в период образования у них репродуктивных органов.

Для определения потребностей культурных растений в воде пользуются транспирационным коэффициентом, который приближенно характеризует общее количество воды, потребляемое растением в расчете на единицу массы сухого органического вещества. Для озимой пшеницы, например, он составляет 450—600, кукурузы — 250—400 и т. д. (табл. 8). Транспирационный коэффициент зависит от изменения погодных условий, обеспеченности растений питательными веществами и др. При низкой влажности воздуха, сильном нагреве листьев и сильном ветре он возрастает.

Таблица 8

Транспирационный коэффициент различных сельскохозяйственных культур

Культура	Транспирационный коэффициент	Культура	Транспирационный коэффициент
Пшеница озимая	450—600	Свекла сахарная	340—450
Пшеница яровая	338—513	Свекла кормовая	734
Рожь озимая	500—800	Хлопчатник	300—600
Овес	376—800	Подсолнечник	500—600
Ячмень яровой	310—534	Люцерна	844
Рис	500—800	Клевер красный	310—900
Кукуруза	250—400	Картофель	300—636

Наряду со знанием общего расхода воды исключительно большое значение имеет учет требований растений к режиму влажности почвы, к содержанию доступных для растений форм влаги. Оптимальная влажность в корнеобитаемом слое почвы в разные периоды вегетации для большинства растений находится в пределах 60—80% предельной полевой влагоемкости почв, т. е. того количества влаги, которое удерживается в почве после стекания гравитационной, избыточной влаги; а в период наибольшего развития ассимиляционного процесса и интенсивного роста — в пределах 70—80%. Однако даже при наличии в почве иногда большого количества влаги она не может использоваться растениями из-за того, что имеет низкую температуру. В этом случае растения испытывают недостаток воды из-за физиологической сухости. Вода поступает в растения и передвигается в них при наличии градиен-

та свободной энергии воды в единой системе почва — растение — окружающая растение атмосфера, который возникает в результате транспирации, осмотических сил и, как предполагается, за счет энергии, освобождающейся в процессе обмена веществ

Зависимость продуктивности большинства полевых культур от их влагообеспеченности (в естественных условиях для территорий с равной теплообеспеченностью) такова, что при увеличении влагообеспеченности урожайность возрастает, а затем при избыточном увлажнении — уменьшается. Для оценки влагообеспеченности отдельных территорий используется показатель годового атмосферного увлажнения как отношение осадков к испаряемости $\frac{P}{f}$ или отношение осадков к сумме среднесуточных величин дефицита влажности воздуха $\frac{P}{\sum d}$. По показателям атмосферного увлажнения на территории СССР выделены соответствующие зоны увлажнения (табл. 9), для каждой зоны увлажнения могут наблюдаться годы с различным увлажнением.

Таблица 9

Показатели атмосферного увлажнения по зонам

Зона увлажнения и соответствующая ей природная зона	Показатель атмосферного увлажнения		Вероятность лет с различным увлажнением, %					
	$\frac{P}{f}$	$\frac{P}{\sum d}$	сухих	засушливых	полузасушливых	полувлажных	влажных	избыточно влажных
Избыточно влажная (тайга)	$>1,33$	$>0,60$	0	1	5	10	20	64
Влажная (тайга и лиственные леса)	$1,33-1,00$	$0,60-0,45$	0	5	12	21	32	30
Полувлажная (лесостепь)	$1,00-0,77$	$0,45-0,35$	2	11	25	30	24	8
Полузасушливая (типичная степь на обыкновенных черноземах)	$0,77-0,55$	$0,35-0,25$	7	26	40	19	7	1
Засушливая (степь на южных черноземах)	$0,55-0,44$	$0,25-0,20$	18	50	25	6	1	0
Очень засушливая (степь на темно-каштановых и каштановых почвах)	$0,44-0,33$	$0,20-0,15$	41	47	11	1	0	0
Полусухая (полупустынная на светло-каштановых почвах)	$0,33-0,22$	$0,15-0,10$	75	24	1	0	0	0
Сухая (пустынная на бурых почвах)	$0,22-0,12$	$0,10-0,05$	96	4	0	0	0	0
Очень сухая (пустынная на серо-бурых почвах)	$<0,12$	$<0,05$	100	0	0	0	0	0

Влагообеспеченность вместе с теплообеспеченностью территории позволяет выделить основную единицу природно-сельскохозяйственного районирования — природно-сельскохозяйственную зону. Она характеризуется определенным балансом тепла и влаги и тесно связана с главными особенностями процессов почвообразования. Для каждой зоны характерны определенные типы и подтипы почв и растительности и применяются отвечающие им системы агротехнических, агрохимических и мелиоративных мероприятий. Каждой зоне соответствуют свои особенности сельскохозяйственного производства, определенное соотношение между пашней, кормовыми и лесными земельными угодьями.

Для выделения зон используются карты почвенного и растительного покрова. Для разделения зон на территориях достаточного увлажнения принимаются изолинии с суммой активных температур выше 10°C , описывающие южные границы зон. На территориях недостаточного увлажнения границы между зонами проводятся по изолиниям показателя среднегодового атмосферного увлажнения как отношения осадков к испаряемости на северных границах зон. Например, для лесостепной зоны — 1,00, для степей на обыкновенных черноземах — 0,77 и т. д.

Агротехнические методы регулирования потребностей сельскохозяйственных культур в воде, как и в теплообеспеченности, можно разделить на пассивные и активные. Первые сводятся к районированию культур, размещению их по различным элементам рельефа с учетом конкретных потребностей в воде, регулированию норм высева семян на единицу площади посева, своевременным срокам сева, чередованию посевов культур на полях. Активные методы включают в себя приемы, направленные как на накопление в почвах воды, снижение ее потерь, так и на удаление излишней влаги с избыточно увлажненных земель.

Радикальным способом регулирования водного режима почв в засушливых районах является искусственное орошение. При орошении можно снабжать растения водой в те периоды, когда запас ее в почве уменьшается. Другой способ регулирования водного режима почв — создание полевых, водохранилищных и других лесонасаждений. Полезащитные лесные полосы увеличивают влажность приземного слоя воздуха (в межполосном пространстве), уменьшают силу ветра, в результате чего уменьшается испарение воды с поверхности почв, на полях дополнительно задерживается снег. Следующий способ регулирования водного режима почв состоит в использовании различных агротехнических приемов. Это и мульчирование, и систематическое уничтожение сорных растений, и определенные приемы обработки почв, направленные на улучшение структурного состояния и водно-физических свойств почв и на уменьшение испарения влаги из почвы.

В районах распространения избыточно увлажненных почв главным способом регулирования водного режима служат мелиоративные мероприятия. Лучшим способом осушения земель является закрытый дренаж двустороннего действия, который позволяет не

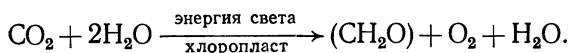
только удалять воду, но в случае необходимости и обеспечивать растения влагой в критические периоды их развития или в засушливые годы. Устройство такой дренажной сети не уменьшает площадь используемой под посевы земли и не мешает проведению полевых работ, что наблюдается при осушении открытым дренажем. Опыт мелиорации избыточно увлажненных земель показывает, что в этих районах наряду с осушением следует предусматривать и их орошение, особенно при возделывании овощных культур. Из агротехнических мероприятий по удалению воды и борьбе с переувлажнением почв применяют специальные приемы обработки почв и посева (углубление, кротование, гребневые посевы и др.). Более подробно эти мероприятия будут рассмотрены в разделе «Обработка почв».

Понятие о недостаточном или избыточном увлажнении почв относительно, и поэтому необходимо учитывать потребность отдельных культур в воде в определенные фазы их развития. Потребность растений в воде обычно возрастает от посева до налива семян, однако запасы влаги в почве, особенно в районах недостаточного увлажнения, наоборот, от весны к лету уменьшаются. Фактор влажности проявляется для растений как функция обеспеченности их другими факторами жизни. Сочетание повышенной влажности почвы с хорошей обеспеченностью растений элементами питания и оптимальной теплообеспеченностью (15—25°C) способствует интенсивному фотосинтезу, быстрому росту растений и накоплению большей биомассы. При пониженных температурах (5—15°C) такое же увлажнение почв влияет уже отрицательно на рост и развитие растений. Следовательно, оптимальный показатель увлажнения изменяется в зависимости от конкретного сочетания других факторов жизни растений.

Питательные вещества

Главными элементами питания растений являются углерод, кислород, водород, азот, фосфор, калий, сера, кальций, железо. Однако в растениях могут быть обнаружены и другие химические элементы, встречающиеся в почве по месту их произрастания, — марганец, бор, медь, цинк, молибден, кобальт и т. д.

Питательные вещества в растения поступают через корневую систему из почвы и через листья. Воздух содержит такие важные элементы питания и жизнедеятельности растений, как кислород, углерод и азот. Из диоксида углерода воздуха и воды при участии энергии солнечного света в результате фотосинтеза в растениях образуются простые безазотистые органические вещества:



В процессе одной реакции поглощается 477 кал/моль. Формулой (CH₂O) обозначена элементарная единица молекулы углевода, ко-

торая служит исходным материалом для сложных углеводов, белков, жиров и других соединений. У высших растений имеются разные биохимические пути фиксации и преобразования двуокиси углерода. У большинства растений фиксация CO_2 идет только по циклу C_3 (пентозофосфатный восстановительный цикл), их называют C_3 -растения, у других — по циклу C_3 и циклу C_4 (циклу дикарбоновых кислот) — C_4 -растения. К последним относятся кукуруза, просо, сорго, сахарный тростник и др. Существует еще и третий путь фиксации CO_2 .

C_4 -растения иначе, чем C_3 -растения, реагируют на освещенность, тепло- и влагообеспеченность. При повышении степени освещенности и температуры у них возрастает интенсивность фотосинтеза в расчете на единицу поверхности листа (рис. 2). Кроме того, они более эффективно используют воду. Как правило, транспирационный коэффициент у них менее 400, тогда как у C_3 -растений он от 400 до 1000. Максимальная интенсивность фотосинтеза у растений с C_3 -пентозофосфатным циклом фиксации диоксида углерода обычно наблюдается при умеренной освещенности и температуре, а высокие температуры и яркий свет снижают интенсивность фотосинтеза.

Углерод в виде углекислоты воздуха составляет основу воздушного питания растений. Незначительное содержание CO_2 в атмосферном воздухе (всего 0,03%) является одной из причин развития растениями огромной листовой поверхности для его улавливания. Нижним пределом содержания CO_2 в воздухе для растений является концентрация 0,008% ($\sim 0,01\%$). Высокие концентрации CO_2 положительно влияют на фотосинтез только при достаточно хорошем освещении и обеспеченности растений другими факторами жизни. Повышение концентрации двуокиси углерода в приземном слое воздуха до 1% благоприятно для многих культур и способствует усилению процесса фотосинтеза. Этому способствует внесение в почву органических удобрений, растительных остатков, которые при разложении выделяют углекислоту. В условиях защищенного грунта, в теплицах, во многих случаях искусственно поддерживают повышенную концентрацию CO_2 (порядка 1—2%), что способствует увеличению урожайности возделываемых культур.

В почве двуокиси углерода находится в различных формах и соединениях: в поглощенном и растворенном состоянии, в составе карбонатов и бикарбонатов и т. д., а также в составе почвенного воздуха как результат жизнедеятельности микроорганизмов, расте-

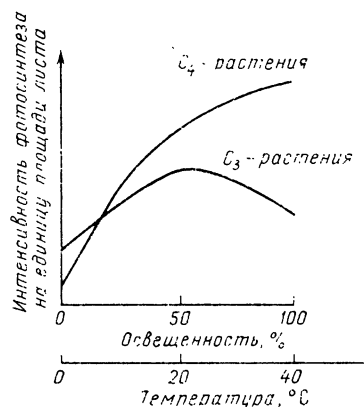


Рис. 2. Интенсивность фотосинтеза C_3 - и C_4 -растений в зависимости от освещенности и температуры

ний и других живых организмов. Его содержание в почвенном воздухе может достигать 10% и более.

Кислород в жизни растений и в почве имеет важное значение. Он потребляется растениями при дыхании, используется микроорганизмами почвы и активно участвует в различных химических реакциях окисления—восстановления. Содержание кислорода в почвенном воздухе по сравнению с атмосферным, где оно составляет 20,81%, может снижаться до 2—3%. Большой недостаток кислорода в почвенном воздухе влечет за собой угнетение или гибель растений. Одним из агротехнических приемов по его увеличению является улучшение аэрации почвы, усиление газообмена в почве путем ее обработки.

Азот является одним из важнейших элементов питания растений. Он входит в состав молекул белков, протеина, аминокислот и многих других органических азотсодержащих соединений. В атмосферном воздухе содержится 78,23% азота, однако он недоступен растениям. Фиксация атмосферного азота в различные азотсодержащие органические вещества осуществляется благодаря деятельности двух групп бактерий: свободноживущих; обитающих в ризосфере, и симбиотических, развивающихся на корнях некоторых растений, преимущественно бобовых. При минерализации этих веществ образуются растворимые формы нитратов, нитритов и аммиака, которые усваиваются корнями растений. Около 20% потребности растений в азоте покрывается именно за счет его перевода из воздуха в доступные формы. Остальное количество растения получают из природных запасов почвы и за счет внесения удобрений. Преобладающая часть этих запасов и часть азота, вносимая с удобрениями, находятся в форме трудно- или недоступных соединений. Регулировать содержание доступных форм азота в почве можно, создавая благоприятные почвенные условия для развития свободноживущих (азотобактера и др.) и симбиотических (клубеньковых) бактерий—хорошую аэрацию, слабокислую и нейтральную реакции почвенного раствора, оптимальные температурные условия, а также внесением в почву азотобактерина. Для тех бобовых культур, которые возделываются на данном поле впервые, в почву вносят препараты, содержащие чистую культуру клубеньковых бактерий соответствующей расы (нитрагин).

Регулирование процесса превращения азота из одних форм в другие заключается не только в ускорении разложения органического вещества почвы, растительных остатков, навоза и удобрений. Нередко в определенный отрезок времени возникает необходимость перевода азотных соединений из подвижных растворимых форм в недоступные формы органического вещества. Такая необходимость возникает на легких песчаных и супесчаных почвах, где процесс нитрификации происходит интенсивно не только летом, но и осенью, после уборки сельскохозяйственных культур. Образовавшиеся в это время нитраты остаются неиспользованными и могут с нисходящим потоком воды вымываться из корнеобитаемого слоя почвы. Чтобы использовать этот азот, после уборки одной культуры высе-

вают другую либо для получения продукции, либо для запашки (зеленое удобрение). В этом случае аммиачный и нитратный азот используется растениями для образования органического вещества и частично (при уборке второго урожая) или полностью (при запашке) остается в почве и может быть использован растениями в следующем году.

Фосфор, калий, магний и другие элементы минерального питания растений имеют строго определенное значение в реакциях, протекающих в растениях. Фосфор входит в состав нуклеопротеидов, аденозинфосфатов и других фосфатов, обладающих пирофосфатными связями с большим запасом свободной энергии гидролиза. Он оказывает большое влияние на скорость роста и развитие растений. Калий увеличивает водоудерживающую способность и проницаемость протоплазмы, положительно влияет на синтез хлорофилла, белков, крахмала, жиров, усиливает обмен веществ в растениях. Магний входит в состав хлорофилла, служит катализатором при образовании дифосфорных эфиров, сахаров и других соединений. Такие важнейшие аминокислоты, как цистин, цистеин, метионин, содержат серу, которая участвует в различных окислительно-восстановительных реакциях. Кальций играет важную роль в передвижении углеводов, оказывает влияние на превращение азотистых веществ, ускоряет распад запасных белков семян при прорастании.

Потребность растений в элементах минерального питания к формам их доступности в почве различна и зависит от вида, сорта растений и является предметом изучения агрохимии. Так, оптимальное отношение основных элементов питания азота, калия и фосфора для зерновых равно 1:1:0,5, а для сахарной свеклы — 1:1,7:4,3.

Все приемы регулирования питательного режима сельскохозяйственных культур в земледелии можно разделить на 4 группы: пополнение в почве питательных элементов; создание условий для перевода элементов питания из труднодоступных и недоступных форм в усвояемые растениями; создание условий для лучшего усвоения растениями этих элементов; мероприятия по предотвращению потерь питательных веществ из почвы.

Пополнение почвы питательными веществами осуществляется главным образом путем внесения удобрений. Виды удобрений, сроки, способы и дозы их внесения под различные культуры, а также взаимодействие их с почвой также изучаются агрохимией, а реализация всех этих разработок осуществляется в земледелии при возделывании культур.

Путем чередования на полях возделываемых культур, характеризующихся различной корневой системой, растения могут усваивать питательные элементы из разных горизонтов, слоев и перераспределять их по этим слоям. Так, при возделывании растений с глубокой корневой системой используются питательные вещества из глубоких слоев почвы, а в верхних слоях питательные вещества

остаются и могут быть использованы при последующем возделывании других культур.

Некоторые растения, например донник, горох, люпин, гречиха и др., обладают способностью использовать труднодоступные для других растений соединения фосфора. При разложении растительных остатков этих культур фосфор переходит в доступные формы и может быть использован растениями других видов. Создание условий для превращения питательных веществ из одних форм в другие осуществляется путем обработки почвы, при этом создаются лучшие условия для ее аэрации, что способствует усилению микробиологической деятельности, минерализации органических веществ. Поскольку гумус, растительные остатки и органические удобрения содержат азот, фосфор, калий и другие макро- и микроэлементы, то эти вещества переходят из органической формы в органо-минеральные и минеральные растворимые соединения и, таким образом, могут быть использованы растениями. Многие виды микроорганизмов способствуют использованию труднорастворимых соединений фосфора, растворяя их в различных кислотах, образующихся при разложении органического вещества. Большое значение имеет проведение мероприятий по созданию оптимальных для растений физических свойств почв, реакции почвенного раствора, улучшению водного режима почв.

Имеющиеся в почве питательные вещества могут различными путями теряться и, следовательно, не использоваться растениями. Такие потери связаны с проявлением эрозионных процессов, с вымыванием поверхностными и внутрипочвенными стоками растворимых форм питательных элементов, выносом с полей при уборке урожая (с почвой, приставшей к корнеплодам и клубнеплодам¹). В результате минерализации органического вещества и процессов денитрификации азот переходит в газообразное состояние и, таким образом, теряется. Особенно велики такие потери азота на полях, не покрытых в вегетационный период растительностью. Следовательно, все приемы по сохранению влаги в почве, по борьбе с эрозией почв выполняют и задачу по снижению потерь питательных элементов. Процесс денитрификации интенсивнее протекает на почвах с избыточным увлажнением и плохой аэрацией при нейтральной реакции почвенного раствора. Поэтому повышение аэрации и усиление окислительных процессов в почве, полное использование нитратного и аммиачного азота культурными растениями в течение вегетационного периода уменьшают потери азота.

¹ Расчеты показывают, что с полей ежегодно вывозится более 10,8 млн мелко-зема с картофелем и клубнеплодами, и они, видимо, занижены (Белоцерковский, 1987). В 1985 г. в Московской обл. вместе со свеклой было вынесено 8,8% почвы от всей массы (при урожайности свеклы 422 ц/га это составляло 3,7 т/га).

2. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ПОЧВЕННЫЕ УСЛОВИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ РАСТЕНИЙ

Плодородие почв

С давних пор в сельском хозяйстве человек оценивал почву главным образом с точки зрения способности производить урожай растений. Народнохозяйственное значение почвы в настоящее время как основного средства сельскохозяйственного производства определяется ее плодородием. Плодородие почвы — это способность ежегодно (циклически) обеспечивать урожай (годовую продукцию) зеленых растений. Оно обусловлено специфическим комплексом свойств почвы как природного тела и особенностями ее режимов. При этом под плодородием понимается не только обеспечение растений элементами питания и водой, но и весь комплекс почвенных свойств и процессов, оказывающих влияние на жизнь растений, таких, как реакция среды, концентрация и состав почвенного раствора, окислительно-восстановительный потенциал, плотность сложения почвы, ее структурное состояние, воздушный и тепловой режимы, содержание токсинов и т. д.

Для каждой почвы характерно присущее ей природное, или естественное, плодородие. Оно зависит от природных свойств почвы и обусловлено потенциальными запасами элементов питания растений, содержанием гумуса, реакцией почвенного раствора, водным, воздушным и тепловым режимами и т. д. Естественное плодородие одних почв может быть высоким, других — низким, однако и в том и в другом случае оно определяется характером почвообразовательного процесса, факторами почвообразования.

С момента вовлечения почвы в хозяйственную деятельность человека она становится уже средством труда и может существенно менять свое плодородие. Наряду с естественным почва приобретает искусственное плодородие. Естественное и искусственное плодородие почвы неразрывно связаны между собой и их различают, как правило, только по происхождению. Единство естественного и искусственного плодородия обуславливает потенциальное плодородие почвы. Мерой реализации потенциального плодородия почвы служит эффективное плодородие, количественной характеристикой которого является урожай сельскохозяйственных культур. Однако урожай лишь в ограниченной степени и при определенных условиях может стать мерой ее потенциального плодородия, так как он определяется видом, сортом и развитием возделываемой культуры, погодными условиями, состоянием биоты (сорняков, вредителей, болезней растений), организационными мероприятиями (временем обработки почвы и качеством обработки, сроками сева и др.). Поэтому поддержание или повышение потенциального плодородия почвы не всегда ведет к росту эффективного плодородия.

Под воспроизводством плодородия почвы подразумевается поддержание на необходимом уровне потенциального плодородия, путем воспроизводства искусственного плодородия. Расширенное вос-

производство плодородия почвы означает повышение потенциального плодородия целенаправленным регулированием искусственного плодородия (главным образом путем мелиораций). Расширенное воспроизводство плодородия почвы само по себе еще не является гарантией прогрессивного роста урожаев, т. е. роста эффективности производства. Оно является необходимым, но недостаточным условием роста ее эффективного плодородия, поскольку важнейшее значение при этом имеет фактическая реализация потенциального плодородия почвы в каждый конкретный год.

Почвенное плодородие имеет не абсолютное, а лишь относительное значение в приложении к определенному виду и сорту растений. Одна и та же почва может быть очень плодородной в отношении одних видов растений и мало плодородной для других. Поэтому сопоставлять разные почвы по плодородию и оценивать его динамику во времени можно лишь по отношению к одним и тем же растениям или фитоценозам.

В природных условиях в результате почвообразовательного процесса естественное плодородие почв непрерывно возрастает от практического нуля на стадии почвообразующей породы до какого-то оптимума (максимума) на стадии полноразвитой почвы, находящейся в равновесии с окружающей средой. При переходе природных экосистем из одного равновесного состояния в другое может отмечаться дальнейшее нарастание почвенного плодородия или же его снижение, например, при развитии процессов засоления, оглеения почв (при оценке почвенного плодородия по биологической продуктивности — объема биомассы, продуцируемой в единицу времени на единице площади). В природном процессе почвообразования постоянно имеет место воспроизводство почвенного плодородия в годичном цикле развития растительности и под влиянием растительности, и поэтому в геологическом цикле постоянно накапливается потенциальное плодородие, т. е. происходит расширенное воспроизводство почвенного плодородия в рамках прогрессивной эволюции почв.

При вовлечении почв в производство нарушаются сложившиеся природные связи — часть биологической продукции изымается, а с ней и выносятся ряд веществ, нарушаются почвенные режимы и т. д. Это требует постоянного восполнения почвенных резервов, поддержания плодородия почв и его воспроизводства. Плодородие почвы при землепользовании возрастает только в том случае, если правильно обращаться с ней.

На основе экономического анализа тяжелого состояния земледелия в XVIII в. французский экономист А. Тюрго сформулировал закон убывающего плодородия почв, суть которого заключается в том, что каждое добавочное вложение труда в землю сопровождается не соответствующей, а уменьшающейся прибавкой добываемого продукта. Этот закон впоследствии был использован английским теологом Мальтусом для аргументации реакционного положения о якобы опережающем росте народонаселения по сравнению с ростом производства продовольствия. Закон Тюрго является эко-

номическим законом, а не законом природы: он подразумевает отношение плодородия почвы к вкладываемому в земледелие труду и капиталу и не касается природных процессов воспроизводства почвенного плодородия. К тому же он может быть применим лишь в ограниченной области и не действует, когда прогрессирует развитие науки, техники, вся система земледелия.

В связи с этим для поддержания и воспроизводства плодородия почвы в первую очередь необходимо выполнять на практике установленные законы земледелия, путем прогрессивного наращивания искусственного плодородия обеспечивать расширенное воспроизводство потенциального плодородия почвы и путем прогрессивного совершенствования сельскохозяйственной технологии обеспечить рост эффективного плодородия, т. е. максимально возможную на данном уровне исторического развития реализацию потенциального плодородия почв. Решение этих задач определяет эффективность земледелия и экологическую стабильность окружающей среды.

При проведении различных мелиораций почв повышается ее потенциальное плодородие и тем самым обеспечивается расширенное воспроизводство почвенного плодородия и создается основа для роста эффективного плодородия, которое может проявиться лишь при прогрессирующей технологии производства сельскохозяйственных растений. Предпосылкой такой реализации должны служить потенциальные возможности возделываемых культур. В настоящее время они таковы, что при удовлетворении всех их потребностей и создании для них самых благоприятных, оптимальных условий произрастания урожайность сельскохозяйственных культур может быть увеличена в 3—5 раз по сравнению со средней урожайностью в мире. Положение Тюрго опровергается самим развитием общества. С тех пор как было высказано утверждение о «законе убывающего плодородия почвы», рост населения в мире составлял 2% в год, а производство сельскохозяйственной продукции возрастало в среднем на 2,5%.

Урожай не может служить полной мерой потенциального плодородия, поскольку рост потенциального плодородия не всегда означает рост эффективного (последний зависит от сорта, вида культуры, сроков сева и других причин). Потенциальное плодородие снижается очень часто, хотя оно маскируется ростом эффективного плодородия (например, в первые годы орошения земель минерализованными водами). Приемами повышения искусственного плодородия, а следовательно, и потенциального являются химические мелиорации (известкование, гипсование, кислотование), орошение, осушение, лесомелиорация, культуртехническая мелиорация, глубокая вспашка, последствие которых сказывается в течение ряда последующих лет на урожайности возделываемых культур. Приемами повышения эффективного плодородия служат подбор высокоурожайных сортов растений, чередование культур на полях, подбор оптимальных сроков сева, поверхностная обработка почвы, борьба с сорными растениями, организация труда (арендный, бригадный подряд и др.).

Непосредственная связь между уровнем плодородия почв, характеризующимся определенными агрофизическими, агрохимическими, физико-химическими показателями, и эффективным плодородием, выражаемым в урожайности возделываемых культур для некоторых типов почв, хорошо иллюстрируется данными табл. 10.

Количественно оценить плодородие почв весьма трудно. Однако такие попытки учеными предпринимаются. Б. А. Никитин (1985) все виды плодородия предлагает измерять условными единицами. При этом одна единица плодородия соответствует количеству элементов питания, которое необходимо для создания всей биомассы озимой ржи при урожае 1 ц/га сухого вещества зерна. На это расходуется в среднем 5 кг азота, 4,1 кг калия и 0,9 кг фосфора (в элементах). Эти цифры предлагается использовать в качестве эталонных при пересчете продуктивности различных культур в единицы плодородия. Очевидно, что такой подход отражает, да и то не в полной мере, лишь эффективное плодородие почв.

Более полную оценку плодородия почв предлагает И. И. Карманов (1985). Им разработана следующая основная формула расчета почвенно-экологических индексов, предназначенная для целей оценки плодородия почв в количественных единицах (ПЭи):

$$\text{ПЭи} = 12,5 (2 - y) \cdot n \frac{\sum t^{\circ} > 10^{\circ} \cdot (КУ - 0,05)}{КК + 100},$$

где y — плотность сложения почвы в среднем для слоя 0—100 см; n — «полезный» (безбалластный, т. е. за вычетом объема почвы, занятой крупнозернистым 1 мм материалом) объем почвы в слое 0—100 см в долях единицы от общего объема почвы; $\sum t^{\circ} > 10^{\circ}$ — среднегодовая сумма активных температур выше 10°C ; КУ — коэффициент увлажнения (по Иванову); КК — коэффициент континентальности, определяемый по несколько видоизмененной формуле Иванова

$$КК = 360 \frac{(t_{\max}^{\circ} - t_{\min}^{\circ})}{\varphi + 10},$$

где $t_{\max}^{\circ}$ и $t_{\min}^{\circ}$ — среднемесячные температуры самого теплого и самого холодного месяцев года, φ — широта местности. Величина 12,5 введена в формулу, чтобы привести определенную совокупность показателей к экологическому индексу, равному 100.

При расчете по этой формуле за 100 был принят почвенно-экологический индекс для черноземов центральной части Краснодарского края ($y=1,20$; $n=1,00$, $\sum t^{\circ} > 10^{\circ}\text{C}=3500^{\circ}\text{C}$; КУ=0,80; КК=162). Почвенно-экологические индексы, рассчитанные по этой формуле, соответствуют почвам со средним содержанием подвижных форм фосфора и калия. Для почв с повышенным или пониженным содержанием этих элементов И. И. Карманов предлагает вводить соответствующую поправку на основании анализа данных по связям между содержанием подвижных форм питательных элементов и урожайностью сельскохозяйственных культур.

Оценка уровня плодородия по значениям ряда показателей свойств почв в производственных условиях затруднена тем, что различные агрохимические, физические и другие свойства в каждом отдельном случае находятся на разном уровне: одни — на оптимальном, другие — на критическом, третьи — на уровне средних показателей и могут меняться во времени.

Почвенные условия среды обитания растений

Рост и развитие сельскохозяйственных растений обусловлены не только наличием в достаточной степени рассмотренных выше факторов жизни растений, но и теми условиями, в которых они произрастают и которые определяют наиболее полное использование растениями этих факторов. Все эти условия можно разделить на три группы: почвенные, т. е. особенности, свойства и режимы конкретных почв, отдельных почвенных участков, на которых возделываются сельскохозяйственные культуры; климатические — количество и режим выпадающих осадков, температурные, погодные условия отдельных сезонов, особенно вегетационного периода; организационные — уровень агротехники, сроки и качество проведения полевых работ, выбор для возделывания тех или иных культур, порядок их чередования на полях и т. п.

Каждая из этих трех групп условий может быть решающей в получении конечной продукции возделываемых культур в виде ее урожая. Однако если учитывать, что средние многолетние климатические условия характерны для данной местности, что земледелие ведется на высоком или среднем уровне агротехники, то становится очевидным, что определяющим условием формирования урожая становятся почвенные условия, свойства и режимы почв.

Основными свойствами почв, с которыми тесно связаны рост и развитие отдельных сельскохозяйственных растений, являются химические, физико-химические, физические, водные свойства. Они обусловлены минералогическим и гранулометрическим составом, генезисом почв, неоднородностью почвенного покрова и отдельных генетических горизонтов и имеют определенную динамику во времени и пространстве. Конкретное знание этих свойств, преломление их через требования самих сельскохозяйственных культур, позволяет дать правильную агрономическую оценку почвы, т. е. оценить ее с точки зрения условий возделывания растений, проводить необходимые мероприятия по улучшению их применительно к отдельным сельскохозяйственным культурам или к группе культур.

Среди химических и физико-химических свойств почв первостепенное значение для развития культурных растений и формирования урожая имеют содержание в почве гумуса, реакция почвенного раствора, содержание подвижных форм алюминия и марганца, общие запасы и содержание легкодоступных для растений элементов питания, содержание в почве легкорастворимых солей и поглощенного натрия в токсичных для растений количествах и др.

Гумус играет важную и разностороннюю роль в формировании агрономических свойств почв: он выступает как источник элементов питания растений и прежде всего азота, оказывает влияние на реакцию почвенного раствора, емкость катионного обмена, буферную способность почвы. С содержанием гумуса связана интенсивность деятельности полезной для растений микрофлоры. Общеизвестно значение органического вещества почвы в улучшении ее структурного состояния, формировании агрономически ценной структуры — водопрочных пористых агрегатов, в улучшении водного и воздушного режимов почв. Работами многих исследователей выявлена прямая зависимость между содержанием в почвах гумуса и урожайностью сельскохозяйственных культур.

Одним из важнейших показателей состояния почвы и пригодности ее для возделывания культур является реакция почвенного раствора. В почвах различного типа и степени окультуренности кислотность и щелочность почвенного раствора варьируют в очень широких пределах. Различные сельскохозяйственные культуры неодинаково реагируют на реакцию почвенного раствора и лучше всего развиваются при каком-то определенном интервале рН (табл. 11).

Таблица 11

Интервалы рН, благоприятные для развития различных сельскохозяйственных культур

Растения	Интервал рН	Растения	Интервал рН
Пшеница озимая	6,3—7,5	Овес	5,5—7,5
Пшеница яровая	6,0—7,3	Клевер	6,0—7,0
Ячмень	6,0—7,5	Люпин	4,6—6,0
Картофель	4,5—6,3	Люцерна	7,2—8,0
Кукуруза	6,0—7,5	Просо	5,5—7,5
Подсолнечник	6,0—6,8	Хлопчатник	6,5—7,3
Рожь	5,0—7,7	Гречиха	4,7—7,5
Лен	5,5—6,5	Чайный куст	4,0—6,0

Большинство возделываемых сельскохозяйственных растений успешно произрастают при реакции почвенного раствора, близкой к нейтральной. К ним относятся пшеница, кукуруза, клевер, свекла, из овощных — лук, салат, огурцы, фасоль. Картофель предпочитает слабокислую реакцию, брюква хорошо растет на кислых почвах. Нижняя граница реакции почвенного раствора для произрастания гречихи, чайного куста, картофеля находится в пределах рН 3,5—3,7. Верхняя граница роста, по данным Д. Н. Прянишникова, для овса, пшеницы, ячменя находится в пределах рН почвенного раствора 9,0, для картофеля и клевера — 8,5, люпина — 7,5. Такие культуры, как просо, гречиха, озимая рожь, могут успешно развиваться в довольно широком интервале значений реакции почвенного раствора.

Неодинаковая требовательность сельскохозяйственных культур к реакции почвенного раствора не позволяет считать оптимальным какой-то единый интервал рН для всех почв и всех видов сельскохозяйственных культур. Однако регулировать рН почв применительно к каждой отдельной культуре практически невозможно, особенно при их чередовании на полях. Поэтому условно выбирают тот интервал рН, который близок к требованиям главных культур зоны и обеспечивает наилучшие условия доступности элементов питания для растений. В Германии таким интервалом принят диапазон 5,5—7,0, в Англии — 5,5—6,0 (Орлов, 1985).

В течение роста и развития растений отношение их к реакции почвенного раствора несколько изменяется. Наиболее чувствительны они к отклонениям от оптимального интервала в ранней фазе своего развития. Так, кислая реакция наиболее губительна в первый период жизни растений и становится менее вредной или вообще безвредной в последующие периоды. Для тимopheевки наиболее чувствительный период к кислой реакции около 20 сут после прорастания, для пшеницы и ячменя — 30, для клевера и люцерны — около 40 сут.

Непосредственное влияние кислой реакции на растения связано с ухудшением синтеза в них белковых веществ и углеводов, накоплением большого количества моносахаридов. Процесс превращения последних в дисахариды и другие более сложные соединения задерживается. Кислая реакция почвенного раствора ухудшает питательный режим почвы. Наиболее благоприятная реакция для усвоения растениями азота рН 6—8, калия и серы — 6,0—8,5, кальция и магния — 7,0—8,5, железа и марганца — 4,5—6,0, бора, меди и цинка — 5—7, молибдена — 7,0—8,5, фосфора — 6,2—7,0. В кислой среде фосфор связывается в труднодоступные формы.

Высокий уровень содержания в почве питательных элементов ослабляет отрицательное действие кислой реакции. Фосфор физиологически «нейтрализует» вредное действие водородных ионов в самом растении. Действие реакции почв на растения зависит от содержания в почве растворимых форм кальция, чем его больше, тем меньший вред повышенной кислотности.

Кислая реакция вызывает подавление деятельности полезной микрофлоры и часто активизирует вредную микрофлору в почве. Резкое подкисление почвы сопровождается подавлением процесса нитрификации и, следовательно, тормозит переход азота из недоступного в доступное для растений состояние. При рН меньше 4,5 клубеньковые бактерии перестают развиваться на корнях клевера, а на корнях люцерны они прекращают свою деятельность уже при рН, равном 5. В почвах с повышенной кислотностью или щелочностью резко замедляется, а затем и полностью прекращается деятельность азотфиксирующих, нитрифицирующих бактерий и бактерий, способных переводить фосфор из недоступных и труднодоступных форм в усвояемые, легкодоступные для растений. В результате этого уменьшается накопление биологически связанного азота, а также доступных соединений фосфора.

Особенно тесно связана реакция среды с подвижными формами в почве алюминия и марганца. Чем кислее почва, тем больше в ней подвижных алюминия и марганца, которые отрицательно влияют на рост и развитие растений. Вред от алюминия в подвижной его форме по своим размерам часто превосходит вред, вызываемый непосредственно актуальной кислотностью, ионами водорода. Алюминий нарушает у растений процессы закладывания генеративных органов, оплодотворения и налива зерна, а также обмена веществ. В растениях, выращенных на почвах с большим содержанием подвижного алюминия, часто уменьшается содержание сахаров, тормозится превращение моносахаров в сахарозу и более сложные органические соединения, резко увеличивается содержание небелкового азота и самих белков. Подвижный алюминий задерживает образование фосфотидов, нуклеопротенидов и хлорофилла. Он связывает в почве фосфор, отрицательно влияет на жизнедеятельность полезных для растений микроорганизмов.

Растения обладают разной чувствительностью к содержанию в почве подвижного алюминия. Одни без вреда переносят относительно высокие концентрации этого элемента, а другие при тех же концентрациях погибают. Высокой стойкостью к подвижному алюминию обладают овес, тимофеевка, средней — кукуруза, люпин, просо, чумиза, повышенной чувствительностью характеризуются яровая пшеница, ячмень, горох, лен, турнепс и наиболее чувствительны — свекла сахарная и кормовая, клевер, люцерна, озимая пшеница.

Количество подвижного алюминия в почве находится в большой зависимости от степени ее окультуренности и от состава применяемых удобрений. Систематическое известкование почв, применение органических удобрений приводят к уменьшению и даже полному исчезновению подвижного алюминия в почвах. Высокий уровень обеспеченности растений фосфором и кальцием в первые 10—15 дней, когда растения наиболее чувствительны к алюминию, существенно ослабляет его отрицательное действие. В этом, в частности, заключается одна из причин высокого эффекта рядкового внесения суперфосфата и известки на кислых почвах.

Марганец относится к числу элементов, необходимых растениям. В ряде почв его не хватает, и в этом случае вносятся марганцевые удобрения. В кислых же почвах марганца содержится часто в избыточном количестве, что вызывает его отрицательное действие на растения. Большое количество подвижного марганца нарушает в растениях углеводный, фосфатный и белковый обмен, отрицательно влияет на закладывание генеративных органов, процессы оплодотворения, а также налива зерна. Особенно сильное отрицательное действие подвижного марганца наблюдается во время зимовки растений. Культурные растения по их восприимчивости к содержанию в почве подвижного марганца располагаются в том же порядке, что и по отношению к алюминию. Высокоустойчивыми являются тимофеевка, овес, кукуруза, люпин, просо, турнепс; чувствительными — ячмень, яровая пшеница, гречиха, репа, фасоль,

свекла столовая; высокочувствительными — люцерна, лен, клевер, рожь озимая, пшеница озимая. У озимых культур высокая чувствительность проявляется лишь в период их зимовки.

Количество подвижного марганца зависит от кислотности почвы, ее влажности и аэрации. Как правило, чем кислее почва, тем больше в ней содержится марганца в подвижной форме. Резко увеличивается его содержание в условиях избыточной влажности и плохой аэрации почв. Именно поэтому особенно много подвижного марганца содержится в почвах ранней весной и осенью, когда влажность наиболее высокая, летом количество подвижного марганца уменьшается. Чтобы устранить избыток марганца, почвы известкуют, вносят органические удобрения, суперфосфат в рядки и лунки, устраняют избыточное увлажнение почвы.

Во многих северных районах имеются ожелезненные солончаковые почвы и солончаки, в которых содержатся высокие концентрации железа. Наиболее вредны для растений высокие концентрации в почвах оксида железа (III). Сельскохозяйственные растения по-разному реагируют на высокие концентрации валового содержания оксида железа (III). Содержание его до 7% практически не влияет на рост и развитие растений. На ячмень не оказывает отрицательного влияния содержание F_2O_3 даже в количестве 35%. Поэтому, когда в пахотный горизонт вовлекаются ортзандровые горизонты, содержащие, как правило, не более 7% оксида железа (III), это не оказывает отрицательного действия на развитие растений. В то же время рудяковые новообразования, содержащие значительно больше оксида железа, вовлекаемые в пахотный горизонт, например при его углублении, и увеличивающие содержание оксида железа в нем более чем на 35%, отрицательное действие могут оказать на рост и развитие сельскохозяйственных культур из семейства астровых (сложноцветных) и бобовых.

Вместе с тем следует иметь в виду, что почвы с высоким содержанием в автоморфных условиях оксида железа (III), не оказывающего отрицательного действия на рост и развитие растений, являются потенциально опасными при избыточном увлажнении этих почв. В таких условиях оксиды железа (III) могут переходить в форму оксида железа (II). Поэтому в таких почвах недопустимо, чтобы избыточное увлажнение, затопление почв превышало свыше 12 ч для зерновых культур, 18 — для овощных, для трав — 24—36 ч (Зайдельман, 1975).

Таким образом, содержание оксидов железа (III) в почвах безвредно для растений в условиях оптимального увлажнения. Однако во время и после затопления таких почв они могут служить источником поступления в почвенный раствор значительных количеств оксида железа (II), которые вызывают угнетение растений или даже их гибель.

Среди физико-химических свойств почв, влияющих на рост и развитие растений, большое влияние оказывают состав обменных катионов и емкость катионного обмена. Обменные катионы являются непосредственными источниками элементов минерального пи-

тания растений, обуславливают физические свойства почв, ее пептизируемость или агрегированность (обменный натрий вызывает образование почвенной корки, ухудшает структурное состояние почвы, в то время как обменный кальций способствует формированию водопрочной структуры и ее агрегированности). Состав обменных катионов в различных типах почв изменяется в широких пределах, что обусловлено процессом почвообразования, водно-солевым режимом и хозяйственной деятельностью человека. Практически все почвы в составе обменных катионов содержат кальций, магний, калий. В почвах с промывным режимом и кислой реакцией присутствуют ионы водорода и алюминия, в почвах засоленного ряда — натрий.

Содержание натрия в почвах (солонцах, многих солончаках, солонцеватых почвах) способствует повышению дисперсности и гидрофильности твердой фазы почвы, часто сопровождающейся увеличением щелочности почв, если имеются условия для отдиссоциации обменного натрия. При наличии большого количества в почвах легкорастворимых солей, когда диссоциация обменных катионов подавлена, даже высокое содержание обменного натрия не приводит к появлению признаков солонцеватости. Однако в таких почвах высока потенциальная опасность осолонцевания, которая может реализоваться, например, при орошении или промывках, когда удаляются легкорастворимые соли.

Сложившийся в естественных условиях состав обменных катионов может существенно изменяться при сельскохозяйственном использовании почв. Большое влияние на состав обменных катионов оказывают внесение минеральных удобрений, орошение почв и их осушение, отражающееся на солевом режиме почв. Целенаправленное регулирование состава обменных катионов осуществляют при гипсовании и известковании.

В южных районах почвы могут содержать различное количество легкорастворимых солей. Многие из них являются токсичными для растений. Это карбонаты и бикарбонаты натрия и магния, сульфаты и хлориды магния и натрия. Особенно токсична сода при содержании в почвах даже в небольших количествах. Легкорастворимые соли влияют на растения по-разному. Одни из них препятствуют плодобразованию, нарушают нормальное течение биохимических процессов, другие разрушают живые клетки. Кроме того, все соли повышают осмотическое давление почвенного раствора, вследствие чего может возникнуть так называемая физиологическая сухость, когда растения не способны усваивать влагу, имеющуюся в почве.

Основным критерием солевого режима почв является состояние произрастающих на них сельскохозяйственных культур. По этому показателю почвы разделяются на пять групп по степени засоления (табл. 12). Определение степени засоления проводится по содержанию в почве легкорастворимых солей в зависимости от типа засоления почвы.

Среди пахотных почв, особенно в таежно-лесной зоне, широко

Степень засоления почв и урожайность растений
(по Н. И. Базилевич, Е. И. Панковой, 1968)

Степень засоления почв	Состояние растений	Урожай растений в процентах от устойчивого на незасоленных почвах
Незасоленные	Хорошее	100
Слабозасоленные	Слабоугнетенное	80
Среднезасоленные	Угнетенное	50
Сильнозасоленные	Сильноугнетенное	30
Очень сильнозасоленные	Очень сильноугнетенное или почти полная гибель	0—10

распространены почвы разной степени заболоченности, гидроморфные и полугидроморфные минеральные почвы. Общей особенностью таких почв является систематическое различное по продолжительности избыточное их увлажнение. Чаще всего оно носит сезонный характер и наблюдается весной или осенью и реже летом при продолжительных дождях. Различают переувлажнение, связанное с воздействием грунтовых или поверхностных вод. В первом случае избыточное увлажнение обычно затрагивает нижние горизонты почв, а во втором — верхние. Для полевых культур наибольший вред наносит поверхностное увлажнение. Как правило, урожай озимых культур на таких почвах во влажные годы снижается, особенно при низкой степени окультуренности почв. В засушливые годы при недостаточном увлажнении в целом за вегетационный период на таких почвах могут быть и более высокие урожаи. Для яровых культур, особенно овса, кратковременное увлажнение не оказывает отрицательного влияния, а иногда при этом отмечаются более высокие урожаи.

Избыточное увлажнение почв вызывает в них развитие глеевых процессов, с проявлением которых связано возникновение в почвах ряда неблагоприятных свойств для сельскохозяйственных растений. Развитие оглеения сопровождается восстановлением окислов железа (III) и марганца и накоплением их подвижных соединений, отрицательно влияющих на развитие растений. Установлено, что если в нормально увлажненной почве содержится 2—3 мг подвижного марганца на 100 г почвы, то при длительном избыточном увлажнении его содержание достигает 30—40 мг, что уже токсично для растений. Избыточно увлажненные почвы характеризуются накоплением сильногидратированных форм железа и алюминия, которые являются активными адсорбентами фосфат-ионов, т. е. в таких почвах резко ухудшается фосфатный режим, что выражается в очень низком содержании легкодоступных для растений форм фосфатов и в быстром превращении доступных и растворимых фосфатов фосфорных удобрений в труднодоступные формы.

В кислых почвах избыточное увлажнение способствует повышению содержания подвижного алюминия, который, как уже отмечалось, весьма отрицательно влияет на растения. Кроме того, из-

быточное увлажнение способствует накоплению в почвах низкомолекулярных фульвокислот, ухудшает условия воздухообмена в почвах, а следовательно, нормальное снабжение корней растений кислородом и нормальную жизнедеятельность полезной аэробной микрофлоры.

Верхним пределом влажности почв, обуславливающим неблагоприятные эколого-гидрологические условия произрастающих растений, обычно считается влажность, соответствующая ППВ (предельной полевой влагоемкости, т. е. максимальному количеству влаги, которое однородная или слоистая почва может удержать в относительно неподвижном состоянии после полного обводнения и свободного стекания гравитационной воды при отсутствии испарения с поверхности и тормозящего на сток грунтовых вод или верховодки). Избыточное увлажнение опасно для растений не поступлением гравитационной влаги в почву, а прежде всего и главным образом нарушением газообмена корнеобитаемых слоев и резким ослаблением их аэрации. Воздухообмен и перемещение кислорода в почве могут происходить при содержании воздухоносных пор в почве, равном 6—8%. Такое содержание воздухоносных пор в почвах различного генезиса и состава имеет место при самых различных значениях влажности, как превышающих значения ППВ, так и ниже этого значения. В связи с этим критерием оценки экологически избыточного увлажнения почв можно считать влажность, равную полной вместимости всех пор за вычетом 8% для пахотных горизонтов и 6% для подпахотных (Зайдельман, 1985).

За нижний предел влажности почв, тормозящий рост и развитие растений, принимается влажность устойчивого завядания растений, хотя такое торможение может отмечаться и при более высокой влажности, чем влажность завядания растений. Для многих почв качественное изменение доступности влаги для растений соответствует 0,65—0,75 ППВ. Поэтому в общем виде считается, что диапазон оптимального содержания влаги для развития растений соответствует интервалу от 0,65—0,75 ППВ до ППВ.

Среди физических свойств почв большое значение для нормального развития растений имеют плотность сложения почвы и структурное ее состояние. Оптимальные значения плотности почв различны для разных растений и зависят также от генезиса и свойств почв. Для большинства культур оптимальные значения плотности сложения почв соответствуют значениям 1,1—1,2 г/см³ (табл. 13). Слишком рыхлая почва может повредить молодые корни в момент ее естественной усадки, слишком плотная — препятствует нормальному развитию корневой системы растений. Агрономически ценной структурой считается такая, когда почва представлена агрегатами размером 0,5—5,0 мм, которые характеризуются водопрочной и пористой структурой. Именно в такой почве могут быть созданы наиболее оптимальные воздушные и водные условия для произрастания растений. Оптимальное содержание в почве воды и воздуха для большинства растений составляет примерно 75 и 25% соответственно от общей порозности почвы, которая в свою очередь

**Оптимальная плотность сложения пахотного горизонта почв
для различных сельскохозяйственных культур, г/см³
(по А. Г. Бондареву, В. В. Медведеву, 1980)**

Показатель	Оптимальный интервал
Культурная свежеспаханная пашня	1,00—1,40
То же по отношению к сельскохозяйственным культурам в средние по увлажнению годы	
Дерново-подзолистые тяжело- и среднесуглинистые почвы	
зерновые колосовые	1,10—1,40
кукуруза	1,10—1,20
кормовые бобы	1,10—1,30
картофель	1,00—1,20
Дерново-подзолистые легкосуглинистые и супесчаные почвы	
зерновые колосовые	1,25—1,35
кукуруза	1,10—1,45
Черноземы типичные, оподзоленные, серые лесные почвы тяжело- и среднесуглинистые	
зерновые колосовые	1,05—1,30
сахарная свекла	1,00—1,26
Черноземы типичные, оподзоленные, серые лесные почвы легкосуглинистые	
зерновые колосовые	1,10—1,40
Черноземы обыкновенные, южные, каштановые почвы тяжело- и легкосуглинистые	
зерновые колосовые	1,05—1,30
кукуруза	1,05—1,30
Сероземы	
хлопчатник	1,20—1,40

может изменяться во времени и зависит от природных условий, обработок почвы. Оптимальные значения общей порозности для пахотных горизонтов почв составляют 55—60% от объема почвы.

Изменения плотности сложения почвы, ее агрегированности, содержание химических элементов, физико-химические и другие свойства почв различны в отдельных горизонтах почв, что связано в первую очередь с генезисом почв, а также хозяйственной деятельностью человека. Поэтому с агрономической точки зрения важно, каково строение почвенного профиля, наличие определенных генетических горизонтов, их мощность.

Верхний горизонт пахотных почв (пахотный горизонт), как правило, больше обогащен гумусом, содержит больше элементов питания растений, особенно азота, характеризуется более активной микробиологической деятельностью по сравнению с нижележащими горизонтами. Под пахотным горизонтом расположен горизонт, часто обладающий рядом неблагоприятных для растений свойств (так, подзолистый горизонт имеет кислую реакцию, солонцовый горизонт содержит большое количество токсичного для растений поглощенного натрия и т. п.) и в целом с более низким плодородием, чем верхний горизонт. Поскольку свойства этих горизонтов

резко различны с точки зрения условий развития сельскохозяйственных растений, то понятно, насколько большее значение для развития растений имеют мощность верхнего горизонта и его свойства. Особенностью развития культурных растений является и то, что почти вся их корневая система сосредоточена в пахотном слое: от 85 до 99% всей корневой системы сельскохозяйственных растений на дерново-подзолистых почвах, например, сосредоточена в пахотном слое и почти более 99% развивается в слое до 50 см. Поэтому урожай сельскохозяйственных культур во многом определяется прежде всего мощностью и свойствами пахотного слоя. Чем мощнее пахотный горизонт, тем больший объем почвы с благоприятными свойствами охватывает корневая система растений, тем в лучших условиях обеспечения элементами питания и влаги они находятся.

Для устранения свойств почв, неблагоприятных для роста и развития растений, все агротехнические и другие мероприятия, как правило, на каждом конкретном поле проводятся однотипно. Это в определенной степени позволяет создавать одни и те же условия для произрастания растений, равномерного их созревания и одновременной уборки урожая. Однако даже при высокой организации всех работ практически трудно достигнуть того, чтобы на всей территории поля все растения были в одной и той же стадии развития. Это особенно касается почв таежно-лесной и сухостепной зон, где особенно сильно проявляются неоднородность, комплексность почвенного покрова. Такая неоднородность в первую очередь связана с проявлением природных процессов, факторов почвообразования, неровностями рельефа. Хозяйственная деятельность человека, с одной стороны, способствует выравниванию пахотного горизонта почв по своим свойствам на данном поле в результате обработки почв, внесения удобрений, возделывания на данном поле одной культуры в течение вегетационного периода, а следовательно, и одних и тех же приемов ухода за растениями. С другой стороны, хозяйственная деятельность в определенной степени также способствует созданию неоднородности пахотного горизонта по тем или иным свойствам. Это связано с неравномерностью внесения в первую очередь органических удобрений (связанное с отсутствием достаточного количества техники для равномерного его распределения по полю); с обработкой почвы, когда образуются свальные гребни и развальные борозды, когда различные участки поля находятся в различном состоянии влажности (часто не в оптимальном для обработки); с неравномерной глубиной обработки почвы и т. д. Исходная неоднородность почвенного покрова в первую очередь обуславливает схему нарезки полей именно с учетом различий свойств и режимов различных его участков.

Свойства почв меняются в зависимости от применяемых агротехнических приемов, характера проведения мелиоративных работ, вносимых удобрений и т. д. Исходя из этого, в настоящее время под оптимальными параметрами почв понимается такое сочетание количественных и качественных показателей свойств и режимов

почв, при котором могут быть максимально использованы все жизненно важные для растений факторы и наиболее полно реализованы потенциальные возможности выращиваемых сельскохозяйственных культур при наивысшем их урожае и качестве.

Рассмотренные выше свойства почв обусловлены их генезисом и хозяйственной деятельностью человека, и они в совокупности и во взаимосвязи определяют такую важную характеристику почвы, как ее плодородие.

3. АГРОФИТОЦЕНОЗ И ЕГО ОТЛИЧИЯ ОТ ЕСТЕСТВЕННОГО ФИТОЦЕНОЗА

Агрофитоценоз — это сообщество культурных растений, возделываемых на полях, и сорных растений, произрастающих здесь же помимо воли человека (греч. «агро» — «поле», «фитоценоз» — «растительное сообщество»). Агрофитоценоз в каждом году представлен преимущественно одним видом растений или несколькими (6—10 видов) в случае возделывания кормовых культур.

В отличие от агрофитоценозов естественный фитоценоз представлен видами растений, естественно приспособленных друг к другу, и каждое такое сообщество отражает своеобразие данного местообитания, данного конкретного почвенного покрова. Поверхность последнего в течение всего вегетационного периода защищена растениями, которые сохраняют почву от действия солнечного излучения, ветра, проявления эрозионных процессов. Естественные фитоценозы более многообразны, чем агрофитоценозы. По данным В. В. Алехина, в фитоценозах Стрелецкой степи Курской обл. на 1 м² целинного чернозема обнаружено более 80 видов растений.

Растения, входящие в состав естественного сообщества, характеризуются многообразными связями как внутри фитоценозов, биоценозов, так и между последними и абиотической средой, что делает их более устойчивыми, чем растения в агрофитоценозах. Растения, входящие в состав естественного сообщества, хорошо уживаются, приспособляются к взаимному сосуществованию. Глубокоукореняющиеся виды растений произрастают рядом с мелкоукореняющимися; обогащающие почву азотом и органическим веществом — рядом с видами, потребляющими эти вещества; высокие — рядом с низкорослыми. Густота стояния растений и площадь покрытия растениями почвы максимально возможные, ярусное расположение видов растений в растительном покрове и их корневых систем, а также вегетация на протяжении всего теплого периода **времени года** позволяют растениям максимально использовать поступающую солнечную энергию. При установившемся динамическом равновесии система почва — растения продуктивность почвы, измеряемая годовым приростом ее растительного покрова (биомасы), соответствует ее естественному плодородию.

Из таких растительных сообществ человек когда-то отобрал определенные виды дикорастущих растений и создал из них куль-

турные. В агроэкосистемах большая часть культур однолетние, посевы которых ежегодно возобновляются, в силу чего экологические связи каждый раз нарушаются и создаются заново, что обостряет проблему их устойчивости. Поэтому агроэкосистемы нуждаются в специальных мерах по поддержанию их устойчивости и продуктивности. В агрофитоценозах, как правило, отсутствует ярусность и, за исключением посевов многолетних трав, почва до посева однолетних культур и после уборки их урожая не используется, что может в отдельных районах составлять до 40% теплого вегетационного периода года. Культурные растения предъявляют высокие требования к почвам. Свойства целинных почв не в полной мере соответствуют потребностям культурных растений. Даже самые лучшие по многим агрономическим показателям черноземы не могут в полной мере удовлетворять культурные растения в воде и питательных элементах. Необходимо проводить комплекс специальных агротехнических мероприятий по повышению искусственного и эффективного плодородия почвы, чтобы привести их в соответствие с требованиями культурных растений.

В условиях проявления малого биологического круговорота веществ в естественном фитоценозе все элементы минерального питания и образующаяся биомасса растений остаются в пределах БГЦ, за исключением той части, которая вовлекается в большой геологический круговорот веществ. При возделывании культурных растений чаще всего создается большая биомасса растений, значительная часть которой выносятся за пределы поля с урожаем, а вместе с ней и многие химические элементы (табл. 14). Сельскохозяйственные растения в сильной степени различаются по биологической продуктивности. В ряде случаев выращиваются малопродуктивные по биомассе культуры, продукция которых необходима человеку, например лен.

Все основные химические элементы организмов обычно циркулируют в биогеоценозе по характерным путям из внешней среды в организмы и опять во внешнюю среду. Участвуя в круговороте, некоторые элементы и вещества могут из него выбывать. Это в значительной степени зависит от относительной подвижности каждого отдельного химического элемента. Так, кальций и азот очень подвижны и могут легко выноситься из биологического круговорота веществ. Однако кальций прочнее удерживается в почве, чем азот. Сама растительность служит мощным регулятором удержания различных элементов в круговороте веществ.

Характер круговорота элементов питания растений в тропиках, особенно влажных, и в северном умеренном поясе различен по ряду важных признаков. В умеренном поясе большая часть органических веществ и доступных элементов питания находится в почвах; в тропиках же гораздо больший процент этих веществ содержится в живой биомассе и циркулирует в пределах органической части экосистемы, чему способствуют различные биологические связи между растениями и микроорганизмами, удерживающими элементы питания. При разложении органического вещества в условиях

Т а б л и ц а 14

Ежегодный прирост и потребление химических элементов в природных и культурных фитоценозах
(по Л. Е. Родину, Н. И. Базилевич, 1965)

Природная зона	Биомасса, ц/га		Потребление химических элементов, кг/га					
	фитоценоз	агроценоз	всего		в том числе			
			фитоценоз	агроценоз	азот		зольные элементы	
					фитоценоз	агроценоз	фитоценоз	агроценоз
Тасжская зона хвойных и хвойно-лиственных лесов	55—100	85—120	85—215	535—770	25—45	110—170	60—140	425—600
Лесостепная зона широколиственных лесов	65—110	110—150	280—415	675—990	80—135	140—190	200—280	535—880
Луговые степи и остепненные луга	110—145	125—160	530—785	780—1000	130—175	160—210	400—610	625—800
Сухие и солонцовые степи	50—100	65—175	265—620	415—772	50—150	85—110	145—510	330—675
Пустыни (при орошении)	14	148	70	810	20	250	50	650

тропиков освобождающиеся элементы быстро усваиваются живыми организмами, и, таким образом, их вынос за пределы малого круговорота веществ предотвращается. Сравнение распределения органических веществ в хвойном и тропическом лесах свидетельствует, что при примерно одинаковом количестве органического углерода в расчете на 1 га в лесу на севере более половины углерода содержится в подстилке и в почве, а в тропическом — более 3/4 углерода содержится в живых растительных тканях.

На бедных по содержанию элементов питания тропических почвах, где в условиях высоких температур и обильных осадков многие вещества быстро выщелачиваются, большая биомасса растений сохраняется за счет того, что множество тонких сосущих корней пронизывают подстилку и быстро извлекают или перехватывают элементы питания из листового опада и дождевой воды, пока они не вымыты. Этому способствуют и микоризные грибы, связанные с корневыми системами. В этих условиях элементы питания находятся в круговороте от растения к растению, часто минуя почву. Когда такие леса уничтожаются, вырубаются в целях использования почвы в сельскохозяйственном производстве, существующие в естественных условиях связи нарушаются и очень быстро падает продуктивность, а с ней и урожай сельскохозяйственных культур. Если после этого почву оставляют, забрасывают, то естественный лес восстанавливается очень медленно или не восстанавливается вовсе.

В северном умеренном поясе на полях, периодически свободных от возделывания сельскохозяйственных культур, часть химических элементов и веществ также постепенно удаляется, хотя по времени это намного более длительный процесс, нежели в тропиках (если не проявляются процессы эрозии). Поэтому естественное плодородие, а следовательно, и потенциальное в длительном временном периоде, если не принимать меры по сохранению и повышению искусственного плодородия, будет снижаться.

Анализ особенностей круговорота веществ в тропиках и в умеренном поясе показывает, что земледелие умеренной зоны, основанное главным образом на возделывании одних культур, недолго живущих однолетних и некоторых многолетних растений, непригодно для тропических условий.

4. ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Формирование целинных почв и их плодородия непосредственно связано с особенностями почвообразовательного процесса. При вовлечении целинных почв в сельскохозяйственный оборот существенно изменяются условия почвообразования, и в дальнейшем развитие почвы в значительной мере протекает под влиянием тех изменений, которые вносит комплекс приемов использования ее человеком. Эти изменения обусловлены обработкой почвы, возделыванием сельскохозяйственных растений, проведением различных видов мелиораций, применением на полях удобрений и т. п.

В процессе преобразования целинной почвы в пахотную можно выделить два этапа: первоначальный, очень непродолжительный во времени, этап освоения и последующий, более длительный этап окультуривания почвы в процессе возделывания сельскохозяйственных культур (хотя следует отметить, что последующий этап не всегда сопровождается окультуриванием почв, а, наоборот, отмечается их деградация).

На этапе освоения целины основную роль играет механическая обработка, под влиянием которой происходит коренное изменение верхней части почвы и образуется качественно новый, не свойственный естественным условиям пахотный слой. Создается он в результате вспашки и при перемешивании почвенной массы различных по свойствам генетических горизонтов целинной почвы на глубину вспашки. При повторных обработках вся толща пахотного слоя становится более однородной и резко отличается от тех горизонтов целинной почвы, которые включены в ее состав. При этом также резко изменяются условия почвообразования в верхней части почвы — изменяются водный и воздушный режимы, окислительно-восстановительные условия, состав микроорганизмов и их количество, связанные с этим биохимические процессы и другие свойства и режимы. По своему значению механическая обработка почвы на первом этапе освоения целины может быть расценена как мелиоративное мероприятие.

Возделываемые человеком культурные растения в силу биологических особенностей, в отличие от растительности природных фитоценозов, предъявляют определенные требования к почвенным условиям. На кислых, щелочных, сильно засоленных или заболоченных почвах они или совсем не растут, или дают ничтожно низкие урожаи. Свойства почти всех природных почв в большей или меньшей степени не в полной мере соответствуют высоким требованиям культурных растений. Для получения стабильных и высоких урожаев сельскохозяйственных культур необходимо привести в соответствие свойства почвы с требованиями к ним культурных растений.

Совокупность приемов, направленных на устранение или смягчение отрицательных и улучшение благоприятных свойств и режимов почв, преследующих цель повышения плодородия почв, представляет собой процесс окультуривания почв.

Обработка почвы существенно трансформирует многие свойства и режимы почв. Пахотные почвы по сравнению с целинными глубже промерзают и слабее оттаивают снизу. Период весеннего снеготаяния, например, на пахотных подзолистых и дерново-подзолистых почвах проходит быстрее, чем под лесом. Эти почвы характеризуются большей водопроницаемостью, влагоемкостью. Без повторных обработок почва неизбежно уплотняется до равновесной плотности, т. е. до плотности в естественном состоянии почвы без ее обработки. Такая плотность чаще всего бывает выше уровня оптимальной для роста и развития культурных растений, в силу чего требуются последующие обработки почвы.

Культурные растения в относительно короткие сроки на разных фазах развития потребляют много элементов питания, при этом значительная часть из них не возвращается в почву, а отчуждается с урожаем или выпадает из малого биологического круговорота веществ в результате проявления эрозионных процессов, вымывания из почвы. Поэтому требуется повторное внесение удобрений. Плодородная в отношении культурных растений почва должна содержать большие запасы азота и элементов зольного питания. Кроме того, они должны быть в доступных для возделываемых растений формах.

У большей части сельскохозяйственных растений особенно большое потребление и расход воды приходится в основном на короткий и, как правило, самый жаркий летний период года. Они менее приспособлены к регулированию испарения влаги в условиях жары, чем целинная растительность. Для обеспечения больших потребностей культурных растений в воде необходимо, чтобы почва могла легко впитывать и удерживать атмосферные осадки или поливные воды, сохраняя при этом условия хорошей аэрации, что возможно при создании мощного и хорошо оструктуренного пахотного слоя.

Изменение в благоприятную сторону условий аэрации при обработке, распашке целинной почвы резко усиливает микробиологические процессы в почве. Пахотные почвы обладают более высокой биологической активностью, чем целинные. Большее количество микроорганизмов в пахотных почвах по сравнению с целинной способствует мобилизации элементов питания в доступные для растений формы, что благоприятно сказывается на развитии растений и, следовательно, на урожае (табл. 15).

Т а б л и ц а 15

Биологическая активность целинного и пахотного чернозема мощного
(по А. М. Гринченко и др., 1966)

Почва	Гумус, %	Азот общий, %	Количество микроорганизмов в 1 г почвы				Урожай овса, г/сосуд
			актиноми- цетов, млн	нитрофи- каторов, тыс. коло- ний	олигонит- рофилов, млн	азотобак- теров, % обрастания колоний	
Целина	8,1	0,50	4,39	300	5,88	не обна- ружено	9,1
Пашня, 12 лет	7,7	0,47	5,60	1500	8,30	не обна- ружено	25,4
Пашня, 30 лет	7,3	0,41	7,60	2000	7,50	13	22,8

Человек, изменяя естественный процесс почвообразования, создает культурную почву, соответствующую требованиям возделываемых растений. Сущностью культурного процесса почвообразования является формирование мощного, богатого гумусом, струк-

турного и биологически активного пахотного слоя, с емким насыщенным основаниями, главным образом кальцием, поглощающим комплексом, с благоприятным для культурных растений водно-воздушным, тепловым и пищевым режимами.

Интенсивность и скорость культурного процесса почвообразования, формирующего свойства культурной почвы, зависят прежде всего от интенсивности антропогенного воздействия на почву (интенсивности приемов ее окультуривания), а также от унаследованных свойств целинной почвы и развития природного процесса почвообразования. При вовлечении почвы в сельскохозяйственный оборот особое значение приобретает фактор времени: ускоряется темп почвообразовательных процессов. Обращение элементов в биологическом круговороте кроме обычных годовых и сезонных циклов охватывает и новые — вегетационные и ротационные, т. е. период времени принятого определенного чередования группы культур, которые связаны с периодами вегетации растений, особенностями обработки и всего комплекса мероприятий по возделыванию различных культур. Все это сказывается и на природный процесс почвообразования.

Развитие культурного процесса почвообразования начинается с момента освоения целинной почвы и в дальнейшем зависит от характера использования почвы и проводимых мероприятий. При интенсивном окультуривании возрастает потенциальное и эффективное плодородие почвы. При экстенсивном земледелии развитие культурного процесса почвообразования протекает медленно. Процесс окультуривания почв в этом случае может надолго задержаться, и почвы будут обладать низким эффективным плодородием. Кроме того, длительное неправильное использование слабокультуренных почв может привести к их деградации, т. е. к ухудшению свойств, благоприятных для сельскохозяйственных растений, по сравнению со свойствами целинных почв, определяемыми природными условиями.

В настоящее время многие пахотные почвы, используемые в земледелии и занимающие большие площади, обладают целым рядом свойств, неблагоприятных для произрастания культурных растений. Окультуривание этих почв, т. е. изменение их свойств в соответствии с требованиями культурных растений, — задача, требующая больших затрат и времени. Поэтому среди пахотных почв еще много слабокультуренных, обладающих низким плодородием. Слабая окультуренность почв является основной причиной все еще низкой урожайности многих сельскохозяйственных культур. Урожай сельскохозяйственных культур на высококультуренных почвах разного типа не только гораздо выше, чем на слабокультуренных, но они и меньше страдают от неблагоприятных экологических, в первую очередь погодных, условий (табл. 16).

От окультуренности почв зависит и эффективность других факторов интенсификации земледелия — химизации, механизации, мелиорации, использования высокопродуктивных видов и сортов растений. На слабокультуренных почвах менее эффективно исполь-

**Влияние степени окультуренности почв на урожайность зерновых культур
в условиях УССР (по А. М. Гринченко, 1976)**

Почвы	Средняя урожайность, ц/га		Снижение урожайности в неблагоприятные годы, %	
	степень окультуренности почв		степень окультуренности почв	
	низкая	высокая	низкая	высокая
Подзолистые и дерново-подзолистые	10—15	25—35	30	16
Серые лесные	15—20	30—35	30	18
Темно-серые лесные	20—23	30—35	30	12
Черноземы лесостепи	20—26	35—40	26	12
Черноземы степи	18—22	30—32	40	18
Солонцовые комплексы . . .	5—15	18—25	60	20

зуются минеральные удобрения. На таких почвах ограничены возможности использования сельскохозяйственной и мелиоративной техники, возделывания новых высокопродуктивных растений, которые предъявляют повышенные требования к почвенным условиям и дают хорошие урожаи только на высокоокультуренных почвах.

Агротехнические приемы окультурирования почв разных природных зон, направленные на создание благоприятных условий для роста и развития растений, как бы сглаживают различия между почвами различных зон, сближая их по эффективному плодородию. Вместе с тем параметры и признаки окультуренных почв в этих зонах неодинаковы, поскольку различны свойства исходных, унаследованных ими от целинных почв и природные зональные условия почвообразования.

Эти причины обуславливают наличие у окультуренных почв зональных особенностей и значительные различия потенциального плодородия пахотных почв в разных почвенно-климатических зонах. Мероприятия по окультурированию проводятся с учетом конкретных свойств почв, их режимов и местных условий.

Особенности окультурирования некоторых типов почв

Почвы таежно-лесной зоны обладают многими неблагоприятными в агрономическом отношении свойствами. Они имеют кислую реакцию, содержат повышенные количества подвижных форм алюминия и марганца. Известкование устраняет кислотность почв, а вместе с этим уменьшает содержание подвижных алюминия и марганца. Подзолистые почвы содержат мало гумуса, в пахотных почвах он постоянно минерализуется, и если не принимать меры

к его пополнению, то его содержание снижается. На этих почвах рекомендуется постоянно вносить на поля органические удобрения, высевать многолетние травы, сидеральные культуры с запашкой в почву части или всей зеленой массы растений.

Создание мощного пахотного горизонта с благоприятными для растений свойствами за короткий период времени сложно из-за того, что под пахотным залегает подзолистый горизонт, характеризующийся многими неблагоприятными агрономическими свойствами. Поэтому увеличение мощности пахотного горизонта осуществляют постепенно, путем припашки подзолистого горизонта с одновременным внесением в почву извести и большого количества органических удобрений. Поглощающий комплекс почв таежно-лесной зоны, подзолистых, дерново-подзолистых почв имеет небольшую емкость катионного обмена и ненасыщен основаниями. Известкование таких почв повышает степень насыщенности почв основаниями, кальцием. Важным мероприятием повышения окультуренности этих почв являются улучшение водно-физических свойств путем оструктуривания почвы, обогащение ее органическим веществом.

В таежно-лесной зоне много почв легкого гранулометрического состава, которые содержат меньше гумуса, элементов питания, обладают высокой водопроницаемостью, имеют меньшую емкость катионного обмена по сравнению с почвами более тяжелого гранулометрического состава. Минеральные удобрения на таких почвах вносят малыми дозами, чтобы предохранить их от вымывания. Хорошая аэрация песчаных почв способствует ускоренной минерализации органических удобрений, поэтому их вносят меньшими дозами или заделывают большие дозы органических удобрений, но на глубину около 40 см в виде прослойки, которая уменьшала бы потери воды и вымывание элементов питания растений из более верхних слоев. Важный и распространенный прием окультуривания песчаных подзолистых и дерново-подзолистых почв — это посев люпина в качестве сидерального удобрения с полной или частичной его запашкой. В последнем случае часть зеленой массы идет на корм скоту.

В таежно-лесной зоне много торфяно-болотных почв, окультуривание которых имеет свои особенности. Основная задача заключается в правильном их осушении, недопущении их переосушки, поддержании уровня грунтовых вод не ниже критического значения, определяемого видом возделываемой культуры и свойствами почвы. Этому служит двустороннее регулирование уровня грунтовых вод. Задачей повышения плодородия этих почв является создание оптимальных соотношений в почве доступных форм элементов питания растений. Азота в торфяных почвах содержится достаточное количество, однако он находится в труднодоступной для растений форме. В целях перевода его в доступные соединения необходимо регулировать процесс минерализации торфа, возделывать на этих почвах в первую очередь те растения, которые способны усваивать труднорастворимые формы азота. Торфяные почвы содержат мало

фосфора и калия, поэтому на них рекомендуется вносить калийные и фосфорные удобрения, а также удобрения, содержащие бор, медь, кобальт, которых в этих почвах недостаточно для нормального роста и развития растений.

Серые лесные почвы обладают теми же неблагоприятными свойствами, что и подзолистые и дерново-подзолистые, но выраженными в меньшей степени. Поэтому приемы окультуривания для них в основном те же, что и для подзолистых и дерново-подзолистых почв.

В задачу окультуривания и повышения плодородия черноземов входит не только обеспечение бездефицитного баланса органического вещества в почве, имеющегося в данный период времени, но и повышение его содержания, увеличение и улучшение питательного режима почвы, повышение биологической активности почв. Наиболее важной задачей окультуривания черноземов являются улучшение водного режима, путем создания хорошего структурного состояния, увеличение мощности пахотного горизонта, способного впитывать и удерживать влагу в доступной для растений форме.

Солонцы без коренного улучшения их свойств, требующих больших материальных затрат, непригодны для использования в земледелии. Солонцы, как правило, распространены в комплексе с другими почвами, обладающими лучшими агрономическими свойствами. Основное неблагоприятное свойство солонцов, как и солонцовых почв вообще, это наличие в почвенно-поглощающем комплексе обменного натрия, который обуславливает неудовлетворительные водно-физические свойства почв, пищевой режим и др. Замена натрия в почвенно-поглощающем комплексе на кальций, удаление его из пахотного горизонта могут осуществляться различными приемами: внесением химических мелиорантов, содержащих кальций, путем «самомелиорации» солонцов, т. е. перемешиванием солонцового горизонта с карбонатным или гипсоносным при глубокой вспашке почв с не глубоко залегающими этими горизонтами, путем специальных обработок почв — двух- или трехъярусной вспашкой, когда солонцовый и карбонатный или гипсоносный горизонты взаимно меняются в профиле почв. При этом необходимо улучшать водный режим, поскольку эти реакции происходят в почвенном растворе. Используется для окультуривания солонцевых почв и биологическая мелиорация, т. е. посев таких культур, с урожаем которых выносятся много натрия, например люцерны. Почвы солонцового комплекса нуждаются в мероприятиях по накоплению и сохранению влаги, в орошении.

Почвы пустынно-степной и пустынной зон, как правило, содержат легкорастворимые соли и являются солонцеватыми. Поэтому мероприятия по их окультуриванию направлены в первую очередь на удаление токсичных для растений соединений, на устранение солонцеватости, а также предупреждение возможности вторичного осолонцевания и засоления. Остальные приемы окультуривания этих почв такие же, что и для других.

Классификация пахотных почв по степени их окультуренности

Классификация пахотных почв в настоящее время еще недостаточно разработана, поскольку процессы почвообразования под влиянием антропогенного воздействия на новом этапе эволюции почв наименее изучены.

Впервые общие положения о классификации пахотных почв были высказаны в начале века Н. М. Сибирцевым, считавшим, что изменения, происшедшие в почвах, находящихся под сельскохозяйственными культурами, нельзя смешивать с естественным разнообразием почв, поскольку в первом случае изменяется самый поверхностный горизонт и эти изменения всегда могут утратиться, если возделывание почв почему-то прекратится. Таким образом, Н. М. Сибирцев рассматривал почвы, измененные обработкой, как образования неустойчивые.

В основу первых классификаций почв по окультуренности положены методы освоения и окультуривания почв. Наиболее отчетливо это выражено в работах Н. П. Карпинского (1933) и В. А. Францессона (1934), которые, основываясь на данных, полученных при изучении почв Нечерноземной полосы, справедливо считали, что главным фактором, изменявшим в то время почвы этой зоны при их сельскохозяйственном использовании, являлось внесение навоза. Поэтому они в качестве первого приближения к созданию классификации, предложили разделять почвы по степени унавоженности, которые и рассматривались ими как степени окультуренности. Близкая, но более детализированная классификация была предложена С. П. Ярковым (1942), выделявшим кроме почв разной степени унавоженности также известкованные, гипсованные, орошаемые и др.

С. А. Захаров (1936) впервые очень четко отметил необходимость зонального подхода при решении вопросов окультуривания почв.

Классификация пахотных почв, основанная на способах освоения и возделывания, делит почвы лишь по факторам, изменяющим свойства и режимы, а не по показателям свойств почв. Поэтому в дальнейших работах по классификации пахотных почв в основу была положена совокупность свойств и особенностей процессов почвообразования, приобретенных в результате сельскохозяйственного использования земли. Подзолистые почвы с этих позиций одним из первых рассмотрел Н. Л. Благовидов (1948, 1954), который разделил пахотные почвы по степени окультуренности, указав основные признаки каждой из этих степеней и изменения в почвообразовательном процессе.

Н. Л. Благовидов разделил пахотные почвы по степени их окультуренности на слабо-, средне-, хорошо- и высокоокультуренные. Показателем отношения тех или иных почв к разной степени окультуренности служил комплекс свойств почв, таких, как мощность пахотного горизонта, содержание гумуса, реакция солевой

вытяжки, степень насыщенности основаниями, содержание в почве доступных форм фосфора и калия. Эти показатели были дифференцированы для почв различного гранулометрического состава: с одной стороны, для суглинистых и, с другой стороны, для песчаных и супесчаных.

Г. И. Григорьев и В. М. Фридланд (1964) предложили разделить все пахотные почвы на 4 группы:

- 1) освоенные (куда относятся и почвы, ухудшенные в процессе их сельскохозяйственного использования);
- 2) окультуренные и культурные;
- 3) преобразованные (почвы, у которых изменено взаиморасположение горизонтов, созданы новые горизонты или коренным образом изменены режимы почв);
- 4) искусственные, почвы парников и теплиц.

В «Классификации и диагностике почв СССР» (1977) наиболее подробно дана классификация пахотных подзолистых и дерново-подзолистых почв, которые при их окультуривании существенно отличаются от аналогичных целинных почв. Освоенные и окультуренные почвы выделяются на уровне подтипов почв, а культурные — как особый тип почв.

Дерново-подзолистые пахотные почвы разделяются на две большие группы в зависимости от их гранулометрического состава и от того, на каких материнских породах они сформированы и какого они гранулометрического состава.

Освоенные дерново-подзолистые глинистые и суглинистые почвы формируются в условиях низкой агротехники (нерегулярное внесение небольших доз минеральных и органических удобрений, отсутствие их известкования или же известкование неполными дозами). Морфологические изменения пахотных почв по сравнению с целинными проявляются в увеличении мощности гумусового горизонта, к которому относится пахотный горизонт или же пахотный и горизонт А1, и в уменьшении мощности подзолистого горизонта, в большей или меньшей его трансформации, а нередко и в полном исчезновении в результате вовлечения в пахотный горизонт. Мощность пахотного горизонта редко превышает 20 см, содержание гумуса в нем 1,5—2,0%, реже доходит до 3,0%. Эти почвы имеют кислую, реже слабокислую реакцию почвенного раствора по всему профилю (pH_{KCl} 4,3—4,7), степень насыщенности основаниями в верхнем (40—50 см) слое составляет 30—60%, редко падая ниже 30 и поднимаясь выше 70%. Обеспеченность пахотного слоя подвижными формами фосфора низкая, а калием — низкая и средняя. Среди почв, используемых в земледелии, освоенные дерново-подзолистые почвы занимают преобладающую часть территории.

Освоенные дерново-подзолистые супесчаные и песчаные почвы имеют мощность пахотного горизонта 15—20 см, реже до 25 см, степень насыщенности основаниями составляет 20—50%, содержание гумуса в пахотном горизонте варьирует от 0,3 до 2,0%, реакция среды кислая или сильнокислая (pH_{KCl} 3,9—4,9), содержание

подвижных форм фосфора и калия очень низкое (3—5, редко 10 мг на 100 г почвы).

Окультуренные дерново-подзолистые глинистые и суглинистые почвы формируются под воздействием высокой агротехники: соблюдается научно обоснованное чередование возделываемых сельскохозяйственных культур на полях, регулярно вносятся органические и минеральные удобрения, проводится известкование почв. Мощность пахотного горизонта 20—25 см, гумуса содержится 2—3%, иногда выше. Верхний (30—40 см) слой имеет слабокислую реакцию почвенного раствора (pH_{KCl} колеблется в пределах 5,0—5,5, редко снижается до 4,5—4,7), степень насыщенности основаниями достигает 60—80%. Обеспеченность окультуренных почв подвижными формами фосфора и калия средняя и хорошая.

Окультуренные дерново-подзолистые песчаные и супесчаные почвы также формируются в условиях высокой агротехники — при регулярном внесении больших доз органических (особенно сидеральных) и минеральных удобрений. Мощность пахотного горизонта 20—25 см, количество гумуса по сравнению с его содержанием в освоенных почвах возрастает: в песчаных почвах оно достигает 1,5—2,0%, а в супесчаных увеличивается до 2,5—3,0%. Эти почвы имеют слабокислую (pH_{KCl} 5,5—6,0), редко кислую (4,7—5,5) реакцию. Степень насыщенности основаниями в верхней части профиля составляет 60—70, иногда и 80%. Содержание подвижного фосфора значительно повышается — до 10—30 мг на 100 г почвы, а подвижного калия остается низким (5—10 мг на 100 г почвы) и лишь в супесчаных почвах иногда достигает 15—20 мг.

Культурные дерново-подзолистые почвы на глинистых и суглинистых почвообразующих породах формируются в условиях длительного и интенсивного окультуривания: регулярное, ежегодное внесение больших количеств навоза, систематическое известкование. Они имеют ограниченное распространение — старые огороды, приусадебные участки, сады и др. Под пахотным горизонтом (25—30 см) залегает различной мощности горизонт A1, часто превышающий 10 см. Содержание гумуса достигает 2,5—5,0%, а иногда и выше, в нижней части горизонта A1 — обычно не меньше 1,5—2,0%. В верхнем (40—50 см) слое дерново-подзолистых культурных почв имеют слабокислую или близкую к нейтральной реакцию (pH_{KCl} 5,5—6,5). Степень насыщенности основаниями не бывает ниже 80%. Обеспеченность подвижными формами фосфора и калия очень высокая.

Среди светло-серых лесных почв, используемых в земледелии, выделяются освоенные и окультуренные, а среди серых лесных и темно-серых лесных лишь освоенные. Пахотные черноземы по степени окультуренности не разделяются, поскольку даже при самом интенсивном окультуривании этих почв они мало отличаются от их целинных аналогов.

Положительные для растений свойства почв, которые достигнуты в результате окультуривания, устойчивы лишь при соблюдении того уровня агротехники, следствием которого они явились. Состав

и свойства пахотных почв находятся в состоянии неустойчивого равновесия, поддерживаемого агротехническими приемами. На дерново-подзолистых почвах при снижении уровня агротехники под воздействием природных факторов почвообразования свойства пахотных почв, как правило, изменяются в сторону сближения со свойствами аналогичной целинной почвы, характерной для данной местности (Коротков, 1972; Макаров, 1981; и др.).

Длительное пребывание пахотной почвы на стадии слабой окультуренности и снижение плодородия освоенных почв с образованием так называемых «выпаханных», или «ухудшенных», почв являются результатом низкой агротехники и неправильного использования почв в условиях экстенсивного земледелия. Ухудшение свойств пахотных почв представляет собой процесс их **деградации**. Основными признаками деградации почв являются:

- 1) разрушение и, как следствие, ухудшение структурного состояния почвы, увеличение плотности сложения почвы;
- 2) уменьшение содержания в почве элементов питания растений;
- 3) уменьшение содержания гумуса в результате его минерализации и недостаточного поступления в почву органического вещества растительных остатков и удобрений;
- 4) вторичное засоление почв;
- 5) усиление токсичности почв по отношению к культурным растениям, вызываемое различными причинами;
- 6) проявление водной эрозии и дефляции.

Чтобы не допустить проявления в почвах этих нежелательных явлений, повысить плодородие используемых в земледелии почв, необходимо строго соблюдать установленные законы и агроэкологические принципы земледелия.

5. ЗАКОНЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Рассмотренные выше требования растений к факторам и условиям жизни показывают исключительную сложность их удовлетворения. Если же учесть, что каждый вид и даже сорт культурных растений имеет индивидуальные особенности роста и развития и нуждается в специфическом удовлетворении их жизненных потребностей, то эта проблема невероятно усложняется. В этой связи агрономическая наука всегда стояла перед необходимостью выявления и разработки законов и основополагающих принципов высокоэффективного земледелия и к настоящему времени достигла в этом определенных успехов.

На основании изучения взаимоотношений растений с отдельными факторами жизни было установлено, что отсутствие какого-либо из них влечет за собой приостановление роста и развития организма. Причем заменить один фактор другим, например свет теплом, воду питательными элементами при поддержании в оптимальных значениях остальных факторов, невозможно. Это положение было сформулировано В. Р. Вильямсом как закон незаменимости факторов. Он гласит, что ни один из факторов жизни

растений не может быть заменен никаким другим. Как логическое следствие закона незаменимости факторов В. Р. Вильямс сформулировал второй закон земледелия — все факторы жизни растений равнозначны. В настоящее время оба этих закона чаще всего формулируются как один — **закон незаменимости факторов жизни растений**. Из этого закона становится очевидным, что в физиологическом отношении нельзя пренебрегать никакими элементами питания растений, хотя бы и потребляемыми в самых ничтожных количествах, чтобы не нарушать нормальный рост и развитие, не вызывать гибель растений. Сказанное относится и к другим факторам жизни растений.

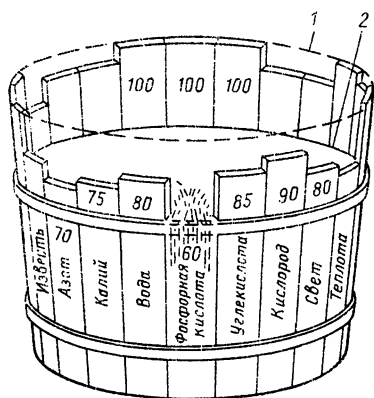


Рис. 3. Графическое изображение закона минимума.

1 — максимально возможный урожай, 2 — фактический урожай

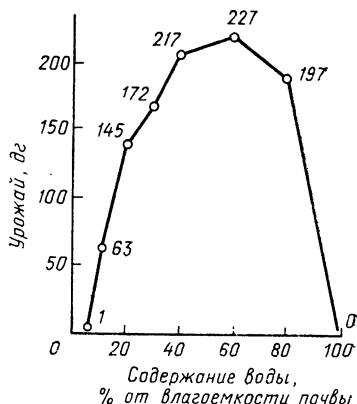


Рис. 4. Изменение величины урожая при воздействии на один фактор жизни растений

Закон минимума, оптимума и максимума. Уже в XIX в. было уделено много внимания изучению реакции растений на отдельно взятые условия жизни при поддержании на определенном уровне всех других условий. Особую известность в этом направлении получили работы немецких ученых Ю. Либиха, Г. Гельригеля и Э. Вольни. На основании анализа результатов ряда точных опытов был сформулирован закон минимума, которым устанавливалась зависимость урожая растений от фактора, находящегося в относительном минимуме. По мере восполнения этого фактора урожай растений повышался до тех пор, пока он не был соответственно ограничен каким-либо другим фактором.

К. А. Тимирязев, обращая пристальное внимание на этот закон, прибегал к его наглядной иллюстрации с помощью кадки (рис. 3). Он писал: «Это — кадка, на отдельных звеньях которой надписаны различные составные части пищи растений и общие условия его существования. Звенья спилены на различной высоте, и понятно,

что количество воды, которое может вместить эта кадка, зависит от уровня, соответствующего самому короткому звену. Так и в поле, очевидно, урожай зависит от того вещества или вообще условия, которого всего менее; напрасно стали бы мы увеличивать количество других, — высоту других звеньев, — большего урожая в нашу кадку — поле — мы не вмести́м. Определить, какое это вещество, — конечно, самый важный вопрос в каждом данном случае» (Тимирязев, 1937).

Г. Гельригель поставил серию вегетационных опытов по сравнительному изучению влияния различной влажности почвы на урожай наземной массы ячменя при прочих равных условиях. Графически результаты опытов изображены на рис. 4. Как видно, наивысший урожай был получен при влажности почвы, равной 60% от полной ее влагоемкости. При сухом состоянии почвы, а также при полном ее насыщении водой урожая не было. На основании опыта Гельригель пришел к выводу, что наибольший урожай отмечается при некотором оптимальном значении каждого фактора. Как уменьшение, так и увеличение фактора жизни от оптимального приводит к уменьшению получаемого урожая, а в исключительных случаях и к его отсутствию. На основании подобных опытов Саксом был сформулирован закон минимума, оптимума и максимума.

В действии этого закона можно убедиться и на примере такого фактора, как температура. Любой жизненный процесс в растении начинается при каком-то минимальном значении температуры, протекает наилучшим образом при оптимальной температуре, замедляется, а затем совсем прекращается по мере дальнейшего повышения температуры (рис. 5). Рис. 5 построен по данным классического опыта Легенбауэра с водной культурой кукурузы. Количественная оценка скорости роста ее дана по этим данным в форме термофизиологических индексов, представляющих частное от деления часового прироста кукурузы на ее прирост при температуре 4,5°.

На рис. 6 отражена продуктивность фотосинтеза различных культур в процентах от максимума (Александров, Рассолов и др., 1975). На отрезках кривых в пределах температуры от минимума до оптимума скорость роста возрастает по мере увеличения температуры, что связано с повышением скорости ферментативных биохимических реакций, которая в указанных температурных пределах возрастает так же, как и при любой химической реакции. При дальнейшем повышении температуры возникают процессы, ослабляющие продуктивность фотосинтеза и вызывающие его прекращение при температурном максимуме.

Зона оптимума фактора жизни занимает определенный интервал, в границах которого рост и развитие растений при обеспечении их другими факторами будут наиболее активными. По мере уменьшения или увеличения дозы фактора жизни, роста и развития растений будут идти процессы адаптации, закаливания к недостатку или избытку фактора. Реакция растений на переход из зоны активной вегетации в зону адаптации имеет свои особенно-

сти, зависящие от вида и даже сорта растений, стадии его развития и ряда других моментов. Так, при возвращении из адаптационной зоны в зону активной вегетации рост и развитие растений приходят в норму, хотя пребывание в адаптационных зонах оставляет определенный след на развитии растения. При дальнейшем уменьшении или увеличении дозы фактора растения попадают в зону повреждения от недостатка или избытка фактора. Последнее выражается в разрушении внутриклеточных структур, начинаясь с

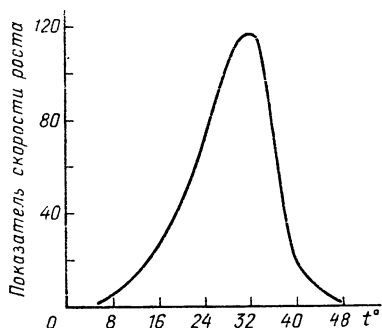


Рис. 5. Кривая прироста проростка кукурузы при разной температуре, по данным Ленгенбауэра

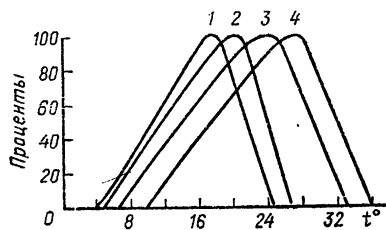


Рис. 6. Продуктивность фотосинтеза картофеля (1), пшеницы (2), кукурузы (3), хлопчатника (4), в зависимости от температуры (% от максимума)

разрушения молекул белка. Далее идет дезаминирование образовавшихся свободных аминокислот, разрушение других структур. Образуются вредные и ядовитые продукты распада, разрушаются клеточные структуры, клетки, отдельные ткани и органы. Все это — зоны повреждения от недостатка или избытка фактора жизни растений. В пределах указанных зон происходят необратимые процессы в растениях. При возвращении в зону активной вегетации в результате процессов регенерации растения могут восстановить повреждения и продолжить вегетацию. Однако пребывание в зонах повреждений оставляет значительно больший след, чем пребывание в зонах адаптации. Зоны повреждения переходят в летальные зоны. Такую схему реакций растений на различные дозы некоторых факторов жизни растений хорошо иллюстрирует рис. 7 (Брежнев, Коровина и др., 1982).

Закон совокупного действия факторов жизни растений. Настоящий закон является логическим развитием ранее рассмотренных законов и имеет особое значение в научной организации земледелия и в практике выращивания сельскохозяйственных культур и получения высоких урожаев. Вслед за однофакторными опытами ученые стали изучать одновременное действие на урожай двух, трех и большего количества факторов. Так, в опытах Э. Вольни при одно-

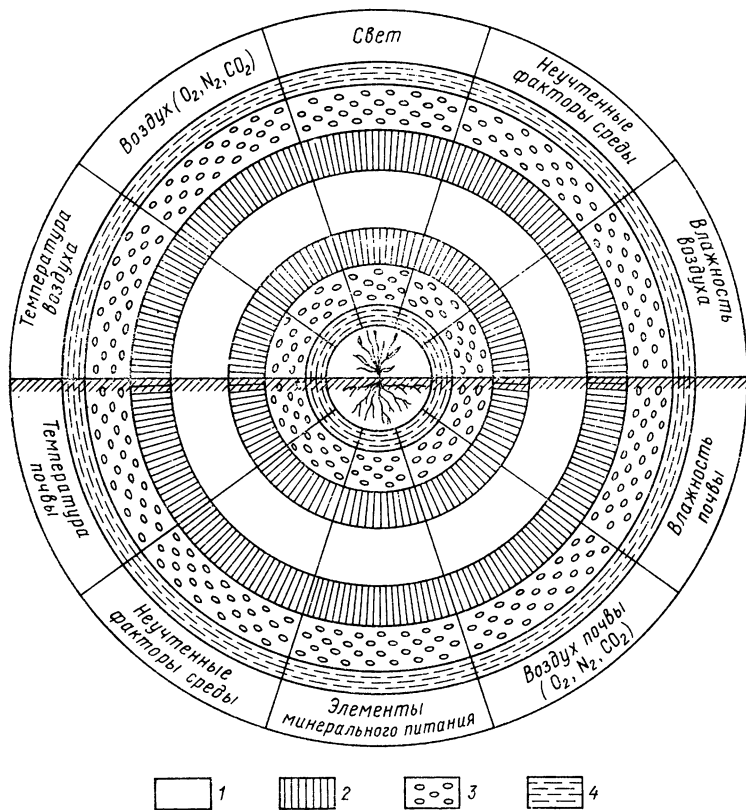


Рис. 7. Принципиальная гипотетическая схема реакции растений на факторы жизни (одновременно в воздушной и почвенной среде). 1 — зона активного роста, 2 — зона адаптации к недостатку (ближе к центру) или избытку фактора, 3 — зона повреждений от недостатка (ближе к центру) или избытка фактора; 4 — зоны летальные от недостатка (ближе к центру) или избытка фактора

временном действии на растение яровой ржи факторов влажности, удобрений и различной степени освещенности урожай надземной зеленой массы в вегетационных сосудах возрастал (табл. 17). Аналогичные результаты были получены и другими учеными в нашей стране и за рубежом при сочетании тех же или других факторов жизни растений при работе со многими другими культурами. Выводы из этих опытов и из практических результатов земледелия позволили установить закон совокупного действия факторов жизни растений, который устанавливает, что для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур необходимы одновременное наличие или приток всех факторов жизни растений в оптимальном их соотношении.

Совместное действие факторов жизни растений проявляется

Таблица 17

Урожай надземной массы ржи под воздействием нескольких факторов жизни растений (дециграммы)

Условия освещенности	Варианты с удобрениями			
	неудобренные		удобренные	
	влажность почвы, % от полной влагоемкости			
	20	40	60	60
Слабое	80	185	208	223
Среднее	95	218	274	350
Сильное	110	320	403	584

также в лучшем использовании растениями каждого из них путем воздействия отдельных факторов друг на друга. В этой связи Либшер, проанализировав данные большого количества исследований, проведенных в конце XIX в., внес поправку к закону минимума, установив, что растение с тем большей продуктивностью использует находящийся в минимуме фактор, чем большее число факторов находится в оптимуме. Создание оптимальных условий всех факторов жизни растений позволяет в некоторой степени снизить отрицательное влияние фактора, оказавшегося в минимуме. Закон совокупного действия факторов жизни растений не устраняет закона минимума, согласно которому фактор, находящийся в минимуме, имеет ведущее значение в повышении урожая. Выявление оптимального количественного соотношения факторов жизни для конкретного сорта любой культуры в процессе роста и развития, умение определить фактор, находящийся в данное время в минимуме, и воздействовать на него позволяют повышать урожайность при наименьших затратах труда и средств. Однако это является наиболее сложной и трудной задачей научного земледелия, которая должна решаться в конкретных природных и хозяйственных условиях.

Закон возврата. Закон возврата веществ в почву был открыт в 1840 г. немецким ученым Ю. Либихом. Иногда его относят к законам почвоведения и агрохимии. Однако, поскольку закон возврата находит непосредственное применение в научном и практическом земледелии, он стал важнейшим законом современного земледелия.

Согласно закону возврата при нарушении баланса питательных веществ в почве в силу выноса их с урожаем, потерь вследствие эрозионных процессов, внутрипочвенного стока и ряда других причин его необходимо восстановить путем внесения соответствующих удобрений или другими агротехническими приемами. Нарушение этого закона приводит к утрате почвенного плодородия, снижению урожая и ухудшению качества продукции. Ежегодно с урожаем сельскохозяйственных культур выносятся немалое количество различных веществ в зависимости от возделываемой культуры.

Так, с основной продукцией конопли — волокном — выносятся до 200 кг азота, 62 — фосфора и 100 кг калия с 1 т волокна. С 1 т хлопка-сырца выносятся 40 кг азота, 48 кг калия. Потенциальные запасы питательных веществ различных почв неодинаковы. Расчеты, проведенные для чернозема типичного, исходя из возделывания на нем пшеницы при ежегодной урожайности в 30 ц/га, с которой выносятся из 20-сантиметрового слоя почвы 105 кг азота, 18 кг фосфора и 75 кг калия, свидетельствуют, что потенциальные запасы этих элементов неодинаковы и могут быть исчерпаны, особенно азота, в самое ближайшее время (табл. 18). В других почвах запасов питательных элементов значительно меньше. Практически полная мобилизация всех запасов невозможна, но мобилизация ближних резервов в течение ближайших десятилетий вполне реальна и может привести к истощению почв. Отсюда следует, что необходимо не только обеспечивать бездефицитный баланс всех элементов питания растений в пахотных почвах, но и создавать определенный их запас. Большой дефицит питательных веществ в почвах является одной из причин все еще низких урожаев. Именно поэтому для устранения дефицита питательных веществ необходимо вносить в почву удобрения не только на компенсационной основе, но и в расчете на непрерывное повышение потенциального плодородия почвы с учетом роста урожаев.

Т а б л и ц а 18

Запасы и вынос азота, фосфора и калия пшеницей при урожайности зерна 30 ц/га на черноземе типичном (по Д. С. Орлову, 1985)

Элемент	Запасы (т/га) в слое		Ежегодный вынос (кг) из слоя		Потенциальная обеспеченность (годы) в слое	
	0—20 см	0—50 см	0—20 см	0—50 см	0—20 см	0—50 см
Азот	6—11	12—18	105	105	60—105	115—170
Фосфор	1,5—4,5	3,5—10,5	18	18	85—250	195—580
Калий	40—65	90—150	75	75	530—870	1200—2000

Наряду с рассмотренными законами земледелия, имеющими всеобщий характер, научное земледелие руководствуется рядом экологических принципов¹.

Принцип соответствия (адекватности) культуры среде произрастания. В естественных биогеоценозах или экологических системах фитоценозы формируются в прямой зависимости от конкретных почвенно-климатических условий, а в агроэкологических системах они создаются искусственно, по воле человека. Поэтому агроэкосистемы нуждаются в специальных мерах по поддержанию их устойчивости и продуктивности. Возникает логическая необходимость заботиться о создании культурным растениям как важней-

¹ При изложении агроэкологических принципов использованы материалы рукописи профессора А. П. Яковлева.

шим компонентам экосистемы таких условий, которые соответствовали бы их биологическим требованиям.

Соответствие культурного растения среде его произрастания или, наоборот, соответствие среды биологическим требованиям конкретного сорта является агроэкологическим принципом, имеющим первостепенное значение для рационального земледелия. Это касается как правильного размещения культур по полям и почвенно-климатическим зонам, так и агротехники их возделывания.

Принцип плодосмена связан с только что рассмотренным агроэкологическим принципом и основан на рациональном использовании факторов пространства и времени. Правильное размещение агрофитоценозов или посевов на полях и их смена или чередование по годам позволяют повышать устойчивость агроэкологических систем.

Принцип плодосмена лежит в основе учения о севооборотах, являющегося основополагающим в земледелии.

Принцип уничтожения или подавления конкурентов возделываемых культур. В конкретных условиях функционирования любой агроэкологической системы все факторы жизни растений в той или иной мере ограничены. При таких обстоятельствах создается острая конкурентная борьба за факторы жизни и жизненное пространство между культурными и сорными растениями, произрастающими в агрофитоценозах. Поскольку сорно-полевые растения, как правило, являются более жизнеспособными, более приспособленными, чем культурные растения, то создаются ситуации угнетения или гибели посевов. В связи с этим возникает острая необходимость уничтожения или подавления сорной растительности, проведения предупредительных мероприятий по засорению полей, чтобы обеспечить получение полноценного урожая. Эти мероприятия и изучаются в курсе общего земледелия.

Принцип защиты сельскохозяйственных растений. Культурные растения страдают не только от сорняков, но и от различных болезней, вызываемых вирусами, бактериями, грибами, а также от повреждений насекомыми и вредителями. Эти консументы, или потребители растительной продукции, паразитирующие на культурных растениях, а также на сорных и диких или эпизодически питающиеся ими, могут не только угнетать или портить посевы, но и начисто уничтожать их. Поэтому агрофитоценозы нуждаются в специальных мерах защиты от болезнетворных и вредных спутников агроэкологических систем. Защита растений от низших растений, грибов, бактерий рассматривается в курсе фитопатологии, от вредных насекомых — в курсе энтомологии.

Принцип выведения токсикантов из агросистем. Возрастающий объем применения минеральных удобрений и различных пестицидов — гербицидов, фунгицидов, инсектицидов, а также других химических средств защиты растений создает дополнительное, а порой излишнее давление на агроэкологическую систему. При таких условиях в случае неправильного использования химических веществ в почве могут накапливаться токсические соединения, силь-

но угнетающие сельскохозяйственные растения, а в отдельных случаях вызывающие их гибель. Почвы могут загрязняться также промышленными выбросами и другими отходами. По трофическим цепочкам токсиканты могут попадать животным и человеку, вызывая отравление. Поэтому предупреждение загрязнения агроэкосистем токсикантами и выведение их из почвы становятся необходимостью интенсивного земледелия и представляют собой одну из важнейших проблем защиты окружающей среды.

По мере развития науки могут быть выделены и другие агро-экологические принципы.

СЕВООБОРОТЫ

Выращивание всех сельскохозяйственных культур, которые могут произрастать в природно-климатических условиях данной местности, не всегда целесообразно. Обычно выбирают наиболее важные и нужные для общества, хорошо приспособленные к конкретным почвенным и климатическим условиям и экономически выгодные для хозяйств. Причем успешное ведение земледелия возможно лишь при условии, что возделываемые культуры выращиваются не бессистемно, а по определенной схеме.

1. СЕВООБОРОТ, ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Севооборот представляет собой научно обоснованное чередование сельскохозяйственных культур (а при необходимости и чистого пара) на полях. **Поля** — это единичные участки территории землепользования, на которые она разделяется с учетом структуры почвенного покрова, агропроизводственных свойств почв, структуры севооборотов, хозяйственных и природоохранных требований и на которых проводятся единые агротехнические мероприятия. Каждое поле занято одной культурой, или на нем возделываются культуры одной **группы сельскохозяйственных культур**, которые характеризуются однотипными приемами и технологиями выращивания, одинаковым влиянием на свойства почв и урожай последующих культур или близки по биологии и характеру развития. Выделяют следующие группы сельскохозяйственных культур: зерновые колосовые и крупяные, пропашные, технические непропашные, многолетние травы и др. **Чистый пар** — это поле, свободное от возделывания сельскохозяйственных культур в течение всего вегетационного периода.

Севообороты составляют основу системы земледелия и являются важнейшим агротехническим средством получения высоких и устойчивых урожаев. Они относятся к мероприятиям широкого действия на сельскохозяйственные культуры и почвы. Именно севообороты служат той основой, на которой осуществляется весь комплекс агрономических мероприятий: система обработки почвы, применения удобрений, повышения плодородия почвы и сохранения ее от эрозии, борьба с сорными растениями, защита культурных растений от вредителей и болезней и т. д.

При проектировании севооборотов предусматривается чередование сельскохозяйственных культур в определенной последовательности на каждом поле. Интервал времени (в годах), в течение которого они проходят через одно поле в последовательности,

предусмотренной схемой севооборота, называется **ротацией севооборота**, а перечень групп сельскохозяйственных культур или отдельных растений в порядке чередования их в севообороте — **схемой севооборота**. Например, на поле, где возделываются многолетние бобовые травы, на следующий год будут возделываться озимые культуры, затем пропашные, после них яровые зерновые с подсевом трав. Схема севооборота отражает общие черты сходных севооборотов и различные черты разных севооборотов с указанием соотношения и чередования отдельных групп культур. Для одной схемы севооборотов могут соответствовать несколько севооборотов с набором конкретных чередующихся сельскохозяйственных растений. Так, для приведенного примера схеме севооборота могут соответствовать такие варианты набора сельскохозяйственных культур: 1 — эспарцет, 2 — озимая рожь, 3 — картофель, 4 — овес с подсевом эспарцета; или 1 — клевер, 2 — озимая пшеница, 3 — сахарная свекла, 4 — ячмень с подсевом клевера и др. При одновременном возделывании четырех культур требуются четыре поля. Ротацию севооборота для всех полей севооборота с чередованием культур на каждом поле по годам на период ротации изображают в виде **ротационной таблицы**. Для одного из приведенных примеров ротационная таблица будет выглядеть следующим образом (табл. 19).

Т а б л и ц а 19

Ротационная таблица севооборота

Номера полей в севообороте	Годы				
	1992	1993	1994	1995	1996
I	озимая пшеница	сахарная свекла	ячмень с подсевом клевера	клевер	озимая пшеница
II	ячмень с подсевом клевера	клевер	озимая пшеница	сахарная свекла	ячмень с подсевом клевера
III	сахарная свекла	ячмень с подсевом клевера	клевер	озимая пшеница	сахарная свекла
IV	клевер	озимая пшеница	сахарная свекла	ячмень с подсевом клевера	клевер

Данный севооборот характеризуется 4-летней ротацией, поскольку все культуры проходят через каждое поле за четыре года.

На одном поле допускается размещать раздельно две и более культуры, если они относятся к одной и той же группе. Например,

в поле яровых зерновых можно посеять ячмень и яровую пшеницу, в поле озимых зерновых — озимую рожь и озимую пшеницу, в поле пропашных культур — картофель и свеклу и т. д. Поля, на которых раздельно размещаются несколько культур одной и той же группы, называются **сборными**.

Смена сельскохозяйственных культур в севообороте на каждом поле может производиться ежегодно или периодически. Если одну и ту же культуру высевают два, три года или более подряд (до 8 лет, но не более периода ротации севооборота), а затем ее заменяют другой, то посевы называются **повторными**. Если одна сельскохозяйственная культура длительное время (равное или большее периода ротации севооборота) возделывается на одном и том же поле, ее называют **бессменной**. Понятие «бессменная культура» нельзя смешивать с понятием **«монокультура»**, которое означает, что в хозяйстве возделывают одну-единственную сельскохозяйственную культуру. Обычно терминами «монокультура» и «бессменная культура» пользуются как синонимами, поскольку монокультура влечет за собой бессменность. Однако при возделывании монокультуры бессменности может и не быть, если ее посевы прерываются чистым паром. В таком случае монокультура может возделываться в севообороте, например пар — пшеница — пшеница — пар — пшеница — пшеница.

В ряде случаев какое-либо поле севооборота выводится временно из общего чередования культур и называется **выводным полем**.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УЧЕНИЯ О СЕВООБОРОТАХ

Необходимость чередования сельскохозяйственных культур, различающихся по биологическим и хозяйственным свойствам, была установлена практикой земледелия еще в глубокой древности. Однако научное обоснование чередования культур, его теоретическое развитие эта важная для земледелия проблема получила сравнительно недавно с развитием естественных наук. Одной из первых теорий обоснования смены культур на полях являлось положение, что растения выделяют в почву токсические вещества, которые накапливаются и затрудняют развитие последующих посевов данной культуры. В начале XX в. в России, а затем и в США действительно были обнаружены токсические вещества, выделяемые корнями растений или прикорневыми микроорганизмами. При этом оказалось, что вещества, выделяемые, например, корнями пшеницы, были вредны для последующих посевов пшеницы, менее вредны для овса и не оказывали отрицательного действия на рост и развитие культур, несходных по биологическим свойствам с пшеницей. Нормальное развитие пшеницы на этом участке может быть только после удаления токсических веществ из почвы.

На основе теории гумусового питания растений считалось, что все возделываемые сельскохозяйственные культуры либо обогащают почву гумусом, либо истощают. Ко второй группе растений

относили зерновые, а к первым — кормовые травы, бобовые культуры и некоторые пропашные. С возникновением теории минерального питания растений считалось, что все полевые культуры в разной степени истощают почву. В связи с этим Ю. Либих делил все культурные растения на три группы в зависимости от того, какой элемент питания относительно больше потребляется данной культурой — калий, кальций или фосфор. Согласно этой теории необходимо чередовать культуры с различной потребностью в зольных элементах питания. Снижение урожая при бессменных посевах одной и той же культуры объяснялось уменьшением в почве того или иного элемента питания.

После работ по установлению роли азота в жизнедеятельности растений возникла теория, обосновывающая необходимость чередования бобовых и небобовых культур. Азот, фиксируемый клубеньковыми бактериями при возделывании бобовых культур, может использоваться последующими культурами из других семейств и повышать их урожайность. При повторных же посевах бобовых культур отмечается угнетение их в росте и развитии и, как следствие, снижение урожайности.

П. А. Костычев и В. Р. Вильямс объясняли необходимость чередования культур тем, что при возделывании одних ухудшаются физические свойства почв (утрачивается водопрочная структура), а при возделывании других — улучшаются, вследствие чего повышается плодородие почвы, улучшаются ее питательный и водных режимы. На основании этого были сделаны рекомендации по чередованию посевов многолетних бобовых трав в смеси со злаковыми травами, которые улучшают и восстанавливают агрономически ценную структуру почвы, с посевами однолетних зерновых культур, при возделывании которых такая структура якобы утрачивается.

В начале нашего века В. Г. Ротмистров пришел к выводу, что необходимо чередовать культуры, имеющие разную корневую систему, в силу чего разные растения могут использовать воду и питательные элементы с различной глубины. Он разделил все сельскохозяйственные культуры на три группы по глубине проникновения корней в почву: с неглубокой корневой системой — картофель, гречиха, лен, просо, горох; со средней — пшеница, рожь, вика, ячмень; и с глубокой корневой системой — люцерна.

В современной теории учения о севооборотах учитывается все многообразие причин, вызывающих необходимость чередования сельскохозяйственных культур на полях. По предложению Д. Н. Прянишникова, в настоящее время их объединяют в четыре группы:

- 1) причины химического порядка, обусловленные особенностями потребления растениями зольных элементов питания и азота;
- 2) причины физического порядка, связанные с влиянием растений и агротехники их возделывания на структурное состояние почвы, влажность, проявление эрозийных процессов и др.;
- 3) причины биологического порядка, связанные с различным отношением отдельных культур к другим растениям и организмам,

особенно вызывающим болезни, к вредителям, к сорным растениям;

4) причины экономического характера.

Первые три группы причин составляют конкретную агроэкологическую среду, в которой протекает рост и развитие культурных растений. Значение той или иной группы причин изменяется в зависимости от конкретных природных и в первую очередь почвенных условий, условий агротехники.

Сельскохозяйственные культуры различаются по потребности в питательных элементах и в определенной пропорции отдельных веществ. Количество питательных веществ, потребляемых из почвы тем или другим видом и даже сортом растения, зависит от сформированного урожая и от его химического состава. Дальнейшая судьба минеральных веществ и азота связана с характером использования собранного урожая. Питательные вещества, содержащиеся в товарной части урожая, могут полностью отчуждаться из почвы и не возвращаться в нее (зерно, растительные волокна льна, конопля, пищевые продукты и т. д.), либо эти вещества могут поступать полностью или частично обратно в почву (с навозом, отходами при переработке продукции). Нетоварную часть растений составляют корни, остатки стеблей и листьев в почве и на ее поверхности, а также мякина, солома, которые используются в хозяйстве на корм скоту или в качестве подстилки животным. Минеральные вещества и азот, содержащиеся в этой части урожая, при правильной организации сельскохозяйственного производства поступают снова в почву в составе органического вещества. Таким образом, возделывание растений неизбежно сопровождается уменьшением в почве минеральных веществ, а небобовых культур — и азота. Степень обеднения почвы этими веществами различна и зависит от вида растений и от соотношения отчуждаемой и неотчуждаемой частей выращенных культур.

У различных растений неодинаковая способность усваивать питательные вещества из труднодоступных соединений. Так, люпин и гречиха, как уже указывалось, могут не только использовать фосфор из малодоступных соединений, но и оставлять больше доступных соединений фосфора для последующих культур. Различия в строении корневых систем растений обуславливают потребление питательных веществ из различных горизонтов и слоев почвы. Чередование на полях культур, усваивающих легкодоступные питательные вещества, и растений, способных извлекать их из труднодоступных соединений, а также возделывание культур с различной корневой системой позволяют полнее использовать питательные вещества, содержащиеся в почве.

Хорошо известна положительная роль органического вещества в плодородии почвы и питании растений. По количеству оставляемого органического вещества в почве полевые культуры можно расположить в следующий убывающий ряд: многолетние травы, кукуруза, озимые зерновые, яровые зерновые, зернобобовые, сахарная свекла, картофель, лен-долгунец. Состав и соотношение

разных культур в севообороте определяют суммарное поступление органического вещества в почву. Поэтому, изменяя площади посевов под теми или иными культурами в севообороте, можно, в известной мере, регулировать поступление в почву растительных остатков. А с растительными остатками может возвращаться в почву до 50% фосфора, калия и кальция и до 60% азота от общего их содержания в урожае.

Растения и приемы их возделывания по-разному влияют на физические свойства почв, особенно на ее структурное состояние, содержание водопрочных агрегатов, плотность сложения и др., от которых в свою очередь зависят процессы накопления и разложения органических веществ, превращение питательных веществ из недоступных форм в доступные и наоборот, а также водно-воздушный и тепловой режимы почв. Образование водопрочной структуры почвенных агрегатов происходит под влиянием многих факторов, но особая роль среди них принадлежит корневой системе растений. Исследованиями установлено, что все сельскохозяйственные растения способствуют улучшению структурного состояния почвы. Однако степень этого улучшения у различных растений неодинакова. Она зависит от массы корневой системы, ее распределения в почве, от ее химического состава. Основные полевые культуры можно поставить в следующий ряд в порядке убывающей эффективности структурообразования: многолетние бобово-злаковые травосмеси, многолетние бобовые травы, однолетние бобово-злаковые травосмеси, озимые зерновые культуры, кукуруза, яровые зерновые и зерновые бобовые, лен, картофель и корнеплоды (табл. 20). Этот ряд в основном подтверждает закономерность изменения количества оставляемого в почве органического вещества, что свидетельствует о прямой зависимости структурообразования от массы корней той или иной культуры и от приемов обработки почвы, применяемой при возделывании этих культур.

Наличие большого количества водопрочных агрегатов играет важную роль не только в регулировании водно-воздушного режима

Т а б л и ц а 20

Содержание водопрочных агрегатов в пахотном слое почвы
при возделывании различных полевых культур
(по В. А. Доспехову, 1976)

Культура	Содержание в почве водопрочных агрегатов крупнее 0,25 мм, %		
	без применения удобрений	при внесении азота, фосфора и калия	при внесении навоза
Клевер	37	44	55
Рожь озимая	28	31	38
Овес	27	29	36
Картофель	21	23	35
Пар чистый	4	5	10

почв и активизации микробиологической деятельности, но и в предупреждении проявления эрозионных процессов.

Возделываемые в севообороте культуры в различной степени влияют на водный режим почвы, на содержание в почве влаги. Объясняется это как разной потребностью растений в воде, так и особенностями распределения по профилю почвы корневой системы. Поэтому почва может в различной степени иссушаться в период вегетации растений и быть в различной степени увлажнения после уборки культур (что определяется также погодными условиями, сроками уборки урожая и рядом других причин). Для лучшего использования растениями влаги важно учитывать степень и глубину иссушения почвы предыдущей культурой, биологические особенности возделываемых затем растений, количество и характер потребления почвенной влаги по отдельным фазам развития растений, что имеет особое значение для южных засушливых районов богарного земледелия.

Биологическая группа причин наиболее сложна и многообразна. Сложность ее обусловлена многообразием множества членов агробиоценозов и различиями в их поведении в зависимости от конкретных природных условий и агротехнических воздействий. Именно поэтому в настоящее время биологические причины, обуславливающие необходимость чередования культур на полях, являются наименее изученными и наиболее трудными в отношении их регулирования.

Различные культуры и приемы их возделывания создают неодинаковые условия для развития разных групп сорных растений. Озимые и зимующие сорняки приспособлены к совместному произрастанию с озимыми хлебами и при бессменном возделывании последних засоряют посевы этих культур. Яровые сорные растения подавляются быстро вегетирующими ранней весной озимыми культурами. При повторных же посевах яровых культур они в сильной степени засоряются яровыми сорняками, особенно овсягом, щетинником и др. Озимые сорняки, напротив, при возделывании яровых культур легко уничтожаются осенними и весенними обработками почв. Поэтому чередование озимых и яровых культур создает неблагоприятные условия для обеих групп сорных растений. Еще более важная роль в борьбе с сорными растениями принадлежит пропашным культурам. Междурядная обработка способствует уничтожению сорняков в посевах и посадках, очищению верхнего слоя почвы от жизнеспособных семян и вегетативных органов размножения многолетних сорных растений, уменьшает опасность засорения полей при возделывании последующих культур. Особое значение имеет смена культур, засоряемых и незасоряемых узкоспециализированными и паразитными сорными растениями.

Большую роль в борьбе с сорными растениями играют чистые пары. Своевременное проведение обработок правильно подобранными орудиями позволяет избавиться от многих трудноискоренимых сорняков.

Растения в процессе своей жизнедеятельности выделяют раз-

личные соединения, отрицательно влияющие на рост и развитие последующих культур (колины) или подавляющие микроорганизмы (фитонциды). Точно так же и микроорганизмы, развивающиеся в ризосфере растений, могут выделять вещества, подавляющие жизнедеятельность последующих растений или других микроорганизмов (антибиотики). Именно эти выделяемые соединения считаются основной причиной почвоутомления, вызывающей уменьшение урожаев при повторных посевах той же культуры или посевах других культур.

При бессменных посевах или при частом возвращении на прежнее поле многие культуры в большей степени поражаются различными болезнями, вызываемыми грибами-паразитами, бактериями и вирусами. Например, озимая пшеница сильно поражается ржавчиной и корневой гнилью, лен и конопля — фузариозом, картофель — фитофторой, подсолнечник — ложной мучнистой росой, хлопчатник — вилтом и т. д. От того, насколько та или иная сельскохозяйственная культура уязвима для данного заболевания и как долго сохраняет жизнеспособность возбудитель болезни в почве, зависят время возможного возвращения этой культуры на прежнее поле и возможность посева ее два года подряд и более.

Из почвообитающих вредителей большой ущерб при нарушении правильного чередования культур в повторных посевах наносят нематоды, повреждающие большую часть зерновых культур, сахарную свеклу, картофель. Хлебная жужелица вредоносна для посевов пшеницы, ржи и ячменя; проволочники — для пшеницы, кукурузы, картофеля и др. Бессменные посевы одной и той же культуры на одном месте приводят к сильному размножению на полях специализированных возбудителей болезней и насекомых-вредителей, тогда как правильный севооборот снижает поражение ими возделываемых растений в несколько раз или даже полностью устраняет. Поражение культурных растений болезнями и вредителями часто является главной причиной введения севооборотов. Д. Н. Прянишников указывал, что с истощением почвы питательными веществами можно справиться путем внесения удобрений, с потерями структурного состояния — внесением органического вещества, извести и правильной обработкой почвы, а с вредными грибами, бактериями, вирусами и вредителями часто нельзя справиться без должного севооборота. Севообороты играют исключительно важную фитосанитарную роль. Внедрение правильных севооборотов снижает потери урожаев от болезней, вредителей и сорных растений.

Экономические причины сводятся прежде всего к той выгоде, которая получается от прибавки урожая и улучшения его качества в условиях севооборота. Возделывание культур в севооборотах позволяет получать более высокие и устойчивые урожаи при меньших затратах. Вместе с тем севообороты служат той основой, которая позволяет наиболее рационально использовать почвы, а также трудовые ресурсы и технические средства за счет правильно организованной структуры посевных площадей, которая разра-

батывается с учетом климатических, почвенных и экономических условий и территориального расположения хозяйства.

Повторные посевы имеют немаловажное значение в условиях специализированных, особенно узкоспециализированных, хозяйств при возделывании наиболее важных для общества сельскохозяйственных культур, таких, как зерновые, сахарная свекла, хлопчатник, лен и ряд других. Первые длительные опыты по сравнительному изучению реакции растений при их бессменном возделывании и в севообороте были заложены в Англии (в Ротамстеде в 1843 г.), затем в Германии (в Галле в 1879 г.), несколько позже в России (в Полтаве, в Москве в 1912 г., в Харькове в 1914 г.). Более чем столетнее изучение бессменных посевов озимой пшеницы на Ротамстедской опытной станции показало, что урожайность ее в два раза ниже, чем при возделывании в севообороте. При ежегодном внесении минеральных и органических удобрений в почву при бессменных посевах урожайность была выше, но все же намного ниже, чем в севообороте. Аналогичные результаты получены и в опытах с бессменными посевами озимой ржи в Галле. Результаты многолетних опытов кафедры земледелия и методики опытного дела Московской сельскохозяйственной академии, Полтавской и Харьковской и других опытных станций также свидетельствуют о преимуществе возделывания культур в севооборотах, нежели в бессменных посевах. Результаты опытов, проведенных в разных районах нашей страны, показывают, что для всех культур отмечаются прибавки в урожае при возделывании их в севообороте как при внесении удобрений, так и без их внесения (табл. 21). Зерновые, возделываемые в севообороте, повышают урожайность по сравнению с бессменными их посевами на неудобренном фоне на 5—10 ц/га, или в 1,5—2,0 раза, а с применением удобрений — на 4,3—12 ц/га, или на 30—50%.

Таблица 21

Средние прибавки в урожае полевых культур при возделывании их
в севообороте по сравнению с бессменными посевами
(по С. А. Воробьеву, Д. И. Бурэву, А. М. Туликову и др., 1977)

Культура	Число опытов	Продол- житель- ность про- ведения опытов, лет	Прибавки в урожае			
			без внесения удобрений		при внесении удобрений	
			ц/га	%	ц/га	%
Озимая пшеница	7	8	9,7	61	12,1	53,0
Озимая рожь	4	19	8,5	100	9,0	52,0
Яровая пшеница	3	5	7,1	54	7,4	40,0
Овес	2	32	5,1	48	4,3	30,0
Картофель	10	13	47,0	48	45,0	29,0
Кукуруза на зерно	3	14	10,1	22	0,3	0,1
Кукуруза на силос	6	6	32,0	19	32,0	11,0
Сахарная свекла	3	11	100,0	143	120,0	66,0
Хлопчатник	2	18	7,4	47	8,9	32,0

Различные пропашные культуры неодинаково реагируют при бессменном их возделывании на одном и том же поле. Сахарная свекла и подсолнечник предъявляют высокие требования к чередованию культур в севообороте. Они не могут повторно возделываться на полях из-за массового поражения их вредителями, болезнями и массового появления сорняков. Сахарная свекла почти не обладает конкурентоспособностью по отношению к сорно-полевым растениям, повреждается свекловичной корневой тлей и нематодами. При отсутствии орошения посевы свеклы могут возделываться на прежнем поле не раньше, чем через три года, а при опасности поражения нематодами не ранее, чем через пять лет. Озимая пшеница при повторных посевах сильно поражается корневыми гнилями. В этом отношении озимая рожь лучше выносит повторные посевы. Повторные посевы яровой пшеницы и других яровых зерновых культур в большинстве случаев приводят к снижению их урожайности по сравнению с посевами их по другим предшественникам. Лен относится к культурам, наиболее страдающим от повторных посевов и частого возвращения на прежние поля из-за сильного развития патогенных для льна грибов и бактериальных ингибиторов. Конопля может высеваться повторно, если на поля вносится достаточное количество органических удобрений. Кукуруза, картофель, хлопчатник могут возделываться на одном поле несколько лет подряд, если нет опасности поражения их болезнями и вредителями.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА ПАРОВ И ОТДЕЛЬНЫХ ГРУПП СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР КАК ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ

Сельскохозяйственные растения и приемы их возделывания оказывают существенное и разнообразное влияние на многие свойства почв, состояние последующих посевов, их засоренность и т. д. Эти изменения существенно сказываются на росте, развитии и урожайности последующих культур. Сельскохозяйственные культуры, которые занимали данное поле в предыдущем году, называются **предшественниками**. Предшественниками могут быть и пары. Выяснение влияния различных групп сельскохозяйственных культур и технологии их возделывания на свойства почв и состояние полей важно для оценки их как предшественников для возделывания последующих культур, для правильной организации чередования культур на полях, для построения структуры севооборотов.

Паровое поле (пар). Пар — это состояние поля, свободного от сельскохозяйственных растений в течение определенного периода времени. Как правило, паровые поля тщательно обрабатываются, поддерживаются в чистом от сорняков состоянии, на них вносятся удобрения. Значение пара как предшественника определяется характером его содержания.

Чистый пар — это поле, свободное от возделывания культур в течение всего вегетационного периода. Разновидностями чистого пара являются черный, ранний и кулисный пары.

Черный пар — это чистый пар, на котором основная обработка, т. е. наиболее глубокая, проводится летом или осенью предшествующего парованию года. Это позволяет осуществить наиболее действенные меры механической и химической борьбы с сорными растениями.

Ранний пар — это чистый пар, обработка которого начинается весной, в год, когда поле отводится под пар. Отсутствие осенней обработки вслед за убранной культурой снижает сороочищающее значение раннего пара по сравнению с черным.

Кулисный пар представляет собой чистый пар, на котором полосами высеваются высокостебельные растения в виде кулис. Эти кулисы служат для задержания снега, накопления влаги в почве и для предотвращения эрозионных процессов, дефляции почв.

В **занятых парах** в первой половине вегетационного периода возделывают культуру с наиболее ранним сроком уборки урожая. Этими культурами могут быть ранние сорта картофеля, кормовые травы, силосные культуры. Время, которое остается от уборки урожая парозанимающей культуры до посева другой культуры, обычно озимых, используют для обработки почвы, как и в чистом пару.

Сидеральный пар — это занятый пар, где в качестве парозанимающей культуры высеваются бобовые растения для заделки их в почву на зеленое удобрение.

Агротехническое преимущество чистых паров перед другими предшественниками состоит прежде всего в лучшем обеспечении растений, которые затем высеваются, влагой. Роль чистых паров возрастает с увеличением аридности климата и дефицита влаги в почве: с северо-запада европейской части страны к югу и юго-востоку. Чистые пары высокоэффективны, когда их хорошо обрабатывают, осуществляют надлежащий уход за ними и вносят высокие дозы органических и минеральных удобрений. В этом случае поля очищаются от сорных растений, оздоравливаются за счет очищения от токсинов, уничтожения вредителей и возбудителей болезней культурных растений. Интенсивная обработка чистого пара усиливает минерализацию органического вещества в почве, что увеличивает запас доступных питательных веществ для растений. Лучшая обеспеченность пшеницы азотом при посеве ее по чистому пару позволяет получать зерно лучшего качества, с более высоким содержанием белка и клейковины. Чистые пары являются одними из самых лучших предшественников для озимых культур и яровой пшеницы.

Чистые пары рекомендуется вводить в севообороты в южных районах, где отмечается дефицит влагообеспеченности культурных растений. В районах достаточного увлажнения чистые пары вводятся как исключение для улучшения фитосанитарных свойств почв (в случае сильной засоренности полей), при сильной каменистости почв (в целях уборки камней).

Занятые пары являются хорошими предшественниками для озимых культур в районах с достаточной влагообеспеченностью. Раннеспелые культуры, как правило, уступают позднеспелым по вы-

ходу продукции, однако они позволяют провести своевременно и доброкачественно подготовку почвы и посев озимых и создать, таким образом, необходимые условия для получения хороших всходов и осеннего периода вегетации этих культур.

Экономическое преимущество чистого пара как предшественника состоит в том, что недобор урожая в год парования поля перекрывается прибавками урожаев сельскохозяйственных культур, высеваемых на нем в течение ряда лет. По мере продвижения с юго-востока на северо-запад прибавки урожаев от включения в севообороты чистого пара по сравнению с занятым все более уменьшаются и его введение становится менее выгодным.

Доля чистых паров среди пахотных почв в нашей стране в разные годы колебалась. В 1940 г. из 150,6 млн га посевных площадей чистые пары занимали 28,9 млн га, т. е. составляли 19,19 %, в 1960 г. — 17,4 млн га при 203,0 млн га посевных площадей, т. е. 8,57 %, в 1980 г. — 13,8 млн га из 217,3 млн га посевных площадей — 6,35 %, а в 1989 г. их доля вновь увеличивалась, они составляли 20,2 млн га из 209,8 млн га посевных площадей.

При введении чистых паров возрастает эффективное плодородие почвы за счет использования резерва питательных элементов почвы, т. е. за счет снижения потенциального плодородия, при этом в какой-то степени происходит и ухудшение структурного состояния почв. В чистых парах интенсивно протекают процессы минерализации органического вещества почвы. Уменьшение содержания гумуса также приводит к снижению потенциального плодородия почвы. Неблагоприятные последствия, связанные с потерей почвами гумуса, заключаются в следующем:

- 1) ухудшаются физические, водно-физические свойства почв, происходят распыление и уплотнение почвы, существенно возрастает опасность развития эрозионных процессов;

- 2) почвы теряют потенциально доступные запасы элементов минерального питания и азота, происходит потеря наиболее «активной» части гумуса;

- 3) снижается эффективность применения минеральных удобрений, в частности создаются неблагоприятные условия взаимодействия твердой фазы почвы с фосфатами;

- 4) ухудшаются физико-химические параметры почв (уменьшаются буферность, обменная поглотительная способность почв и др.);

- 5) снижается биологическая активность почв, уменьшается количество компонентов почвенного органического вещества.

Длительное нахождение поля без растений увеличивает опасность проявления эрозионных процессов, особенно дефляции в южных районах. Именно поэтому в этих районах рекомендуется в чистых парах и в последующих посевах зерновых культур производить посев кулисных культур.

Многолетние травы. Среди предшественников многолетние травы обладают двумя несомненными преимуществами: они улучшают структурное состояние почвы и обогащают ее органическим

веществом и азотом. Д. Н. Прянишников отмечал, что даже при полном обеспечении сельскохозяйственных культур минеральными удобрениями многолетние бобовые травы не потеряют своего значения и в будущем как дешевый источник биологического азота.

Большое влияние многолетние травы оказывают на улучшение физических свойств почв, они защищают ее от водной эрозии и дефляции. Эти растения служат основными культурами в почвозащитных севооборотах. При хорошем травостое многолетние травы подавляют развитие многих сорных растений.

В условиях достаточного увлажнения или орошения многолетние бобовые травы (и их смеси со злаковыми) одно- и двухгодичного пользования являются прекрасными предшественниками для озимых культур, льна, конопли, хлопчатника, картофеля, проса, яровых зерновых культур.

Пропашные культуры. В эту группу входят разнообразные по биологии сельскохозяйственные растения, которые характеризуются одинаковыми способами их возделывания (глубокая обработка, междурядная обработка). Это картофель, хлопчатник, кукуруза, подсолнечник, сахарная свекла, кормовые бобы, соя, фасоль, сорго и др. Общим для всех этих культур является их сороочищающая роль в севообороте. При правильном уходе пропашные культуры в этом отношении приближаются по эффективности к чистым парам. Другим общим признаком пропашных культур при их возделывании является повышенная биологическая активность почвенных микроорганизмов вследствие систематического рыхления почвы, ее обработки в течение вегетационного периода. Поэтому при возделывании пропашных культур в почве активно идет процесс мобилизации подвижных питательных веществ, разложение органического вещества. Пропашные зернобобовые культуры, такие, как соя, кормовые бобы, усиливают деятельность клубеньковых бактерий, вследствие чего почва обогащается азотом. На полях, занятых пропашными культурами, влага летних осадков легко проникает в почву и может в ней накапливаться. Вместе с этим на таких полях имеется большая опасность проявления эрозионных процессов, чем на полях, занятых многолетними травами или непропашными культурами. При прочих равных условиях кукуруза, а тем более картофель оставляют после себя больше влаги в почве, чем сахарная свекла и подсолнечник.

Пропашные культуры являются хорошими предшественниками для яровых зерновых, зернобобовых, льна, конопли, крупяных культур. После пропашных культур вполне можно высевать и высаживать растения из этой же группы: картофель служит хорошим предшественником для кукурузы и сахарной свеклы, кукуруза — для подсолнечника. Кукуруза на зеленый корм, ранние сорта картофеля, кормовые бобы — хорошие предшественники для озимых культур. Положительное влияние возделывания пропашных культур часто сказывается и на второй культуре, посеянной после них.

К техническим непропашным культурам относятся лен и коноп-

ля. Они являются удовлетворительными предшественниками для других культур. После их уборки в почве остается мало органических остатков. Продукция льна и конопли полностью удаляется из полей и не является в последующем источником навоза, в то время как остатки других культур частично возвращаются в почву.

Зернобобовые непропашные культуры — это горох, кормовой люпин, нут, чечевица, вика на семена и др. Они считаются ценными предшественниками для зерновых, пропашных и технических культур. Хотя зернобобовые непропашные культуры оставляют после себя сравнительно мало органических остатков и не оказывают существенного влияния на улучшение физических свойств почв, в то же время они являются азотонакопителями, правда, в несколько меньшей степени, чем клевер и люцерна. Ранние загущенные посевы гороха и других культур этой группы сильно затегают поверхность почвы и подавляют развитие сорных растений. Под зернобобовыми растениями сохраняется структурное состояние почвы, она в меньшей степени уплотняется, лучше сохраняется почвенная влага в верхних горизонтах, чем это наблюдается под зерновыми колосовыми культурами. Зернобобовые культуры, особенно люпин, могут переводить труднорастворимые фосфаты в растворимые, которые затем могут быть использованы последующими культурами. Болезни и вредители зернобобовых культур, как правило, не опасны для других растений. Повторные посевы самих зернобобовых или их чередование с другими бобовыми культурами не рекомендуются из-за менее продуктивного использования накопленного в почве азота возделываемыми растениями, а также из-за распространения болезней и вредителей этих культур.

Некоторые зернобобовые культуры рано убираются и служат в этом случае хорошим предшественником для озимых культур, поскольку поля могут быть хорошо подготовлены.

Зерновые культуры. В эту группу сельскохозяйственных культур входят овес, озимые, яровые колосовые, крупяные культуры. Озимые культуры обладают лучшей сороочищающей способностью, чем яровые, вследствие своего быстрого развития весной затегают многие сорные растения, опережая их в росте. Озимые культуры лучше используют влагу осенних и зимних осадков. Так как их раньше убирают, чем яровые культуры, то создаются лучшие условия для накопления осадков в почве и в послеуборочный период. После уборки проса в почве при прочих одинаковых условиях остается больше влаги, чем после яровой пшеницы, овса и ячменя.

Озимые зерновые культуры служат хорошим предшественником для яровых зерновых, пропашных и зернобобовых культур. Яровые зерновые культуры как предшественники уступают озимым. Из яровых зерновых лучшим предшественником для других культур этой же группы сельскохозяйственных культур является овес, который почти не поражается корневыми гнилями. Из крупяных культур хорошим предшественником для многих культур является просо, посеянное после многолетних трав.

Хорошими предшественниками для озимой пшеницы и озимой ржи являются чистые пары. Озимые также высеваются после занятых паров. В этом случае урожайность их оказывается несколько ниже, чем при посеве по чистым, однако этот недобор возмещается получением продукции культур, высеянных или высаженных в паровом поле (ранними сортами картофеля, кормовыми, силосными и другими культурами). Многолетние травы двухгодичного пользования как предшественники озимых культур несколько хуже, чем занятые пары, однако клевер одногодичного пользования на один укос не только не уступает занятым парам, но и часто превосходит их, например, в Нечерноземной зоне европейской части СССР. Озимые могут возделываться после зернобобовых культур, которые как предшественники обогащают почву азотом, способствуют повышению урожайности и качества зерна озимых культур.

Прекрасным предшественником для яровой пшеницы в южных районах является чистый пар. К хорошим относятся такие предшественники, как пропашные культуры, особенно картофель, озимая рожь, высеянная по хорошим предшественникам. Из яровых зерновых лучшим предшественником для яровой пшеницы служит овес, так как после него резко снижается поражение яровой пшеницы корневыми гнилями. Для ячменя хорошими предшественниками являются картофель, горох, клевер, сахарная свекла, подсолнечник, кукуруза. Его также высевают после озимой ржи и льна. Посевы льна размещают, как правило, в одном поле севооборота, и они должны занимать не более 15% площади посевов севооборота. Лен высевается после многолетних трав, пропашных, а также зерновых культур. Сахарную свеклу в севооборотах размещают после озимых (пшеницы, ржи), высеваемых по чистым и занятым парам, картофеля, многолетних трав одногодичного пользования.

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ И ПОСТРОЕНИЕ, СЕВООБОРОТОВ

Главной задачей при проектировании севооборотов является выбор и разработка наиболее оптимальных типов и видов севооборотов применительно к конкретным почвенно-климатическим и хозяйственным условиям, обеспечивающим рациональное использование всех земельных угодий. Проектирование севооборотов проводится в неразрывной связи с разработкой организационно-хозяйственных планов, определяющих основное направление развития растениеводческой отрасли хозяйства, его специализацию. Подготовка к составлению проектов севооборотов сводится к тщательному анализу почвенных, климатических, гидрологических и других условий территории, с чем связан выбор структуры посевных площадей севооборота, правильный выбор и размещение культур на полях.

Анализ климатических условий должен включать характери-

стику тепло- и влагообеспеченности растений, сумму активных температур, начало и продолжительность безморозного периода, время наступления устойчивого снежного покрова и его мощность, промерзание почвы, запасы почвенной влаги весной и перед посевом озимых культур, характеристику ветров, периодичность проявления неблагоприятных условий. Собираются сведения о структуре почвенного покрова, свойствах почв и их режимах, рельефе местности, проявлениях эрозионных процессов, водных источниках и возможностях их использования и др. На всей территории землепользования осуществляется агромелиоративное и водохозяйственное обследование земель, на основе чего разрабатывается план мелиоративных и водохозяйственных мероприятий. На естественных кормовых угодьях проводят геоботаническое обследование, определяют состав растительности, продуктивность сенокосов и пастбищ.

После сбора всех материалов приступают при необходимости к трансформации угодий, переводят менее ценные угодья в более ценные, возможны случаи, когда пахотные почвы отводятся под сады, плодовые или лесные насаждения и наоборот.

Разработка севооборотов производится после составления плана использования всех сельскохозяйственных угодий и выбранного основного направления (специализации) хозяйства. Организационно хозяйственный план осуществляется в виде проекта внутрихозяйственного землеустройства. При разработке структуры посевных площадей устанавливают соотношение между различными группами культур (зерновыми, техническими, кормовыми, овощными и т. д.). В пределах каждой группы выбирают наиболее продуктивные и выгодные культуры. В структуре посевных площадей предусматривают возможность научно обоснованного чередования культур при необходимости иметь площади, отводимые под чистые пары. При выборе для производства тех или иных культур должны учитываться экологические требования растений к почвам как среде обитания.

На основе разработанной структуры посевных площадей определяют число севооборотов, их площадь, площадь полей в каждом севообороте (которые, по возможности, делаются равновеликими или с отклонениями не более 10%, прямоугольной или близкой к ней форме с учетом структуры почвенного покрова), состав, пропорцию и чередование культур на каждом из них. При проектировании почвозащитных севооборотов в первую очередь соблюдается такая форма и размеры полей, чтобы предохранить почву от эрозии.

Чередование культур устанавливается в соответствии с ранее рассмотренными принципами построения севооборотов, с учетом опыта ведения земледелия самого хозяйства и научных рекомендаций опытных станций. Составляется система агротехнических мероприятий для каждого поля.

В основу существующей классификации севооборотов положе-

ны состав и соотношение возделываемых сельскохозяйственных культур, а также наличие в севооборотах чистых паров.

Типы севооборотов. Все севообороты подразделяются на три типа: полевые, кормовые и специальные. В основе такого деления лежат хозяйственное назначение севооборотов, главный вид растениеводческой продукции, производимой в севообороте (зерно, корма, технические культуры и т. д.), а также их территориальное расположение в хозяйстве.

Полевые севообороты предназначены для возделывания зерновых и технических культур, не предъявляющих особых требований к почвенным условиям произрастания или специальных мер по их выращиванию (сахарная свекла, подсолнечник, лен и др.). Определенная площадь в этих севооборотах может быть занята кормовыми культурами.

Кормовые севообороты организуют для возделывания главным образом кормовых культур (многолетних и однолетних трав, силосных культур, кормовых корнеплодов). В зависимости от состава этих культур и местоположения севооборота по отношению к животноводческим фермам и комплексам этот тип севооборота делят на два подтипа: прифермские и сенокосно-пастбищные.

Прифермские севообороты размещают на пахотных почвах вблизи животноводческих комплексов и ферм. Они предназначены для возделывания сочных кормов — зеленых кормов, корнеплодов, силосных культур. В их составе могут быть многолетние травы с использованием их на зеленый корм или под выпас (переменное культурное пастбище). Сенокосно-пастбищные севообороты организуют за счет распашки естественных кормовых угодий, как правило, удаленных от ферм, для возделывания многолетних и однолетних трав на сено, сенаж, сennую муку. Часть полей этих севооборотов используют как культурные пастбища.

Специальные севообороты вводят для особо требовательных к почвам и к условиям технологии возделывания культур. К таким культурам относятся рис, табак, овощи и др. К специальным относятся и почвозащитные севообороты.

Виды севооборотов. Каждый тип севооборота может иметь несколько видов, отличающихся по соотношению культур, разным по биологическим особенностям, условиям возделывания и по влиянию их на свойства почвы, на плодородие, а также по наличию в составе севооборотов чистых паров. По этим признакам выделяются следующие виды севооборотов: зернопаровые, зернопаропропашные, зернопропашные, зернотравяные, травянопропашные, пропашные, зернотравянопропашные (или плодосменные, плодпеременные), многопольнотравяные (травопольные) и сидеральные. В каждом типе севооборота могут быть разные виды севооборота.

Севообороты могут различаться по количеству в их составе полей. Они могут быть четырех-, пяти-, шести-, семипольные и более. Число полей устанавливается исходя из особенностей струк-

туры почвенного покрова, экономических, организационно-хозяйственных интересов.

Наиболее полное название севооборота включает указание его типа, вида и числа полей. Например, полевой зернопаропропашной восьмипольный севооборот или кормовой травопольный пятипольный севооборот. Характеристика отдельных видов севооборотов складывается на основе учета в их составе соотношения возделываемых культур, различных по технологии выращивания, наличия чистых паров и воздействия последних на плодородие почвы.

Зернопаровые севообороты состоят из одного-двух полей чистого пара, а остальные поля отведены под зерновые, зернобобовые культуры, которые занимают большую часть площади севооборота. Пример: 1—пар, 2—пшеница, 3—пшеница, 4—ячмень. Зернопаровые севообороты применялись в России с XIV—XV вв. и оставались господствующими вплоть до 20-х годов настоящего столетия. В южных районах применялся двух- и трехпольный севооборот, а в северных—преимущественно трехпольный: пар—рожь—овес. В настоящее время зернопаровые севообороты применяются в засушливых районах Северного Казахстана и в степной части Западной Сибири. Чистые пары имеют здесь большое значение для накопления и сохранения влаги в почве и борьбы с сорными растениями.

Зернопаропропашные севообороты кроме зерновых культур и чистых паров включают и пропашные культуры, например картофель, сахарную свеклу и др. При этом зерновые занимают большую часть пашни. Такие севообороты распространены в свеклосеющих хозяйствах. Примером может служить следующее чередование культур: пар чистый—озимая пшеница—сахарная свекла—ячмень—горох—озимая пшеница—яровая пшеница.

Зернопропашные севообороты применяют во многих картофелеводческих и свеклосеющих хозяйствах. Посевы зерновых прерываются пропашными культурами. Зерновые занимают половину или более половины площади севооборота. Помимо зерновых и пропашных культур в состав таких севооборотов могут входить и занятые пары, например: 1—пар занятый, 2—озимые, 3—пропашные (картофель), 4—яровые зерновые, 5—яровые зерновые.

Зернотравяные севообороты состоят из двух-трех полей многолетних и однолетних трав, включая занятый пар, и культуры зерновой группы. В льносеющих хозяйствах применяют особую разновидность этого севооборота—зернольнянотравяной. Он отличается от основного тем, что одно поле зерновых заменяют посевами льна. Если в зернотравяном севообороте имеется поле чистого пара, то он называется зернопаротравяным.

Травянопропашные севообороты включают многолетние травы, пропашные культуры и одно-два поля, занятых однолетними травами. К травянопропашным севооборотам относятся люцерно-хлопковые, овоще-картофельные с многолетними травами. Такие севообороты наиболее распространены среди кормовых прифермских севооборотов.

Пропашные севообороты отличаются от других видов севооборотов преобладанием полей, занятых пропашными культурами, под которые отводится половина (или более) площади посевов, а остальная площадь занята другими культурами. Иногда и вся площадь занимается пропашными культурами, например в кормовых прифермских корнеплодно-силосных севооборотах: силосные — корнеплоды — картофель. Пропашные севообороты представляют собой наиболее интенсивный вид севооборотов. В современных условиях пропашной вид севооборота применяют в увлажненных районах Северного Кавказа и Украины, где доля пропашных культур, сахарной свеклы, подсолнечника, кукурузы превышает половину площади всех посевов; в ряде районов орошаемого земледелия Средней Азии, где все поля севооборота заняты пропашными культурами (хлопчатником, кукурузой). Пропашные севообороты требуют внесения на поля больших доз органических удобрений и могут применяться на эрозионнобезопасных, хорошо окультуренных почвах.

Зернотравнопропашные севообороты включают три группы сельскохозяйственных культур: зерновые, пропашные и бобовые травы. При таком соотношении культур можно осуществить принцип плодосмена, т. е. на каждом поле чередование культур, разных по биологии и технологии возделывания. В типичных плодосменных севооборотах в качестве трав высеваются клевер, люцерна, эспарцет и др. Использование их в течение двух лет не нарушает принципа плодосмена. Примером плодосменного севооборота может служить классический норфолькский севооборот, в котором под зерновыми занято 50% площади посевов, под пропашными и бобовыми травами — по 25%: 1 — клевер, 2 — озимая пшеница, 3 — турнепс, 4 — ячмень с подсевом клевера.

Переход к плодосменным севооборотам в свое время явился крупным шагом в интенсификации земледелия и ведения его на научной основе. Переход к плодосменным севооборотам в Западной Европе (сначала в Англии, а затем в Бельгии, Голландии и других странах Западной Европы) еще до применения в сельском хозяйстве минеральных удобрений привел к удвоению урожайности зерновых культур (с 7—8 ц/га в конце XVIII столетия в период зернового трехполья до 16—17 ц/га в 1840—1880 гг. при возделывании их в зернотравнопропашных севооборотах). В нашей стране плодосменные севообороты получили распространение несколько позже, чем в Западной Европе. В настоящее время они применяются в таежно-лесной и лесостепной зонах европейской части РСФСР и СССР, в южных засушливых районах при орошении.

При одной и той же структуре плодосменного севооборота смена культур, относящихся к разным биологическим группам, может происходить не ежегодно, а через два года, например: 1 — многолетние травы, 2 — многолетние травы, 3 — зерновые, 4 — зерновые, 5 — пропашные, 6 — пропашные, 7 — зерновые, 8 — зерновые. Такое чередование культур получило название сдвоенного плодосмена (севооборот в таком случае называется сдвоенным).

По мере специализации хозяйств часть плодосменных севооборотов может переводиться в другие виды. Однако в районах свеклосеяния плодосменные севообороты наряду с зернопропашными остаются основными в полевом хозяйстве.

Травопольные севообороты в своем составе имеют многолетние травы, которые занимают половину или более площади севооборота. Остальная площадь отводится под однолетние культуры (зерновые, однолетние травы, лен и др.). В зависимости от использования трав эти севообороты могут быть сенокосно-пастбищными и сенокосными (в кормовых типах севооборотов). Травопольные севообороты хорошо выполняют почвозащитную роль, и поэтому их используют в хозяйствах для защиты почв от водной эрозии, особенно в лесостепной зоне.

Сидеральным называют такой вид севооборота, в котором на одном или нескольких полях возделывают сидеральные культуры (люпин, донник и др.) для заправки их на зеленое удобрение. На других полях размещают зерновые и пропашные культуры. Наибольшее распространение сидеральные севообороты имеют на песчаных и супесчаных почвах в западных районах Белоруссии и Украины. К этому виду не относят севообороты, в которых возделываются бобовые травы (например, безалколоидный люпин), предназначенные на корм животным или на семена.

Принципы построения различных видов севооборотов основываются на чередовании культур с учетом специализации хозяйства. Ротацию любого полевого севооборота можно представить в виде двух или более звеньев севооборота. **Звеном севооборота** называется часть севооборота, состоящая из двух-трех разнородных культур или чистого пара и одной — трех культур. На первом месте в каждом звене ставится чистый пар или культура, которая создает наилучшие условия для роста и развития последующих растений.

Выделяют паровое звено севооборота, пропашное и травяное. Например, паровое звено, в составе которого имеется чистый пар, может иметь различный конкретный набор и сочетание культур: пар — озимые — озимые; пар — озимые — яровые зерновые; пар — яровые зерновые — яровые зерновые; пар — озимые; пар — яровые зерновые. Основой пропашного звена севооборота является пропашная культура, после которой год или два возделываются зерновые или зерновые и зернобобовые культуры. Сочетание паровых и пропашных звеньев дает различные схемы зернопаропропашных видов севооборотов. В травяном звене севооборота предшественником зерновых или льна являются многолетние травы первого, второго года (или более лет) пользования. Например, многолетние травы второго года пользования — озимые (третьей культурой могут быть яровые зерновые) или многолетние травы второго года пользования — лен — озимые.

В полевых севооборотах пропашного или травянопропашного видов посеvy пропашных культур производят 2—3 и более лет подряд. При этом возможны повторные посеvy или посадки одной

и той же культуры, например хлопчатника, сахарной свеклы (при орошении), картофеля, кукурузы, сои и др.

В хлопкосеющих районах севообороты часто включают только две культуры: хлопчатник и люцерну. Люцерна обычно возделывается на одном поле два-три года подряд. Она улучшает физические свойства почв, обогащает ее органическим веществом, понижает уровень грунтовых или дренажных вод, что предотвращает возможность вторичного засоления. Люцерна также является действенным средством борьбы с вилтом и другими болезнями хлопчатника. При высоком уровне земледелия после люцерны получают высокие урожаи хлопка-сырца при повторных посевах хлопчатника в течение пяти лет подряд и более. Поскольку в таком севообороте чередуются всего две культуры, то их ротацию обозначают отношением числа полей, занятых люцерной и хлопчатником. Так, севооборот с двумя полями люцерны и пятью полями хлопчатника обозначается отношением как 2 : 5.

Кормовые севообороты в отличие от полевых, как правило, не имеют парового звена, в них мало или совсем не возделываются зерновые культуры. Все это сказывается на характере и сочетании звеньев севооборотов. Преобладающими видами прифермских кормовых севооборотов являются плодосменные, пропашные и травянопропашные, а сенокосно-пастбищных — травопольные.

Специальные севообороты по хозяйственному назначению, а следовательно, и по составу культур могут быть весьма разнообразными. Сюда относятся овощные, конопляные, ягодные, рисовые и другие севообороты. Наибольшее распространение среди них занимают овощные севообороты.

В структуре посевных площадей овощных культур наибольший удельный вес занимают капуста, корнеплоды (столовая свекла и морковь), лук. Все овощные культуры требовательны к почвенным условиям, наличию в почве доступных питательных элементов и воды. Большая часть овощных севооборотов относится к пропашному и травянопропашному видам. Многолетние травы, включаемые в пропашные севообороты через каждые 3—5 лет и на 2—3 года прерывающие овощные пропашные культуры, улучшают санитарные условия почв. Когда в севооборотах овощные культуры чередуются с кормовыми или зерновыми культурами, такой севооборот является кормоовощным.

Рисовые севообороты имеют свою особую специфику. В период длительного затопления чеков, на которых произрастает рис, в почвах преобладают восстановительные процессы, которые ухудшают почвенные условия произрастания культурных растений и риса в том числе. К тому же при длительном возделывании риса на одном чеке (поле) появляется много специализированных сорных растений. Поэтому для обогащения почвы органическим веществом, питательными веществами в рисовые севообороты включают многолетние травы, а для улучшения воздушного режима — пропашные культуры. После каждой из этих культур рис можно высевать на одном поле два года подряд, а при внесении удобрений и

проведении мероприятий по борьбе с сорными растениями и больше. Особое место среди специальных севооборотов принадлежит почвозащитным севооборотам.

5. ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ КУЛЬТУРЫ И ВЛИЯНИЕ ИХ НА ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ

В условиях интенсификации и специализации земледелия в кормовых, полевых и специализированных севооборотах большое значение приобретают посевы промежуточных культур. **Промежуточными** называются сельскохозяйственные культуры, которые выращиваются на пахотных почвах в периоды вегетационного сезона, свободные от возделывания основных культур севооборота. Они позволяют лучше использовать пашню, агроклиматические ресурсы, увеличивать производство кормов и положительно решать ряд вопросов чередования культур в специализированных севооборотах.

Большинство сельскохозяйственных культур занимают поля севооборота в течение времени, составляющего 50—70% от продолжительности общего периода возможной вегетации растений. Например, во многих районах Нечерноземной зоны РСФСР после уборки озимых и яровых зерновых культур остается более двух месяцев летне-осеннего теплого периода, когда выпадает достаточное количество осадков, а сумма биологически активных температур выше 10°C достигает 800—1000°, что составляет 30—40% агроклиматических ресурсов теплого периода года. За этот период времени можно вырастить и получить урожай кормовых и сидеральных культур.

Возможность возделывания промежуточных культур в богарных условиях ограничивается двумя обстоятельствами: 1) продолжительностью вегетационного периода, который определяется географическим положением данного хозяйства и видом возделываемой основной культуры; 2) наличием достаточного количества влаги, т. е. влагообеспеченностью растений. Поэтому в европейской части СССР, например, возделывание промежуточных культур ограничено северной границей, проходящей примерно через Ленинград — Тверь — Иваново — Казань — Уфу, и южной — через Кишинев — Одессу — Херсон — Днепропетровск — Харьков — Воронеж — Пензу — Ульяновск — Уфу. Южнее возделывание промежуточных культур возможно лишь при орошении.

Промежуточные культуры являются прежде всего важным источником кормов. Они позволяют в севооборотах интенсивного земледелия значительно повысить коэффициент использования пашни (КИП), который характеризует отношение посевов сельскохозяйственных культур к общей площади пашни. Интенсификация земледелия, например в Нечерноземной зоне, исторически сопровождалась увеличением КИП. В дореволюционной России в основе земледелия лежал трехпольный севооборот.

КИП при этом составлял 0,67. Расширение набора возделываемых культур в годы Советской власти и переход к севооборотам типа: 1 — чистый пар, 2 — озимые, 3 — яровые, 4—5 — многолетние травы, 6 — озимые, 7 — пропашные, 8 — яровые — позволили увеличить КИП до 0,875. С переходом от чистых паров к занятым в этом же севообороте коэффициент использования пашни достиг 1,00, а при возделывании в нем на втором, шестом и восьмом полях промежуточных культур КИП возрастает до 1,375.

В зависимости от сроков посева основных культур, после уборки которых возделываются промежуточные культуры, эти последние делятся на озимые, пожнивные, подсевные и поукосные.

В качестве **озимых** промежуточных культур могут быть использованы озимая рожь, озимая пшеница, озимый ячмень, озимый рапс, озимая сурепка, вика мохнатая и их смеси. Эти растения устойчивы к перезимовке, быстро растут и рано весной дают хороший урожай зеленой массы на корм скоту. После уборки этих культур могут возделываться картофель, кукуруза и другие культуры. Насыщение севооборотов этими видами промежуточных культур до 25% увеличивает выход продукции в севооборотах на 15—20% при одновременном снижении себестоимости продукции и повышении производительности труда.

Поживные промежуточные культуры высеваются летом, сразу после уборки основной зерновой культуры (по жнивью) и дают урожай зеленой массы или другой продукции осенью того же года. Так, на Кубани после уборки озимых и яровых зерновых культур высевает кукурузу на зеленую массу, урожайность которой достигает 250 ц/га и более. В западных районах Украины и Белоруссии на легких почвах в качестве промежуточной культуры высевается однолетний люпин, который может дать зеленой массы 150—200 ц/га.

Подсевные промежуточные культуры высеваются весной под покров зерновых или других культур и дают урожай осенью того же года. В качестве подсевных культур используются райграс однолетний, вика мохнатая, сераделла с викой яровой, донник белый, различные виды многолетних и однолетних трав.

Поукосные промежуточные культуры высеваются после скашивания однолетних и многолетних трав. В качестве поукосных культур высеваются смеси гороха с овсом, кормовыми бобами, озимым рапсом, белой горчицей, озимый рапс, турнепс, кормовая свекла, донник, эспарцет, клевер однолетний, сераделла, люпин и др. Многие культуры летнего посева быстрее растут и достигают кормовой спелости раньше, чем при обычных сроках сева, и при этом они, как правило, содержат в своем составе больше протеина. Медленно растущие в первый период своего развития травы высевают под покров зерновых культур или однолетних трав.

В зависимости от сроков сева поукосные культуры могут быть и основными и промежуточными. В том случае, когда поукосные культуры занимают большую часть времени возможной вегетации

растений, они относятся к основным, если же меньшую, то к промежуточным культурам.

Выбор промежуточных культур определяется конкретными почвенно-климатическими условиями. В южных районах страны при достаточной влагообеспеченности растений продолжительный период возможной вегетации создает хорошие возможности для возделывания промежуточных культур в послеуборочный период. В северных районах получение продукции промежуточных культур в большей степени зависит от продолжительности теплого периода года. Для южных районов выбирают теплолюбивые засухоустойчивые культуры, а для северных — нетребовательные к теплу скороспелые и быстрорастущие. Поэтому в южных районах для пожнивного и поукосного посева промежуточных культур пригодны подсолнечник, кукуруза, гречиха, просо и другие поздние яровые культуры, а в более северных — турнепс, кормовая свекла, редька масличная, овес, горох и др.

Помимо того что промежуточные культуры дают дополнительную продукцию, их ценность заключается и в том, что они дают зеленый корм ранней весной и поздней осенью, когда в них ощущается наибольшая потребность. Дополнительные обработки почвы при возделывании промежуточных культур уничтожают сорные растения и способствуют прорастанию семян и вегетативному отращиванию сорняков в почве. Появившиеся всходы сорняков под покровом быстрорастущих и загущенных посевов промежуточных культур уничтожаются до созревания семян при уборке этих культур на корм или запашке на зеленое удобрение. Поэтому промежуточные культуры снижают засоренность полей севооборота на 35—50%.

Промежуточные культуры не только служат для получения дополнительной продукции и как средство уменьшения засоренности посевов, но и положительно влияют на плодородие почвы и другие ее свойства. Например, поживной люпин, подсеваемая сераделла, озимая мохнатая вика обогащают почву азотом, повышают в ней содержание водопрочных структурных агрегатов. Белая горчица, люпин и некоторые другие промежуточные культуры переводят труднорастворимые фосфаты почвы в доступные для растений соединения. После уборки промежуточных кормовых культур в почве остаются значительные количества органических остатков, что особенно важно для бедных органическим веществом почв. Озимая рожь, например, как промежуточная культура оставляет в почве до 60 ц/га органических остатков. При высокой культуре возделывания промежуточных культур урожайность последующих культур на этих полях севооборота повышается в среднем на 10—15%. Возделывание промежуточных культур без внесения удобрений или же при внесении их в недостаточном количестве при плохой обработке почв и посевов может приводить к снижению урожайности последующих культур, к снижению плодородия почвы.

Промежуточные культуры играют большую роль в повышении плодородия почв, особенно при их возделывании на зеленое удоб-

рение. Экономически они значительно выгоднее сидератов, выращиваемых в качестве основных культур в севообороте. Они позволяют увеличивать в севообороте площадь посевов зерновых и других ценных культур при одновременном обогащении почвы органическим веществом.

Плотные посевы промежуточных культур, занимая поля в свободный от основной культуры период вегетации, предохраняют почву от воздействия солнца, ветра, уменьшают минерализацию органического вещества почвы, а корневая система и зеленый покров промежуточных культур в позднеосенний и ранневесенний периоды предохраняют почву от эрозии.

Роль промежуточных культур возрастает по мере расширения узкоспециализированных севооборотов. Концентрация животноводства требует интенсивного кормопроизводства на больших площадях вокруг животноводческих комплексов. Вследствие этого производство зерна и других культур сосредоточивается на земельных массивах, удаленных от центра хозяйств и животноводческих ферм. Это, а также определенная потребность общества в отдельных видах продукции земледелия ведет к более узкому набору возделываемых культур в севооборотах. Многие отрицательные последствия предельного насыщения севооборотов отдельными культурами могут быть предотвращены или уменьшены с помощью посевов промежуточных культур на корм и зеленое удобрение.

Включение промежуточных сидеральных культур в специализированные полевые севообороты в сочетании с внесением в почву соломы и азотных минеральных удобрений позволяет, в определенной степени, заменить навозное удобрение.

На Кубани в связи с увеличением площади посевов риса насыщение севооборотов этой культурой достигает 70—75% и более. В таких случаях большое значение в повышении плодородия почв приобретают озимые промежуточные посевы зимующего гороха и других культур на зеленое удобрение. При этом урожайность риса увеличивается до 28%. Эффективное влияние на плодородие почвы и повышение производства продукции возделываемых культур оказывают зеленые удобрения, высеваемые как промежуточные культуры, в овощных, табачных и других специальных севооборотах.

6. ПОЧВОЗАЩИТНЫЕ СЕВОБОРОТЫ

В почвозащитных севооборотах, которые вводятся на склонах, где имеется опасность проявления или проявляются процессы водной эрозии, поля нарезаются длинной стороной поперек склона. В них представлены преимущественно травопольные виды севооборотов. Подбор оптимальной структуры посевных площадей в севооборотах при выборе для возделывания пропашных культур, многолетних трав, культур сплошного сева или других густопокровных однолетних культур, отличающихся по своей биологии и техноло-

гии возделывания, производится с учетом их почвозащитной роли, условий работы сельскохозяйственной техники.

Большое значение для улучшения физических и водных свойств почв и повышения их противоэрозионной устойчивости на склонах, на смытых почвах имеет посев многолетних трав. Они улучшают структурное состояние почвы, увеличивают количество водопрочных агрегатов, в результате чего повышаются водопроницаемость и влагоемкость почвы, способствующие уменьшению стока осадков и улучшению водного режима почв, а следовательно, возрастает и противоэрозионная устойчивость почв.

Низкое плодородие смытых почв во многом обусловлено малым содержанием в них азота. Поэтому большая роль в повышении плодородия таких почв принадлежит бобовым культурам, ассимиляции азота воздуха. В связи с этим почвозащитные севообороты насыщают многолетними и однолетними бобовыми травами, зернобобовыми культурами.

На смытых почвах по сравнению с несмытыми снижается урожайность всех культур. Однако у разных культур такое снижение неодинаково. Поэтому в севообороты, размещаемые на склонах на смытых почвах, подбираются такие культуры, которые меньше других реагируют на смывость почв. В разных природных зонах в зависимости от местных климатических условий, от типа почв и степени их смывости выявляются наиболее высокоурожайные для этих условий виды и сорта культур. Так, на среднесмытых типичных черноземах Молдовы наибольшее снижение урожайности культур по сравнению с их возделыванием на несмытых почвах отмечается у сахарной свеклы и кукурузы, на 62 и 45% соответственно, и наименьшее — у сои и гороха, на 12—15% (табл. 22).

Т а б л и ц а 22

Урожайность сельскохозяйственных культур на несмытых и среднесмытых типичных черноземах

Культура	Продукция	Урожайность на почвах, т/га		Снижение урожайности на среднесмытых почвах по сравнению с несмытыми	
		несмытых	среднесмытых	т/га	%
Сахарная свекла	корни	26,8	10,3	16,5	62
Кукуруза	зеленая масса	32,7	18,0	14,7	45
Соя	зеленая масса	16,0	14,0	2,0	12
Горох	зерно	2,16	1,84	0,32	15

На смытых почвах снижается всхожесть семян, хуже развивается корневая система растений, уменьшается кустистость и площадь листовой поверхности. Все это приводит к уменьшению проективного покрытия поверхности почвы надземной массой растений, накоплению в почве органического вещества и вследствие

этого к снижению противоэрозионной устойчивости почв. Количество твердого стока с поверхности почвы зависит от того, в каком состоянии находится поле, какими культурами оно занято. А. П. Верейко (1968), принимая коэффициент эрозионной опасности для черного пара за единицу, приводит следующие коэффициенты эрозионной опасности культур: для свеклы и кукурузы — 0,85, картофеля, подсолнечника — 0,75, яровых зерновых — 0,50, гороха, викоовсяной смеси, смеси кукурузы с горохом и чинной — 0,35, озимых зерновых — 0,30, многолетних трав первого года пользования — 0,08, второго года пользования — 0,03, многолетних трав третьего года пользования — 0,01. В зависимости от насыщения севооборотов пропашными культурами и многолетними травами существенно изменяется твердый смыл почвы, как это видно на примере смыва с полей с уклоном 5° в штате Айова (США) за 16 лет наблюдений (табл. 23).

Т а б л и ц а 23

Влияние бессменных посевов кукурузы и различных севооборотов на смыл твердого стока

Чередование культур в севообороте	Твердый сток (в среднем за год), т/га
Бессменные посевы кукурузы	87,8
Многолетние травы — кукуруза — кукуруза — овес с подсевом трав	33,4
Многолетние травы — кукуруза — овес с под- севом трав	21,5
Многолетние травы — многолетние травы — ку- куруза — овес с подсевом трав	13,4

Многолетние травы при хорошем травостое покрывают поверхность почвы в течение всего года, правда, степень покрытия после укосов и ранней весной невысокая. Озимые зерновые культуры защищают своим покровом почву в течение 9,5—10 месяцев (а в таежно-лесной зоне и до 11 месяцев), причем самая большая степень покрытия приходится на май, июнь и июль. Яровые зерновые колосовые культуры сплошь покрывают поверхность почвы в течение трех месяцев, а пропашные, в зависимости от культуры, — до 4 месяцев (в северных районах, например, при возделывании картофеля это время составляет всего 1,5—2 месяца). После снятия урожая озимых и яровых культур почву можно защитить покровом культур, высеваемых после их уборки.

Для выяснения почвозащитной роли той или иной культуры в конкретных почвенно-климатических условиях целесообразно строить совмещенные календарные графики динамики выпадения эрозионноопасных осадков и изменения проективного покрытия возделываемых культур (рис. 8). На основе анализа можно подобрать такие культуры и их совместные посевы, такие сроки посева, чтобы почвы в течение всего времени были предохранены

от эрозии. Можно привести один из вариантов такого совмещенного посева культур, который применяется в одном из хозяйств Молдовы. Осенью проводится сплошной посев озимой ржи. Ранней весной ко ржи подсеивается вика или чина с междурядьями 70 см. В середине — конце мая рожь скашивается на зеленый корм. После уборки ржи проводится обработка междурядий вики (или

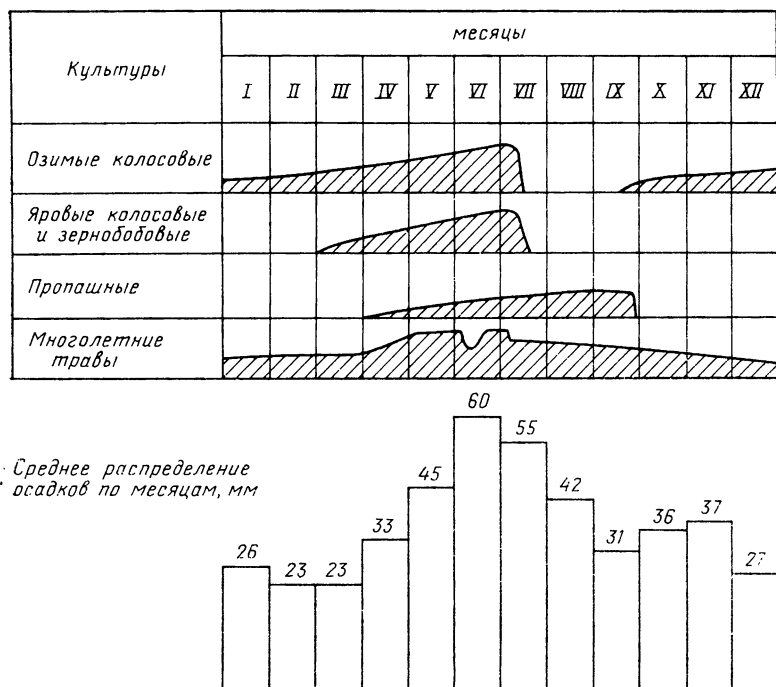


Рис. 8. Почвозащитная роль различных культур (их проективное покрытие поверхности почвы) и количество выпадающих осадков

чины) и вслед за этим — посев суданской травы с междурядьями 70 см. Таким образом, в этот период через 35 см поперек склона чередуются ряды вики и суданской травы. В конце июня проводится укос вики, а затем — культивация междурядий суданской травы и посев сорго (или кукурузы) с междурядьями также 70 см. В этот период поперек склона через 35 см чередуются ряды суданской травы и сорго. В августе проводится укос суданской травы. В сентябре скашивается сорго с суданской травой. По этой схеме в течение всего года почва на склоне находится под защитой растительного покрова. В год проводятся четыре укоса зеленой массы ржи, вики (или чины), суданской травы, сорго (кукурузы). При уборке ржи частично подкашивается вика. При уборке вики частично подкашивается суданская трава, а при укосе суданской

травы — сорго. Все эти культуры при достаточном содержании в почве влаги после скашивания быстро отрастают. По сравнению с посевом растений после уборки предшествующей культуры урожай зеленой массы при совмещенном посеве культур выше, выше и содержание белка в урожае.

В зависимости от уклона полей М. Н. Заславский (1987) предлагает включать в состав севооборотов различные группы культур. На землях с уклоном до 3° допускается максимальное насыщение севооборотов пропашными культурами, с уклоном 3—5° — максимальное насыщение севооборотов культурами сплошного сева и с уклоном более 5° — максимальное насыщение многолетними травами. В Нечерноземной зоне на крутых склонах с почвами со слабой противозерозионной устойчивостью севообороты насыщают многолетними травами на 50—80% или полностью залужают пашню. Так, для хозяйств Московской обл. с распространением земель с крутизной 7—10° рекомендуется следующая схема почвозащитного севооборота: 1—5 — многолетние травы, 6 — озимые культуры, размещаемые полосами между многолетними травами пятого года пользования, 7 — яровые зерновые с подсевом многолетних трав. На менее крутых склонах число полей многолетних трав в таком севообороте может быть уменьшено до трех-четырех.

Один из важных приемов повышения противозерозионной роли севооборотов — полосное возделывание культур, когда по склону чередуются полосы многолетних трав с однолетними культурами или однолетние культуры сплошного сева с пропашными. Состав и порядок смены культур в севооборотах при полосном размещении культур должны обеспечивать чередование полос с различной почвозащитной характеристикой возделываемых культур. При этом учитываются сроки сева сельскохозяйственных культур, динамика проективного покрытия почвы растениями, нарастание зеленой массы, развитие корневой системы, время уборки культур, характер и динамика выпадения осадков. На склонах в этом случае проводится контурная обработка почв, перпендикулярная склоновому стоку, что резко уменьшает сток воды и смыв почвы. Полосное возделывание многолетних трав и озимых культур способствует задержанию на склонах снега, предотвращает его сдувание в балки и овраги. На склонах повышенной крутизны при односторонней вспашке полос происходит постепенное формирование напашных террас с валиком, которые также уменьшают эрозионные процессы. Чем круче склоны и чем уже полосы, тем быстрее происходит формирование напашных террас.

Полосное размещение культур и паров в почвозащитных севооборотах производится и в хозяйствах, расположенных в районах проявления дефляции, ветровой эрозии. Поля с полосами посевов и чистого пара размещают длинными сторонами поперек направления господствующих ветров. На легких по гранулометрическому составу почвах полосы меньше, чем на тяжелых, их ширина 50 м (или меньше) и длина 100—150 м. Защитные полосы из житняка, люцерны и других растений, образующих плотный растительный

покров, предохраняют соседние полосы от выдувания. Полоса многолетних трав шириной 25 м снижает скорость приземного ветра в 3 раза и оказывает влияние на изменение ветрового режима на расстоянии 80 м и больше.

7. ОЦЕНКА СЕВООБОРОТОВ. КНИГА ИСТОРИИ ПОЛЕЙ. ПАСПОРТ ЗЕМЕЛЬНОГО УЧАСТКА

Общая оценка севооборотов и сравнение севооборотов производятся по их экономической эффективности и по воздействию на плодородие почв. При экономической оценке полевых севооборотов главными показателями являются выход производимого основного вида продукции в расчете на единицу площади пашни, а также на единицу площади сельскохозяйственных угодий хозяйства. Для хозяйств зернового направления такой продукцией является продовольственное зерно, для хлопкосеющих — хлопок, для свеклосеющих — сахарная свекла (при этом учитывается не только валовая и товарная продукция, но и ее качество). Учитываются стоимость продукции, затраты средств и труда, себестоимость продукции и окупаемость затрат. При оценке кормовых севооборотов главными показателями служат производство кормов с единицы площади, выражаемое не только в урожае, но и в кормовых единицах, в выходе протеина, отдельных важнейших аминокислот и витаминов, а также себестоимость этих кормов. В пределах каждой группы кормов предпочтение отдается более дешевым и улучшающим свойства почв.

Поскольку при одинаковой структуре посевных площадей и одной и той же агротехнике затраты при возделывании одних и тех же культур в севообороте или при бессменных их посевах равны, то в данном случае показателем экономической эффективности будет служить разница в урожайности одноименных культур, а также изменение важнейших свойств почв, определяющих ее плодородие.

В почвозащитных севооборотах главным показателем эффективности являются их почвозащитная роль и повышение плодородия почвы.

Для каждого севооборота ведется **книга истории полей**. В ней записываются сведения о свойствах почв, содержании в них питательных элементов, какие культуры возделываются на данном поле, сроки сева и уборки урожая, глубина обработки почвы, какими орудиями проводится та или иная обработка и в какое время, какие и в каком количестве вносятся удобрения, химические вещества, какие проводятся мероприятия по борьбе с сорными растениями, болезнями и вредителями сельскохозяйственных растений, какие получены урожаи по каждой культуре, данные по учету засоренности посевов, распространению болезней и вредителей и другие сведения. По анализу данных, записываемых в книгу истории полей, оценивается влияние севооборота и всех проводимых мероприятий на их эффективность и плодородие почвы.

В настоящее время разработан **паспорт земельного участка**, который должен дополнить или заменить книгу истории полей. В нем все параметры пронумерованы в блоки и каждому из них соответствует определенный код, что позволит для анализа данных использовать ЭВМ. Паспорт включает адресную часть, характеристику участка, агрохимические свойства почвы, особенности состояния участка, посевов, агротехнические мероприятия, фитосанитарное состояние посевов, применение различных удобрений, способ и нормы орошения, влажность почвы перед посевом, характер проведения химических мелиораций, урожайность основной продукции, стоимость работ, затраты труда и др. В разделе «Характеристика участка» имеется десять блоков: угодье, почва, агропроизводственная группа, гранулометрический состав, мощность пахотного и гумусового горизонтов, плотность сложения почвы, эродированность, каменистость поверхности, крутизна склона и его экспозиция, длина рабочего гона, удаленность от производственного центра, минерализация и уровень залегания грунтовых вод, комплексность почвенного покрова (солонцов), запрещающие условия, бонитет почвы и стоимость земли.

Работы по паспортизации земельных участков весьма ответственные и, видимо, в будущем должны отражать, какой должен быть почвенный покров участка в результате его эксплуатации, мелиорации и мероприятий по расширенному воспроизводству его плодородия. В паспорте земельного участка следует предусмотреть нижние или верхние значения свойств почв, ограничивающие возделывание сельскохозяйственных культур или снижающие плодородие почвы и приводящие к ее деградации. Естественно, должна быть предусмотрена жесткая законодательная ответственность за ухудшение состояния почвенного покрова земельного участка землепользователями.

СПОСОБЫ ПОСЕВА И ПОСАДКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

1. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА СЕМЯН И ПОДГОТОВКА ИХ К ПОСЕВУ

В комплексе агротехнических мероприятий, проводимых для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур, важное место принадлежит качеству посевного материала и его подготовке к посеву. Семена лучших районированных сортов растений являются вполне доступным резервом увеличения производства продукции земледелия. Качество семян культурных растений определяется их чистотой, всхожестью, энергией прорастания, влажностью, массой определенного числа семян, зараженностью болезнями и вредителями.

Под **чистотой** семенного материала понимают содержание в нем количества семян основной культуры, которое выражают в процентах от общей массы. Чистота семян указывает, имеются ли в посевном материале примеси, которые ухудшают условия хранения семян, засоряют в последующем посевы. Наличие в посевном материале щуплых, мелких, раздробленных семян данной культуры, вегетативных органов растений, мелкозема почвы, наличие жизнеспособных семян других растений, особенно сорных, существенно снижают его качество.

Под **всхожестью** понимается количество в семенном материале семян, способных нормально прорасти. Всхожесть семян определяют путем проращивания их при оптимальных условиях, установленных для семян каждой культуры, выражают в процентах от общего количества семян, взятых для определения всхожести.

По чистоте и всхожести семян посевной материал сельскохозяйственных культур делится на три класса. Так, посевной материал ржи относится к первому классу, если его чистота не ниже 99,0%, всхожесть 95% и выше, содержит семена других растений не более десяти в 1 кг, из них не более пяти сорных. К третьему классу этот материал будет отнесен, если его чистота ниже 97,0%, всхожесть не ниже 90% и семян других растений содержится не более 200 в 1 кг, из них сорных — не более 100.

Показатели чистоты и всхожести семян необходимы для расчета посевной или хозяйственной годности семян, исходя из которой определяется норма высева. Посевная годность семян определяется в процентах как произведение чистоты семян на их всхожесть, деленное на 100%, и характеризует чистоту и количество семян основной культуры в посевном материале.

Семена различных сельскохозяйственных культур имеют неодинаковый период покоя. Свежеубранные семена и семена, храня-

щиеся при температуре ниже оптимальной температуры хранения, обычно имеют пониженную всхожесть, так как еще находятся в состоянии покоя. Поэтому в посевном материале определяют не только всхожесть, но и **жизнеспособность** семян, т. е. содержание живых семян. У семян, не прошедших еще стадию покоя, всхожесть будет низкой, а жизнеспособность покажет, какова она может быть, если семена пройдут период покоя. **Энергия прорастания** семян характеризует дружность, одновременность их прорастания.

Важным показателем качества семенного материала является содержание в семенах влаги, которая определяет во многом длительность и качество хранения семенного материала. Сухие семена, например овса и зерновых колосовых культур, содержащие не более 15% влаги, устойчивы ко многим неблагоприятным условиям, возможным при их хранении.

Для расчета норм высева по числу зерен, которые требуется высеять, необходимо знать массу определенного числа семян. За такой показатель принята **масса 1000 зерен**, выражаемая в граммах. Он характеризует качество семенного материала, так как определяет крупность и выполненность семян. Крупные, тяжеловесные семена с большим запасом питательных веществ при прорастании в полевых условиях дают дружные, мощные всходы, которые в дальнейшем хорошо развиваются, и такие растения дают более высокий урожай, чем при посеве мелкими семенами.

При подготовке семенного материала к посеву наряду с проверкой и оценкой его посевных качеств производится его очистка, сортировка, протравливание, воздушно-тепловая обработка, яровизация и ряд других специальных методов подготовки. Перед посевом очищенные и отсортированные семена хлебных злаков подвергаются протравливанию против опасных для растений болезней — пыльной или твердой головни, при наличии которой урожайность зерновых культур может снизиться на 20% и более.

Заражение пыльной головней растений происходит во время цветения злаковых культур, когда споры головни с больного растения переносятся ветром на цветы здорового растения. Споры, попадая на рыльце цветка, прорастают, проникают в зародыш семени и остаются затем в виде мицелия в зерне. Такое зерно на вид ничем не отличается от здорового. Чтобы убить болезнетворное начало, находящееся внутри зерна в виде мицелия, проводят термическую обработку семенного материала. Она сводится к тому, чтобы вызвать рост грибки в зараженных семенах и затем лишить ее жизнедеятельности воздействием высокой температуры. При этом уничтожаются и другие виды головни.

Заражение твердой головней семян происходит во время обмола, очистки и хранения семян спорами головни из зерен больных растений, которые попадают на поверхность здоровых семян. Для уничтожения спор твердой головни проводят мокрое, полусухое или сухое протравливание семенного материала ядохимикатами.

Для повышения всхожести семян применяют воздушно-тепло-

вую обработку. Она сводится к просушиванию и обогреву семян в открытых помещениях, под навесом в солнечную тепловую погоду или в зерносушилках. Всхожесть обработанных таким образом семян повышается на 10—30%.

Яровизация семян сокращает вегетационный период развития растений и способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур и более раннему созреванию растений. Это особенно важно при возделывании овощных, парозанимающих и промежуточных культур, при возделывании теплолюбивых культур в более северных районах. Способ яровизации заключается в том, что наклюнувшиеся семена (это, по сути, уже молодые растения) выдерживают определенное время и при определенной температуре в целях создания условий для ускорения протекания процесса развития растения. Таким образом, растения до посева проходят необходимую температурную стадию развития (яровизацию), чтобы перейти в следующую — световую стадию. Техника проведения яровизации семян различных культур неодинакова и проводится по специально разработанным методикам. Например, семена яровой пшеницы яровизируют 5—7 дней при температуре 10—12 °С.

К специальным методам подготовки семян к посеву относятся обработка их бактериальными удобрениями (например, нитрагинном зернобобовых и бобовых культур), стимуляторами роста, ионизирующим излучением; скарификация семян для ускорения процесса их прорастания (при скарификации производится механическое нарушение твердой оболочки семян путем нанесения царапин, насечек у семян таких культур, как клевер, люцерна, люпин, донник), предпосевная закалка семян и др.

2. СПОСОБЫ ПОСЕВА И ПОСАДКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

От правильного проведения посева и посадки в значительной степени зависят качество и величина урожая возделываемых культур. Семенами производится посев, а рассадой, сеянцами, саженцами, органами вегетативного размножения растений (клубнями, луковицами) — посадка сельскохозяйственных культур. Агротехнические требования, предъявляемые к посеву, заключаются в правильном выборе: 1) нормы высева семян (определяется видом и сортом культуры); 2) способа посева (семена в почве должны быть заделаны на нужную для данной культуры глубину, во влажный слой почвы, при оптимальном значении плотности сложения почвы); 3) сроков посева и др.

Одно из наиболее важных требований агротехники возделывания любой сельскохозяйственной культуры — правильное размещение растений по площади поля. Чем меньше необходимая (оптимальная) площадь питания каждого растения, тем больше растений можно разместить на одной и той же площади. Площадь питания растений — это средняя площадь поверхности, приходя-

щаяся на одно растение. Между продуктивностью отдельных растений и их количеством, приходящимся на единицу площади, существуют сложные взаимосвязи. В их основе лежат закономерности использования растениями питательных веществ, почвенной влаги, солнечного света, диоксида углерода и т. д.

Учение о площади питания растений — одно из древнейших в земледелии. Однако интерес к его изучению не только не снижается, но даже возрастает. Объясняется это многими причинами. Во-первых, внедрением в производство новых сортов растений, предъявляющих определенные требования к площади питания. Во-вторых, сильное влияние на величину площади питания растений оказывают уровень культуры земледелия, окультуренности почв, применение удобрений и орошение. По мере совершенствования механизации земледелия (по посеву, уходу, уборке растений) обычно необходимы уточнения по размещению растений по площади для обеспечения более производительного использования машин.

При оптимальной площади питания растений складывается наиболее благоприятное соотношение между ассимилирующей поверхностью листьев растений и интенсивностью фотосинтетических процессов. При тесном размещении растений всегда уменьшается число ветвей и степень их облиственности. У хлебных злаков резко снижается способность к кущению, причем особенно за счет продуктивной кустистости, т. е. тех побегов, которые дают полноценное зерно. У кукурузы при уменьшении площади питания образуется меньше пасынков. Густота посевов определяется хозяйственной целью возделывания сельскохозяйственных культур, их обеспеченностью отдельными факторами жизни растений. Например, кукуруза может возделываться на зерно и на силос, лен — на волокно и на семена (в последнем случае площадь питания каждого растения льна должна быть больше, нежели при возделывании льна на волокно). Густота посевов определяются также почвозащитной ролью растений, их конкурентоспособностью по отношению к сорным растениям.

Размещение семян в почве, площадь питания каждого растения, ее форма на практике определяются выбранным способом и нормами посева. Способы посева сельскохозяйственных культур делятся на разбросные и рядовые.

Разбросной посев существует с первых дней возникновения земледелия. При нем семена распределяются по полю неупорядоченно — разбросными сеялками с последующей заделкой семян бородами. Разбросной способ посева имеет много недостатков: неравномерность распределения семян по площади, неодинаковая глубина заделки семян, потери посевного материала в виде незаделанных в почву семян и др. Над созданием разбросных сеялок, обеспечивающих равномерное распределение семян на полях, работают конструкторы в нашей стране и за рубежом.

Основным способом посева сельскохозяйственных культур в настоящее время является рядовой. Семена при этом способе вы-

севаются рядами равномерно, заделываются на одинаковую глубину. Рядовой способ посева может быть сплошным и широкорядным. По этому признаку сельскохозяйственные культуры делятся на культуры сплошного сева (непропашные) и пропашные (кукуруза, подсолнечник и др.), в посевах которых может проводиться междурядная обработка.

Для культур сплошного сева применяются рядовой (или сплошной), узкорядный, широкорядный, перекрестный и перекрестно-диагональный способы посева. Рядовой способ посева состоит в том, что семена в почве размещаются с шириной междурядий 13,5—15 см, а в рядке на расстоянии 1,5—2,0 см друг от друга. Этим способом высевают семена сельскохозяйственных культур, которые дают хороший урожай при небольшой площади питания каждого растения (около 30 см²). К этим культурам относятся зерновые, горох, гречиха, однолетние и многолетние травы и др. Площадь питания каждого растения имеет форму вытянутого прямоугольника.

Узкорядные посевы (семян льна, зерновых) имеют междурядья меньше 10 см (обычно 7,5 см) и обеспечивают более равномерное распределение семян на поле при одном проходе сеялки. Площадь питания растений имеет менее вытянутый прямоугольник, чем при обычном рядовом посеве, так как семена в рядках размещаются на расстоянии 3—4 см.

При широкорядном способе посева ширина междурядий составляет более 15 см, чаще всего 30—45 см. Этот способ посева иногда используют при возделывании зерновых культур, для получения семян многолетних трав и других непропашных культур. При большой засоренности посевов может проводиться междурядная обработка в начале вегетационного периода. Применительно к пропашным культурам широкорядными считаются посевы или посадки с шириной междурядий, превышающей обычную, установленную для каждой культуры, например для кукурузы — более 70 см, сахарной свеклы — 45 см и т. д. Иногда для пропашных культур делают междурядья по следам прохода колес или гусениц трактора — более широкими, чем остальные междурядья. Широкорядные посевы и посадки допускают механизированную обработку почвы в междурядьях для борьбы с сорными растениями, рыхления почвы, окуливания картофеля.

При ленточном посеве семена растений размещаются лентами в 2—3 рядка. Расстояние между отдельными рядками, «строчками», внутри каждой ленты от 7,5 до 15 см, а между лентами — 25—60 см и более. Ленточный посев применяется для растений с небольшой площадью питания, но в связи с медленным их ростом в начальный период развития эти культуры сильно угнетаются сорняками, и необходимо поэтому проводить их прополку. В зависимости от количества рядков в ленте посевы бывают двух-, трехстрочными и более. Ленточным способом сеют просо, столовую свеклу, морковь, лук, лекарственные и другие растения.

Перекрестный способ посева — это тот же рядовой способ, но

при этом посев проводится в двух пересекающихся направлениях: одна половина нормы высева семян сеется при одном направлении прохода сеялок, а вторая — при другом. В этом случае семена более равномерно распределяются по полю, чем при рядовом способе посева, так как расстояние между семенами в рядках увеличивается за счет увеличения числа рядков. По сравнению с рядовым перекрестный способ посева дает прибавку в урожайности зерновых культур на 3—4 ц/га. Площадь питания растений принимает форму, близкую к квадрату. К недостаткам перекрестного способа посева относится необходимость двукратного прохода посевного агрегата по одному и тому же полю, что увеличивает затраты труда, удлиняет срок сева и уплотняет дополнительно почву. На полях прямоугольной формы применяется перекрестно-диагональный способ посева — в двух направлениях по диагонали поля, что позволяет сократить ширину поворотных полос и уменьшить время и длину холостых проходов сеялки, в результате чего повышается производительность труда.

Бороздковый способ посева дает возможность заделывать семена на дно бороздки, образуемой специальными бороздковыми сеялками. Такие посевы применяют в засушливых районах и в районах с недостаточным количеством зимних осадков. Зимой в бороздках накапливается снег, что улучшает перезимовку озимых культур, особенно озимой пшеницы. Более глубокая заделка семян яровых культур в увлажненный слой почвы в бороздках способствует лучшему прорастанию семян и предохраняет всходы от выдувания. Вместе с тем неровность поля, образуемая вследствие посева бороздковым способом, увеличивает поверхность взаимодействия почвы с атмосферным воздухом, что, в определенной степени, способствует потерям почвенной влаги за счет испарения.

Гребневой посев проводится на специально образуемых гребнях в районах распространения избыточно увлажненных почв. Гребни быстрее прогреваются весной, в них создаются лучшие водно-воздушный и питательный режимы почв. Избыточная влага отводится по бороздам. Гребневой способ посева семян применяется на тяжелых плохо оструктуренных почвах. С этой же целью и в тех же условиях применяется грядковый посев. На грядах высевают и высаживают главным образом овощные культуры.

При пунктирном посеве семена высеваются одиночно, и они равномерно распределяются в рядках. Такой способ посева используется при возделывании кукурузы, сахарной свеклы и ряда других культур. Посев производится специальными сеялками точного высева. В дальнейшем при таком способе посева отпадает необходимость производить прорывки в загущенных растениями рядках, как это приходится делать при рядковом способе посева.

При гнездовом способе посева семена высеваются по несколько штук в одно место, в гнезда, расположенные на определенном расстоянии друг от друга. Преимущество гнездового посева по сравнению с широкорядным состоит в экономии семян и некотором улучшении площади питания растений. Всходы, появляющиеся груп-

пой, легче прорастают, преодолевая почвенную корку, которая может образоваться после посева.

Различают посевы квадратно-гнездовые и треугольно-гнездовые, шахматные. Преимуществом хорошо проведенных гнездовых посевов является возможность обработки почвы в посевах в двух направлениях. Теоретически при защитных зонах около растений шириной 10 см и квадратном размещении растений (60×60 см) механизированным способом можно обрабатывать почву в посевах на 89% всей площади поля.

В ряде случаев применяются подпокровный посев или подсев, когда подсевают семена многолетних трав под зерновые культуры. Связано это с тем, что большинство многолетних трав в первый год жизни слабо развиваются, не дают хозяйственного урожая и при высеве в чистом виде сильно зарастают и подавляются сорными растениями.

Выбор способов посева и определение норм высева, безусловно, зависят от целевого назначения возделываемых культур и почвенно-климатических условий местности. Так, норма высева озимой ржи для районов таежно-лесной зоны составляет 6—7 млн всхожих семян на 1 га, для Центральночерноземных районов — порядка 5,0—5,5 млн, а в еще более южных сухих районах, например в Калмыцкой АССР, еще меньше — 3,3—4,8 млн всхожих семян на 1 га. В Сибири, где трудно избежать гибели растений из-за незначительного снежного покрова на полях и сильных морозов, нередко нормы высева семян озимой ржи доводят до 8 млн на 1 га. При посеве культур для получения семян, особенно если стоит задача получения семян нового сорта растений, площадь питания каждого растения увеличивают, снижая при этом нормы высева для того, чтобы растения быстрее росли и созревали.

Выбор способов посева и установление норм высева — вопрос не только агротехнический, но и экономический. Прогрессивными способами посева или посадки считаются такие, которые обеспечивают получение хорошего урожая высокого качества при минимальных затратах.

3. ГЛУБИНА ЗАДЕЛКИ СЕМЯН В ПОЧВУ

Глубина заделки семян определяется видом растений, крупностью семян, содержанием (запасом) в них питательных веществ, а также почвенными и климатическими условиями. Характер прорастания семян и начальный рост растений у разных культур неодинаковые. Семена растений, выносящих при прорастании семядоли на поверхность почвы (фасоль, соя, люпин и др.), заделывают на меньшую глубину, чем, например, семена гороха, чины и других, которые не выносят семядоли на поверхность. Более крупные семена заделывают в почву, как правило, на большую глубину. Так, крупные семена кукурузы можно заделывать на глубину

10—12 см, пшеницы — на 6—8 см, а семена таких мелкосемянных культур, как рыжик, горчица, клевер, люцерна и др., — на 2—3 см.

В одном и том же регионе на почвах легкого гранулометрического состава, которые быстрее иссушаются, применяется более глубокая заделка семян в почву. Во всех почвенно-климатических зонах страны семена всех культур должны заделываться во влажный слой почвы, что является непременным условием одновременно появляющихся полноценных дружных всходов. В районах с достаточной влагообеспеченностью семена всех культур заделывают на меньшую глубину, чем в более южных районах, испытывающих дефицит влаги в почвах.

ОБРАБОТКА ПОЧВЫ

1. ЗАДАЧИ ОБРАБОТКИ

Основная задача обработки почвы — создание благоприятных условий для произрастания культурных растений. К этим условиям прежде всего относятся следующие:

- рыхлая плодородная почва;
- отсутствие конкуренции со стороны других растений (борьба с сорной растительностью, заделка в почву остатков растений, лишение их жизнеспособности);
- создание благоприятных условий для посева, ухода за растениями и уборки урожая;
- внесение в почву (и перемешивание с ней) органических и минеральных удобрений, пестицидов;
- борьба с болезнями и вредителями;
- регулирование воздушного, теплового и питательного режимов во время вегетации растений;
- воздействие на почвенные режимы и процессы, способствующие сохранению и повышению плодородия почвы;
- борьба с эрозией и дефляцией почв.

Следует отметить, что в практике задачи обработки часто вступают в противоречие друг с другом. Например, в дефляционно-опасных районах успешная борьба с эрозией возможна в основном с помощью прикрытия поверхности почвы растениями или их остатками, что противоречит борьбе с сорной растительностью и вредителями, заделке в почву и перемешиванию с ней органических остатков. Создание оптимального сложения почвы для многих пропашных культур часто противоречит задаче сохранения плодородия, так как усиленная аэрация почвы во многих случаях приводит к потере гумуса и т. д.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ

Обработка почвы — это механическое воздействие на нее рабочих органов машин и орудий. При этом осуществляются различные технологические операции.

Рыхление — изменение взаимного расположения почвенных отдельностей с образованием более крупных пор и уменьшением плотности почвы.

Крошение — уменьшение размеров и изменение соотношения элементов структуры обрабатываемого слоя (комков, глыб, зерен и т. д.).

Перемешивание — изменение взаимного расположения почвенных отдельностей, обеспечивающее более однородное состояние обрабатываемого слоя.

Оборачивание — взаимное вертикальное перемещение слоев или горизонтов почвы с одновременным поворотом на угол не менее 135°.

Уплотнение — изменение расположения почвенных отдельностей с уменьшением порового пространства и объема почвы.

Выравнивание почвы — уменьшение размеров неровностей поверхности.

Создание микро-, нано- и мезорельефа — образование на поверхности микро-, нано- и мезоповышений и понижений различной формы и размеров (борозд, лунок, щелей, гряд, блюдц, микролиманов, гофрированной поверхности и т. д.).

Есть технологические операции, основная цель которых — воздействие на растения. Это — подрезание сорняков, вычесывание остатков растений, удаление клубней, лущение стерни, заделка дернины и др. При этом одновременно обрабатывается и почва. Есть технологические операции, цель которых при обработке почвы оставлять на поверхности растительные остатки (стерню, дернину и т. д.).

Т а б л и ц а 24

Равновесная и оптимальная плотность почвы для полевых культур, г/см³
(по Г. Г. Данилову, 1982)

Почва	Гранулометрический состав	Плотность почвы		
		равновесная	оптимальная для культур	
			зерновых	пропашных
Дерново-подзолистая	песчаная связная	1,5—1,6	—	1,4—1,5
Дерново-подзолистая	супесчаная	1,3—1,4	1,2—1,35	1,1—1,45
Дерново-подзолистая	суглинистая	1,35—1,5	1,1—1,3	1,0—1,2
Дерново-карбонатная	то же	1,4—1,5	1,1—1,25	1,0—1,2
Луговая пойменная	то же	1,15—1,2	—	1,0—1,2
Серая лесная	тяжелосуглинистая	1,4	1,15—1,25	1,0—1,2
Чернозем	суглинистый	1,0—1,3	1,2—1,3	1,0—1,3
Каштановая	то же	1,2—1,45	1,1—1,3	1,0—1,3
Серозем	то же	1,5—1,6	—	1,2—1,4

Рыхление необходимо проводить прежде всего потому, что для разных растений существует различная оптимальная плотность почвы, и она чаще всего ниже равновесной плотности большинства почв (табл. 24). Равновесной плотностью почвы называется плотность ее естественного сложения, в определенных условиях увлажнения, когда она длительное время не подвергается механическому воздействию человека и животных (исключая мезо- и микрофауну). Равновесную плотность обрабатываемой почвы можно оценить только приблизительно, так как она редко не подвергается воздействию земледельческой техники. Чаще под воздей-

ствием почвообрабатывающих орудий почва приобретает плотность меньше равновесной, затем под воздействием естественных факторов — атмосферных осадков, ветра, температуры, живых организмов, почвенных процессов (на фоне действия силы тяжести) — почва уплотняется и достигает такого состояния, когда плотность изменяется уже незначительно. Такую плотность и можно считать равновесной для пахотных почв. Близкой к равновесной плотности почвы бывает после весеннего снеготаяния в северных и центральных районах страны под многолетними травами в конце вегетации. Иногда почва имеет плотность выше равновесной, чаще под действием на нее ходовых частей машин, в таком случае плотность под воздействием естественных факторов уменьшается и также приближается к равновесной. Когда это необходимо, достижение почвой равновесной плотности можно ускорить действием почвообрабатывающей техники.

В разных почвенно-климатических условиях оптимальная плотность для одних и тех же культур может различаться. Различна она для отдельных видов культур. Зависит этот показатель от условий увлажнения: в засушливые годы она выше, во влажные — ниже. Необходимо учитывать эту зависимость при орошении полей.

С помощью рыхления и орошения почвы добиваются оптимизации физических условий проявления почвенного плодородия. Близкими к оптимальным физические условия считаются, когда объем твердой фазы почвы составляет 50%, а жидкой и газовой — по 25%. Естественно, что в разных почвенно-климатических зонах эти цифры могут различаться. Зависят они и от вида возделываемой культуры, содержания органического вещества, оструктуренности почвы, погодных условий и т. д.

Проведение технологических операций позволяет создать в почве оптимальное соотношение капиллярных и некапиллярных пор, в результате чего создается благоприятный для развития растений водно-воздушный режим. Иногда рыхлость почвы бывает чрезмерной, при оседании такой почвы во время вегетации растений происходит разрыв корней растений, могут оголиться узлы кушения у озимых культур, в таком случае проводят уплотнение почвы.

Оптимальные физические условия обычно складываются в хорошо оструктуренных почвах. Наиболее ценными с агрономической точки зрения являются агрегаты размером от 0,5 до 5 мм (по мнению некоторых ученых, от 0,25 до 10 мм). В зависимости от климата, свойств почвы, водно-воздушного режима этот интервал может изменяться. Пахотный горизонт, состоящий из таких агрегатов, обладает наиболее оптимальной структурой порового пространства. Цель обработки почвы — добиться наибольшего выхода агрономически ценных фракций почвенной структуры, что происходит, когда почва обрабатывается в период ее физической спелости. Образуются такие агрегаты в основном в результате крошения слипшейся почвенной массы, комков и глыб. Однако макроструктурные отдельности возникают при обработке и в ре-

зультате взаимодействия элементарных почвенных частиц и микроагрегатов. В оптимальном интервале влажности свободная энергия поверхности раздела вода — воздух при перемешивании и рыхлении почвы стремится придать водной пленке вместе с почвенными частицами форму с наименьшей поверхностью, шарообразную, поэтому почва распадается на агрегаты более или менее округлой зернистой формы.

Регулирование водно-воздушного режима корнеобитаемого слоя почвы проводится не только путем механического воздействия на весь пахотный горизонт, но и на отдельные его части, на подпахотные слои. При посеве семян сельскохозяйственных культур стремятся создать для них относительно твердое ложе и рыхлое почвенное покрывало. При таких условиях для семян становится доступной влага, накопленная в нижележащих слоях и подтягиваемая к ним по капиллярам, а верхний рыхлый слой почвы обеспечивает хороший доступ воздуха и тепла, не создает препятствий для развития вегетативных органов. Одной из важных технологических операций в весеннее время является рыхление самого верхнего (несколько сантиметров) слоя почвы для сохранения влаги, накопленной в результате весеннего снеготаяния. В результате такой операции пахотный горизонт покрывается рыхлым мульчирующим слоем почвы, который препятствует испарению влаги из нижележащих слоев по капиллярам. Там, где пахотный слой имеет излишнюю рыхлость, крупные поры, под воздействием ветра и солнца происходит усиленная потеря влаги (чаще в южных районах). В таких случаях, наоборот, верхний слой почвы уплотняют и, таким образом, предотвращают усиленное проветривание пахотного горизонта. В районах избыточного увлажнения для отвода влаги из корнеобитаемого слоя часто эффективным оказывается рыхление слоев почвы, лежащих под пахотным горизонтом.

Крошение также позволяет регулировать водно-воздушный режим, но уже не только на уровне почвенных горизонтов и слоев, а и на уровне почвенных структурных отдельностей. Окислительно-восстановительные и другие процессы, связанные с этим режимом, от которых в значительной мере зависит жизнь растений, по-разному идут внутри, на поверхности и между структурными отдельностями. Изменяя путем обработки размеры, форму и упаковку почвенных агрегатов, можно существенно изменить водно-воздушный режим почвы на уровне микро- и мезопространств внутри пахотного и других горизонтов.

Оборачивание обрабатываемого слоя преследует многие цели. Одна из самых важных — заделать в глубь почвы остающиеся после уборки на поверхности остатки растений, чтобы обеспечить оптимальные условия трансформации их органического вещества и освободить от них поверхность почвы для выращивания последующей культуры. Некоторые многолетние культурные растения (например, клевер) можно лишить жизнедеятельности, только заделав их вегетативные органы в глубь почвы, т. е. обернув пласт.

Борьба с сорняками путем механической обработки наиболее эффективна при заделке их органов размножения на максимально возможную глубину. Патогенные микроорганизмы и вредители культурных растений обитают преимущественно в поверхностном слое почвы, но большинство их погибает при отвальной (с оборотом пласта) обработке почвы. Заделать в почву органические удобрения можно в основном только с помощью приемов, обеспечивающих оборот пласта.

При длительном применении только поверхностной обработки может возникнуть самоотравление почвы, особенно при применении пестицидов и удобрений. В верхнем слое почвы вследствие перегнивания растительных остатков на поверхности возрастает микробиологическая активность, в том числе активно развиваются и патогенные микроорганизмы, накапливаются токсические продукты разложения органических остатков, происходит избыточное накопление минеральных питательных веществ. Часто наблюдается ухудшение агрегатного состояния почвы. В таких случаях необходима обработка почвы с оборотом пласта и перемешиванием почвенной массы.

В некоторых случаях необходимость отвальной обработки почвы вызывается дифференциацией пахотного горизонта по плодородию, наблюдаемой практически на всех почвах. Дифференциация вызывается естественными факторами почвообразования и в большинстве случаев приводит к такому состоянию пахотного горизонта, при котором его плодородие падает с глубиной. В ухудшении свойств нижней части пахотного горизонта подзолистых почв большую роль играет элювиально-глеевый процесс, который на некоторых почвенных разностях в течение нескольких лет приводит к существенной деградации этого слоя почвы. Предотвратить это отрицательное явление можно, применяя отвальную обработку. Скорость дифференциации значительно различается в зависимости от многих условий почвообразования, поэтому периодичность оборота пласта необходимо определять конкретно для данных условий.

Перемешивание почвы проводится с различными целями. В одних случаях необходимо создать однородный слой почвы, в других — перемешать с почвой какие-либо вещества, чтобы уменьшить их концентрацию, в третьих — равномерно распределить в толще обрабатываемого слоя какие-либо вещества для лучшего взаимодействия их с почвенной массой или (и) улучшения условий их трансформации.

Существуют противоречивые мнения относительно того, какое состояние пахотного горизонта — однородное или неоднородное — более благоприятно для развития растений. Предлагается, например, создавать такую неоднородность этого слоя, когда растения, развиваясь и увеличивая свою корневую систему, достигают в определенную фазу развития определенной глубины, и именно на этой глубине содержатся в большем количестве вещества, наиболее необходимые растениям именно в эту фазу развития. Имеются

сведения об эффективности внесения минеральных и органических удобрений в определенные слои пахотного горизонта, в рядки, гнезда и т. д. С другой стороны, по некоторым наблюдениям, наибольшим плодородием обладает хорошо перемешанный пахотный горизонт. После обработки почвы фрезой, которая обеспечивает наилучшее перемешивание, урожай повышается по сравнению с обработкой этого же слоя почвы другими орудиями.

Вероятно, в каждом конкретном случае в зависимости от почвенно-климатических, погодных условий, возделываемой культуры оптимальным является свой вариант строения пахотного слоя для каждой фазы развития данной культуры. Определить эти оптимумы, а тем более добиться таких состояний практически в настоящее время весьма затруднительно.

Перемешивание почвы необходимо, когда в пахотный горизонт попадают локально какие-либо вещества, имеющие в этих местах вредную концентрацию, а при перемешивании с почвой их вредность значительно снижается или концентрация достигает благоприятного для растений уровня. Это наблюдается при поверхностном внесении больших доз удобрений и мелиорантов, при выпадении на поверхность почвы токсичных осадков, при припахивании к пахотному горизонту неблагоприятных по свойствам нижележащих слоев почвы (например, на подзолистых почвах и солонцах) и т. д.

Для лучшего взаимодействия с почвой, для создания лучших условий трансформации вещества необходимо перемешивание с почвенной массой химических мелиорантов, органических удобрений, сидератов, остатков растений и др. Перемешивание приводит к перераспределению разнородной почвенной массы, к контакту веществ, прежде не соприкасавшихся друг с другом, служит толчком к возникновению новых процессов и явлений и прекращению или изменению интенсивности имевших место прежде.

Выравнивание поверхности необходимо прежде всего в целях создания одинаковых условий для развития растений и протекания почвенных процессов, удобств для обработки почвы, ухода за растениями и уборки урожая. Особо важное значение имеет создание ровной, а иногда и строго горизонтальной поверхности при выращивании растений при поливе и затоплении.

Создание на поверхности почвы микро- и мезорельефа проводится в основном в районах недостаточного и избыточного увлажнения в целях сохранения или, наоборот, удаления влаги. Важное значение имеют такие мероприятия при борьбе с водной эрозией и дефляцией почв. Некоторые растения вследствие своих биологических особенностей нуждаются в создании повышений или понижений в месте своего обитания.

С помощью обработки почвы можно в более или менее широких пределах регулировать почвенные режимы, оказывая через них влияние на свойства почвы и плодородие. В одних случаях добиваются сохранения, в других — удаления влаги из корнеобитаемого слоя почвы, увеличивают или уменьшают доступность атмосфер-

ного воздуха и тепла в разные слои почвы, перераспределяют в обрабатываемом слое органические остатки и удобрения, минеральные и микробиологические удобрения, токсиканты и микрофлору, само почвенное вещество. Обработкой можно воздействовать на многие факторы почвообразования или оказывать влияние на их проявления в нужную для человека сторону. Однако изменить тип почвообразования с помощью одной только обработки почвы возможно только в некоторых исключительных случаях.

3. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

Проведение технологических операций, их качество тесно связаны с физико-механическими (технологическими) свойствами почв. Сюда относятся: пластичность, липкость, твердость, сопротивление сдвигу, трение, связность и др.

Пластичностью называется способность почвы деформироваться и принимать приданную ей форму, сохранять ее после прекращения внешнего воздействия. Проявляется пластичность в определенных пределах влажности. Верхним пределом пластичности является влажность, при которой почва начинает течь, нижним — при котором почву еще можно раскатать в шнур диаметром 3 мм. Пластичность зависит от гранулометрического, химического и минералогического состава почвы, от формы ее частиц. Наибольшей пластичностью обладают глинистые почвы, наименьшей — песчаные. Увеличение содержания обменного натрия увеличивает пластичность, кальция и магния — уменьшает. Почвы с большим содержанием гумуса обладают меньшей пластичностью. Пластичная почва обладает слабым сопротивлением к механическому воздействию, при проходе по ней машин образуются колеи по ходу колес.

Липкость — способность почвы прилипать к соприкасающимся с ней предметам. Прилипает почва тогда, когда сцепление между почвенными частицами меньше, чем между ее частицами и соприкасающимися с ней предметами. Липкость зависит от гранулометрического, химического и минералогического состава почвы, ее структуры. Она максимально проявляется в определенных пределах влажности. Прилипание почвы к рабочим частям сельскохозяйственных орудий вызывает сильное тяговое сопротивление, при этом ухудшается качество ее обработки.

Твердость почвы — это сопротивление ее приложенным силам при разрезании, расклинивании, сдавливании. Существует тесная зависимость между тяговым сопротивлением почвы при обработке и перекачивании машин и твердостью почвы. Высокая твердость почвы снижает всхожесть семян, мешает развитию корней растений.

При проведении обработки большое значение имеют такие свойства почвы, как сопротивление сдвигу и трение. **Трение металл — почва** — это сила сопротивления скольжению металла по

почве. **Сопротивление сдвигу** — это сопротивление почвы усилиям по смещению одной ее части по отношению к другой. Сопротивление сдвигу складывается из сцепления, обусловленного молекулярными и капиллярными силами, а также сил внутреннего трения. Сопротивление сдвигу зависит от гранулометрического состава, плотности сложения, влажности, а также прилагаемой внешней нагрузки.

Связность — способность почвы оказывать сопротивление усилиям, стремящимся разъединить почвенные частицы. Она зависит от гранулометрического, химического, минералогического состава, оструктуренности почвы. Наибольшей связностью обладают глинистые, насыщенные натрием почвы, наименьшей — песчаные. Более оструктуренные почвы обладают меньшей связностью. Такие технологические операции, как рыхление, крошение, перемешивание, выравнивание поверхности, проводятся наиболее качественно при наименьшей связности почвы.

Состояние почвы, при котором она хорошо крошится, обладает наименьшей связностью и липкостью, наблюдается в определенном интервале влажности и называется **физической спелостью**. Физическая спелость зависит от всех ее физико-механических свойств и, следовательно, тесно связана с гранулометрическим, химическим, минералогическим составом почв, их оструктуренностью и др. Большинство технологических операций необходимо проводить только в момент физической спелости почвы, при этом в результате крошения достигается наибольший выход агрономических ценных фракций структуры почвы (кроме самых легких почв).

Наиболее простой способ определения физической спелости состоит в следующем: горсть почвы слегка сжимается в руке и бросается с высоты груди на землю. Если она рассыпается на мелкие комочки, то считается готовой к обработке. Физическая спелость для большинства почв варьирует в пределах от 60 до 90% относительной влажности почв. Для среднесуглинистых почв физическая спелость наступает при следующей абсолютной влажности (%): дерново-подзолистые — 12—21, серые лесные — 15—23, черноземы — 15—24, каштановые — 13—23, каштановые солонцеватые — 13—20.

Интервал оптимальной влажности обработки в значительной мере зависит от гранулометрического состава почвы: чем он тяжелее, тем более узок интервал физической спелости. Особенно важно проводить обработку при ее физической спелости на тяжелых почвах. При пониженной влажности поверхностные силы связывают агрегаты друг с другом, при обработке пласт почвы не крошится, а ломается, образуются глыбы и большое количество пыли. При высокой влажности пласт не крошится, поверхность его становится блестящей (отвал заливается), замазывается, происходит образование корки и плужной подошвы, разрушается структура, при высыхании такая почва сильно затвердевает и требует интенсивной дополнительной обработки.

Обработку песчаных почв можно проводить в очень широком интервале влажности, так как они обладают наименьшей пластичностью, липкостью и связностью, однако образование оптимального размера агрегатов почвы происходит в значительно более узком интервале влажности.

Сроки наступления физической спелости зависят от гранулометрического состава почвы (чем легче почва, тем она раньше поспевает), рельефа (западины просыхают медленнее, чем ровные места и тем более склоны), экспозиции склона (южные просыхают раньше остальных), густоты растительности и др. Интервал оптимальной для обработки влажности почвы зависит от структурного состояния почвы, содержания гумуса и качественного состава обменных катионов. Поэтому при том же гранулометрическом составе этот интервал значительно шире у черноземов, которые лучше оструктурены, содержат больше гумуса и кальция. Состояние физической спелости у них сохраняется более длительный период времени. Это имеет очень большое практическое значение, так как позволяет проводить обработку в оптимальные сроки, что сказывается как на урожае, так и на плодородии почвы.

Состояние физической спелости почвы по-разному оценивается в зависимости от приема обработки почвы, особенностей действия на почву рабочих органов орудий, скорости обработки. Например, интервал влажности, при которой можно обрабатывать почву дисковыми орудиями, уже, чем при обработке фрезой, но шире, чем при обработке плугом. При увеличении скорости обработки возрастает интервал оптимальной влажности.

При состоянии физической спелости почвы тяговые усилия, необходимые для ее обработки, минимальны, в связи с чем уменьшается расход горючего и повышается производительность труда.

4. ВИДЫ И ПРИЕМЫ ОБРАБОТКИ ПОЧВ

Прием обработки — однотипное изменение сложения почвы путем воздействия на нее рабочих органов почвообрабатывающих орудий.

Существуют следующие виды обработки почвы:

1) основная — на глубину от 16 до 24 см и более, существенно изменяющая сложение почвы. К ней относятся вспашка, безотвальная обработка плугами, глубокая плоскорезная обработка, фрезерование, чизелевание и некоторые специальные приемы;

2) поверхностная — на глубину до 8—10 см, выполняется боронованием, культивацией, лущением, дискованием, прикатыванием, шлейфованием и др.;

3) мелкая — от 8 до 16 см, проводится и теми и другими приемами.

Основная обработка почвы

Основная обработка выполняется для существенного изменения сложения почвы. В зависимости от почвенных и климатических условий, от вида севооборота и засоренности полей основная обработка может проводиться с различной периодичностью: от одного-двух раз в год до одного раза в одну-две ротации севооборота. Наиболее часто основная обработка проводится в условиях избыточного увлажнения, наиболее редко — в засушливых районах на хорошо оструктуренных, плодородных почвах.

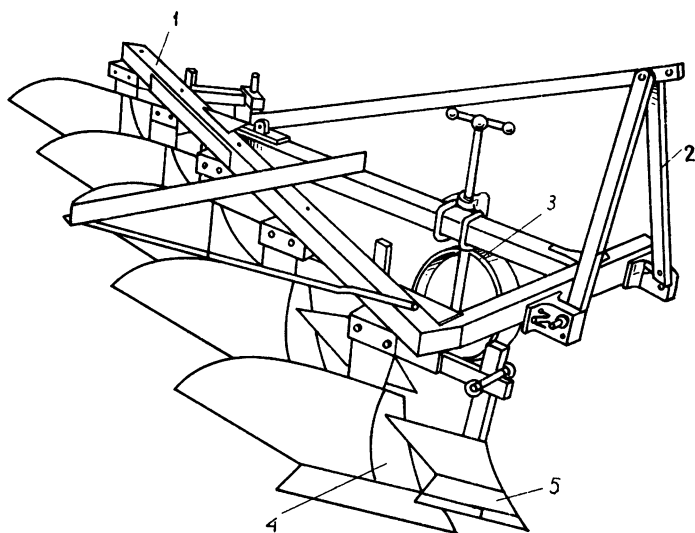


Рис. 9. Плуг навесной.
1 — рама, 2 — навеска, 3 — опорно-установочное колесо, 4 — корпус, 5 — предплужник

Самый распространенный прием основной обработки — **вспашка** почвы. При вспашке происходят оборачивание обрабатываемого слоя почвы, его рыхление, крошение, а также подрезание подземной части растений, заделка удобрений, пестицидов, остатков растений и их частичное перемешивание с почвой. Вспашка почвы производится плугами. Плуги классифицируются по назначению, роду применяемой тяги, способу агрегатирования с трактором, конструкции и числу корпусов. Наиболее распространенными и древними орудиями вспашки являются лемешные плуги (рис. 9). Основной рабочий орган плуга — корпус (рис. 10, а). Он состоит из стойки (3), лемеха (1), отвала (2) и полевой доски (4). Лемех и отвал наиболее активно воздействуют на почву и являются основными деталями плуга. Лемех подрезает пласт снизу и вместе с отвалом отрывает его от стенки борозды. Затем пласт, переме-

щаяся по лемеху и отвалу, крошится и оборачивается. К стойке прикрепляются остальные части корпуса, а сам корпус через стойку прикрепляется к раме плуга: стойка также частично воздействует на почву — разрезает и рыхлит ее. Полевая доска служит для опоры плуга: опираясь в стену борозды, она уравнивает горизонтальные составляющие сил сопротивления слоев почвы, а также (частично) вертикальные составляющие своей нижней поверхностью, опирающейся на дно борозды; способствует устойчивости работы плуга.

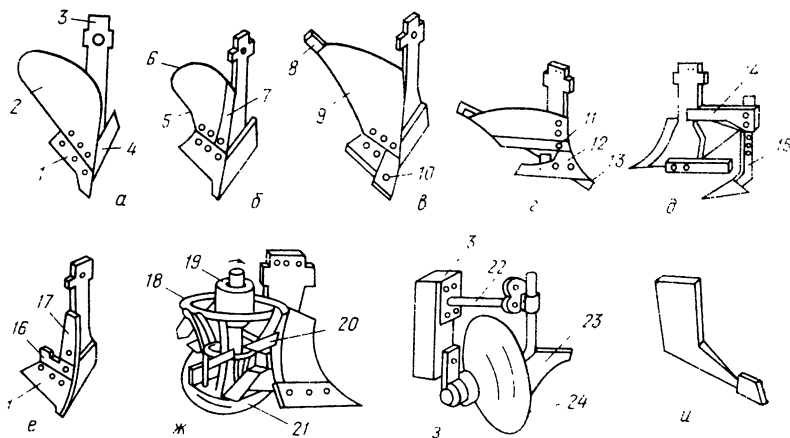


Рис. 10. Корпуса плугов.

а — культурный, *б* — скоростной, *в* — полувинтовой, *г* — вырезной, *д* — с почвоуглубителем, *е* — безотвальный, *ж* — комбинированный, *з* — дисковый, *и* — рабочий орган чизельного плуга; 1 — лемех, 2 — отвал, 3 — стойка, 4 — полевая доска, 5 — бороздный обрез, 6 — отвал с укороченным крылом, 7 — сменная грудь, 8 — перо отвала, 9 — полувинтовой отвал, 10 — накладной носок лемеха, 11 — верхний лемех, 12 — вырезной лемех, 14 — кронштейн, 15 — почвоуглубитель, 16 — уширитель лемеха, 17 — щиток, 18 — ротор, 19 — вал, 20 — лопасти, 21 и 24 — диски, 22 — кронштейн чистика, 23 — чистик

Существуют различные формы и конструкции лемехов. Наиболее распространены трапецеидальный (рис. 11, *а*) и долотообразный (рис. 11, *б*) лемехи. Трапецеидальный лемех дешевле долотообразного, но хуже заглубляется в почву и быстрее изнашивается, поэтому он применяется в основном на плугах, предназначенных для вспашки легких почв. Зубчатые лемехи (рис. 11, *в*) лучше отрывают пласт, поэтому их применяют на пересохших почвах для снижения тягового усилия. Лемех с выдвижным долотом (рис. 11, *г*) рекомендуют применять на плотных почвах, засоренных камнями. Известны и другие формы лемехов: со сменными лезвием и носком, оборотные и др.

Наружные поверхности лемеха и отвала представляют собой вместе одну общую рабочую поверхность корпуса плуга. От формы

и размеров этой поверхности зависит характер его работы. При работе плуга с цилиндрической рабочей поверхностью пласт круто поднимается и отбрасывается в сторону, при этом достигается хорошее крошение, но плохое оборачивание. Такие плуги применяют на легких и рыхлых почвах.

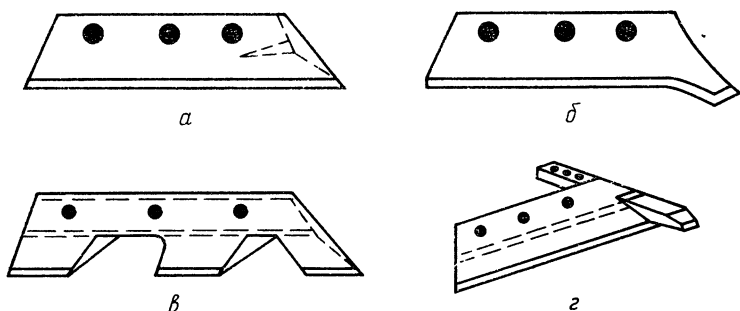


Рис. 11. Лемехи плугов.
а — трапецидальный, б — долотообразный, в — зубчатый, г — с выдвигающим долотом

Культурная поверхность отличается от цилиндрической тем, что задняя часть отвала у такого плуга винтообразно загнута. Такая поверхность имеет хорошие крошащие свойства и удовлетворительно поворачивает пласт. Корпуса с культурной рабочей поверхностью применяют при вспашке старопахотных и несвязных почв.

Полувинтовая поверхность придает корпусу хорошие оборачивающие свойства, но слабее культурной рыхлит почву. Корпуса с такой поверхностью применяются для вспашки связных и задернелых почв, а также почв, засоренных камнями.

Винтовая поверхность обладает значительной оборачивающей способностью, но слабо крошит пласт. Плуги с винтовыми отвалами применяют главным образом на тяжелых и сильно задернелых почвах.

Известны также комбинированные рабочие поверхности, которые могут сочетать признаки описанных выше или занимать промежуточную позицию (чаще между культурной и полувинтовой поверхностями). Конические поверхности применяются у ярусных плугов. В настоящее время чаще применяются плуги с культурной или комбинированной рабочей поверхностью корпусов.

Применение корпусов даже с самой оптимальной для данных условий рабочей поверхностью не всегда дает требуемое и высокое качество вспашки. Связано это прежде всего с тем, что пахотный слой очень редко бывает однородным по технологическим свойствам — большей связностью в основном обладает его верхняя часть из-за большого количества корней. К тому же необходимо бывает заделать на дно борозды верхнюю часть пахотного слоя почвы с пожнивными остатками, осыпавшимися семенами

сорных (и культурных) растений, возбудителями болезней и вредителями, одновременно хорошо разрыхляя и кроша почву. Для более успешного решения этих задач применяется предплужник.

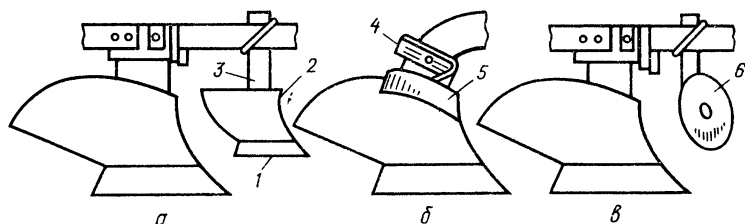


Рис. 12. Предплужник и углосним.

а — корпус с предплужником, *б* — корпус с углоснимом, *в* — корпус с дисковым углоснимом; 1 — лемех, 2 — отвал, 3 — стойка, 4 — хомут, 5 — отвал углоснима, 6 — диск углоснима

Предплужник состоит из тех же деталей, что и корпус плуга (рис. 12, *а*), но меньших размеров, и не имеет полевой доски (находясь на малой глубине без надежной опоры, она мешала бы работе основного корпуса). Предплужник устанавливается впереди корпуса плуга. Он сбрасывает на дно борозды впереди идущего корпуса верхние 8—12 см почвы. Пласт почвы, который обрабатывает предплужник, равен $\frac{2}{3}$ ширины захвата корпуса плуга. У наиболее широко применяемых плугов ширина захвата корпуса плуга 35 см. Глубина обработки почвы предплужниками установлена из следующих соображений. Если предплужник будет обрабатывать слой почвы менее 8 см, то он попадает в зону расположения основной массы корней и корневищ растений, большую часть которых разорвать не может, а потому будет сгребать почву впереди себя. Если глубина обработки составит более 12 см, то сброс пласта в борозду будет не совсем удовлетворительным, а оставшейся после него почвы будет недостаточно, чтобы хорошо засыпать уложенный в борозду пласт. Обработка почвы плугом с предплужниками называется культурной вспашкой, так как при этом обеспечивается наиболее высокое качество обработки почвы.

Улучшает качество работы корпуса плуга применение углоснимов. Углосним, опирающийся на отвал плуга (рис. 12, *б*), состоит из отвала (5) и гнутой стойки с хомутом (4), которым он крепится к стойке корпуса плуга. Углосним срезает и сбрасывает на дно борозды угол пласта в момент его подъема. Применяют такие углоснимы на плугах для вспашки почвы, засоренной камнями, а также на плугах общего назначения с полувинтовыми отвалами.

Углосним может быть выполнен в виде сферического диска, поставленного под углом к вертикали и направлению движения (рис. 12, *в*). Он снимает углы сразу с двух пластов: от идущего за ним корпуса — левый угол и от следующего — правый. Пласты почвы с двумя срезанными углами лучше укладываются.

Улучшает качество работы плуга и применение ножей. Они

служат для отрезания пласта в вертикальной плоскости с целью получения гладкой стенки и чистого дна последней борозды. Ножи бывают трех типов: дисковые, черенковые и плоские с опорной лыжей.

Дисковые ножи представляют собой диск толщиной 4 мм и диаметром 390 мм (рис. 13, *а*). Он устанавливается глубже предплужника на 2—3 см. Обычно на плуг ставится один нож с некоторым отклонением в сторону непаханного поля, но так, чтобы отрезанный диском пласт при подъеме не осыпался. На плугах для вспашки целинных, задерненных и других связных почв, сопротивление которых на разрыв больше, чем срез, ножи стоят у каждого корпуса.

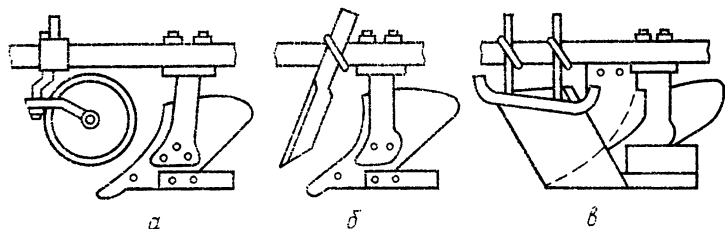


Рис. 13. Ножи плугов.

а — корпус плуга с дисковым ножом, *б* — корпус плуга с черенковым ножом, *в* — корпус болотного плуга с плоским ножом и опорной лыжей

Черенковые ножи (рис. 13, *б*) применяют на плугах специального назначения: плантажных, ярусных, лесных. Нож разрезает пласты и мелкие корни, а крупные корни и древесные остатки выворачивает на поверхность.

Плоские ножи с опорной лыжей (рис. 13, *в*) устанавливают на кустарниково-болотных плугах.

Часто за корпусом плуга устанавливается почвоуглубитель (рис. 14). Он представляет собой длинную стойку, к которой вни-

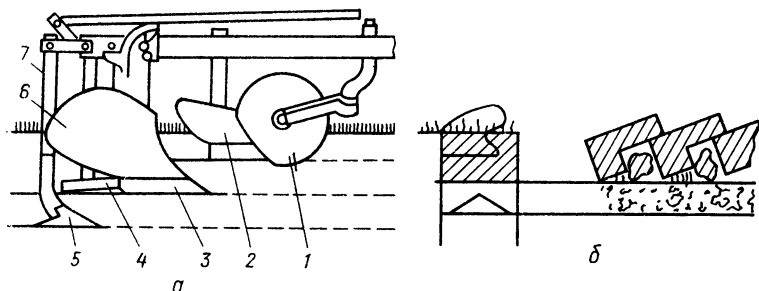


Рис. 14. Устройство и работа плуга.

а — основные рабочие органы и детали, *б* — схема работы; 1 — дисковый нож, 2 — предплужник, 3 — лемех корпуса, 4 — полевая доска, 5 — почвоуглубитель, 6 — отвал, 7 — стойка

зу прикреплена стрелчатая лапа. Почвоуглубитель рыхлит почву на 6—14 см глубже корпуса плуга. Он применяется для ликвидации уплотнения почвы тяжелыми колесами машин, для углубления пахотного горизонта подзолистых почв, перед посевом технических культур, которым необходим глубокий рыхлый слой почвы, при обработке почв садов и лесных питомников, при обработке переувлажненных почв и др.

Основные рабочие органы плуга и их размещение показаны на рис. 14. Рабочие органы плуга крепятся к раме. Плуги бывают навесные, полунавесные и прицепные. Через систему навесок и прицепов (в зависимости от типа плуга) плуги присоединяются к трактору.

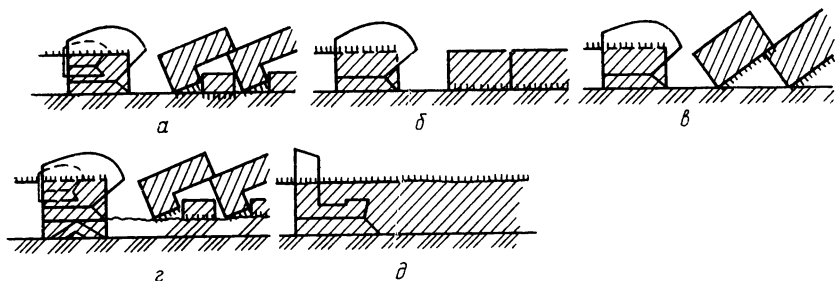


Рис. 15. Виды вспашки.

а — культурная, *б* — оборот пласта, *в* — взмет пласта, *г* — культурная с почвоуглублением, *д* — безотвальная

Кроме тракторной тяги, конечно, значительно реже, используются конная (или других животных) и канатная тяга.

Для установки и поддержания заданной глубины вспашки используются опорно-установочные колеса (см. рис. 9).

Существуют следующие основные виды вспашки.

Оборот пласта (рис. 15, *б*) — это вспашка, при которой пласты оборачиваются на 180° . Так вспашивают задернелые почвы, которые разрыхлить плугом не удастся.

Культурная вспашка (рис. 15, *а*) — вспашка плугами с предплужником.

Взмет пласта (рис. 15, *в*) — вспашка на малой скорости плугом с культурной рабочей поверхностью без предплужников с оборотом пласта на 135° .

Большинство применяемых в настоящее время плугов отваливают пласты вправо по ходу плуга. Если бы поле последовательно обрабатывалось полоса за полосой (при прямом и обратном ходах плуга), то на нем очень часто чередовались бы свальные гребни и разъемные борозды. Чтобы этого избежать, поле разбивается на загоны (полосы), в которых трактор ходит как бы по кругу, приваливая новый пласт к ранее поднятому. Ширина загона устанавливается в зависимости от длины поля и ширины захвата плу-

га. Избежать образования гребней и борозд при загошной вспашке также не удастся, но они образуются по одному на один загон, а не при каждом проходе трактора. Если работу начинают с середины загона, то в середине загона образуется свальной гребень (вспашка всвал) (рис. 16, б). Если пахоту начинают с правой стороны загона, то получается вспашка вразвал, т. е. в середине загона получается развальная борозда (рис. 16, а).

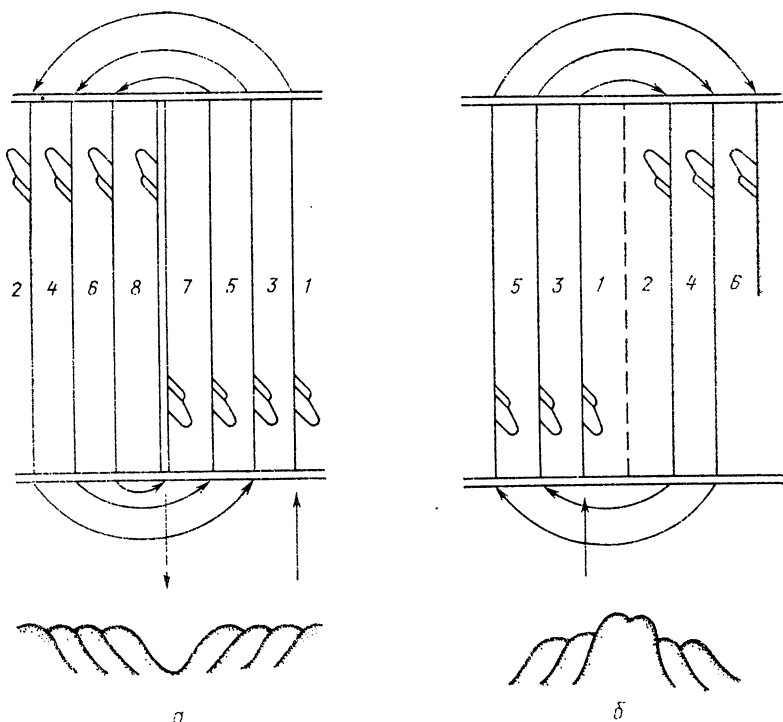


Рис. 16. Схема загошной вспашки вразвал (а) и всвал (б)

Во избежание образования гребней и борозд на стыках загонных их пахот, чередуя всвал и вразвал. Чтобы не допустить увеличения размеров гребней и борозд на следующий год, загоны делают других размеров, или изменяют способ вспашки загона. Раньше применялась фигурная или круговая техника вспашки, которая проводилась в соответствии с фигурой участка. Пахота обычно начиналась с края поля, трактор двигался, постепенно приближаясь к его центру. Такая техника не обеспечивала высокого качества обработки и сейчас не применяется.

Избежать недостатков обработки почвы, которые дают плуги, отваливающие пласт в одну сторону, можно, применяя оборотные, поворотные и клавишные плуги.

У оборотного плуга ряд корпусов, отваливающих пласт вправо, крепится над рядом корпусов, отваливающих пласт влево, они меняются местами, когда рама плуга поворачивается вокруг горизонтальной оси на 180° (рис. 17, а).

У поворотного плуга неподвижно закреплены лемехи, а отвалы (право- и левооборачивающие) вращаются вокруг вертикальной оси (как у сохи), их поворотом можно изменять направление отваливания пласта. (Этот плуг находится в стадии испытания.)

У клавишных плугов право- и левооборачивающие корпуса расположены через один, и, по мере необходимости, корпуса, отваливающие пласт в одну сторону, вместе поднимаются или опускаются в рабочее положение специальными устройствами (рис. 17, б).

Есть модели плугов, у которых корпуса не отваливают пласт почвы в сторону (в соседнюю борозду), а укладывают его в борозду, образованную этим же корпусом. Пока такие плуги не нашли широкого применения, так как во многих случаях не могут обеспечить приемлемых качеств обработки почвы и производительности агрегата.

На склонах для гладкой пахоты используют балансирные и челночные плуги, работа которых будет описана в соответствующем разделе (рис. 17, в и г). В зонах, где почвы подвержены дефляции, для основной обработки наиболее часто применяются культиваторы-плоскорезы-глубококорыхлители (рис. 18). Глубина обработки такими орудиями составляет в основном от 16 до 30 см. На поверхности почвы при этом остается от 70 до 90% стерни, которая предохраняет почву от выдувания. При обработке почвы культиваторами-плоскорезами-глубококорыхлителями почва рыхлится, слегка перемешивается, подрезаются корни растений. Модификации культиваторов-плоскорезов-глубококорыхлителей различаются шириной захвата, глубиной обработки, конструкцией долот, лемехов и т. д. В настоящее время эти орудия иногда применяются и в недефляционно опасных районах страны.

Как орудия основной обработки почвы применяются также безотвалыные плуги (см. рис. 10, г). Наибольшее применение такой плуг нашел в Зауралье, в системе обработки почв, разработанной Т. С. Мальцевым. Часто эффективным оказывается применение этого плуга в системе обработки почв в севообороте во многих других зонах страны. При работе плуга почва рыхлится, частично перемешивается, подрезаются корни растений. Глубина обработки обычно 30—40 см.

В последнее время в Западной Европе и Северной Америке широкое распространение в качестве орудий основной обработки

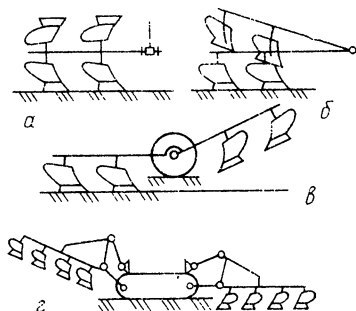


Рис. 17. Плуги для гладкой вспашки.

а — оборотный, б — клавишный, в — балансирный, г — челночный

получили чизельные плуги (рис. 19). Рабочий орган у такого плуга чаще состоит из мощной стойки и долота. Глубина обработки таким орудием составляет 20—50 см. Иногда вместо или вместе с долотом устанавливаются стреловидная рыхлящая лапа, дельтовидная пластина, уширительные открьлки и т. д. для более интенсивного рыхления почвы и большей ширины захвата орудия. Иногда при большой глубине обработки дополнительные режущие открьлки устанавливаются в верхней или средней части стойки,

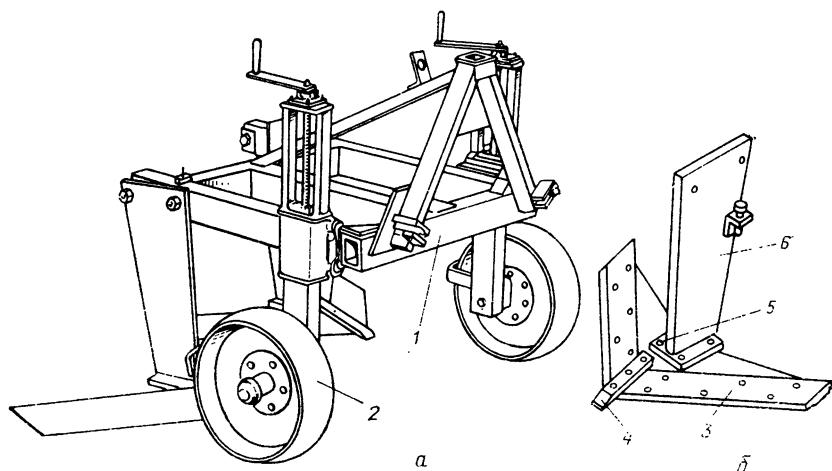


Рис. 18. Культиватор-плоскорез-глубокорыхлитель.
а — культиватор, б — нож; 1 — рама, 2 — опорное колесо, 3 — лемех, 4 —
долото, 5 — башмак, 6 — стойка

с тем чтобы подрезать корни сорных растений. У нас в стране чизельные плуги применяются для глубокого рыхления дерново-подзолистых почв, солонцов, так как они слабо перемешивают почвенные слои, но значительно увеличивают водопроницаемость этих почв. Применяются они в эрозионно опасных районах, после их прохода на поверхности остается 60—80 % стерни. К основным

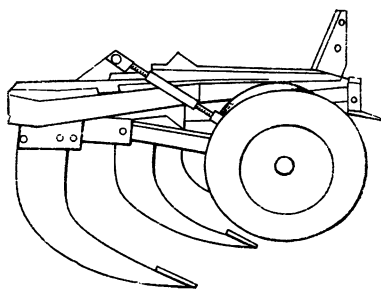


Рис. 19. Чизельный плуг

недостаткам чизельного плуга можно отнести: неодинаковую плотность почвы по следам рабочих органов и между ними, необходимость дополнительных обработок почвы для подготовки ее к посеву. Безотвальные и чизельные плуги лишь условно относятся к плугам, так как в их работе отсутствует главный признак вспашки — оборот пласта.

На поливных землях, на переувлажненных и пересохших тя-

желых почвах для основной обработки целесообразно применять дисковые плуги (рис. 20). Основной рабочий орган — сферический диск (диаметром 600—800 мм) крепится на стойках под углом к вертикали ($15\text{--}20^\circ$) и направлению движения ($40\text{--}45^\circ$). Они вращаются в подшипниках и очищаются с помощью чистиков. Дисковые плуги рыхлят, крошат, перемешивают почву, но в обычных условиях делают это менее качественно, чем лемешные плуги. В результате скользящего резания дно борозды не уплотняется

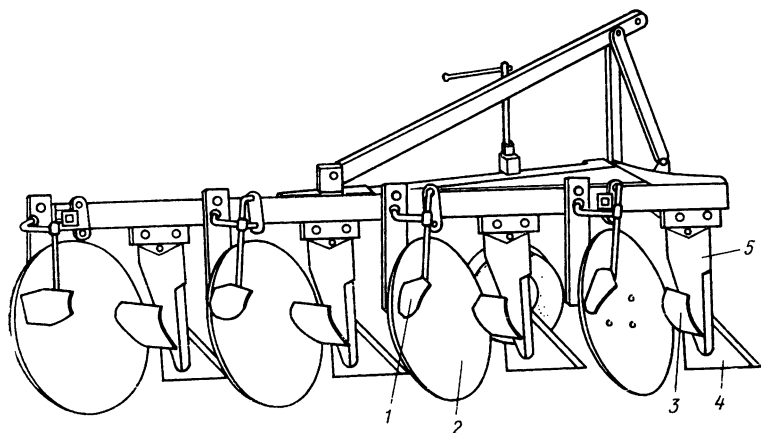


Рис. 20. Дисковый плуг.

1 — чистик, 2 — корпус плуга, 3 — углосним, 4 — полевая доска (стабилизатор), 5 — стойка-рыхлитель

(у лемешных же плугов в результате такого уплотнения в некоторых случаях образуется плужная подошва). Иногда дисковые плуги дают хорошие результаты при вспашке почвы на повышенных скоростях. В Австралии дисковые плуги применяют чаще, чем лемешные, так как считается, что глыбистая поверхность, остающаяся после них, предохраняет почву от эрозии. Наиболее часто эти орудия применяются для обработки осваиваемых почв, в которых встречаются остатки древесных и кустарниковых растений.

В качестве орудий основной обработки в условиях полевых севооборотов в некоторых случаях применяют роторные орудия с активными рабочими органами, которые приводятся в движение от двигателя трактора, независимо от взаимодействия с почвой. Такими орудиями являются фрезы и ротационные плуги.

У фрез (рис. 21) рабочие органы — ножи и, реже, полевые крючки и долота (рис. 22) — закреплены на барабане, крепление может быть шарнирным, полужестким, но чаще — жестким. При вращении барабана от вала отбора мощности трактора рабочие органы фрезы отделяют от массива почвы небольшие стружки, которые ударяются о прутковую решетку и кожух, в результате чего почва интенсивно перемешивается и крошится. Скорость вра-

щения барабана регулируется, что способствует наиболее качественной обработке почвы в различных почвенных условиях. Глубина обработки фрезами до 25 см. Основные достоинства фрез — равномерное крошение и перемешивание всего обрабатываемого слоя, равномерное распределение по этому слою растительных остатков, органических и минеральных удобрений, возможность регулирования степени крошения почвы, возможность подготовки почвы к посеву за один проход фрезы. Но на такую обработку затрачивается большое количество энергии, низка производительность труда, поэтому фрезы редко применяются на старопашотных почвах (в основном при обработке почвы под овощные культуры). Более целесообразно применение их в специальных случаях, кото-

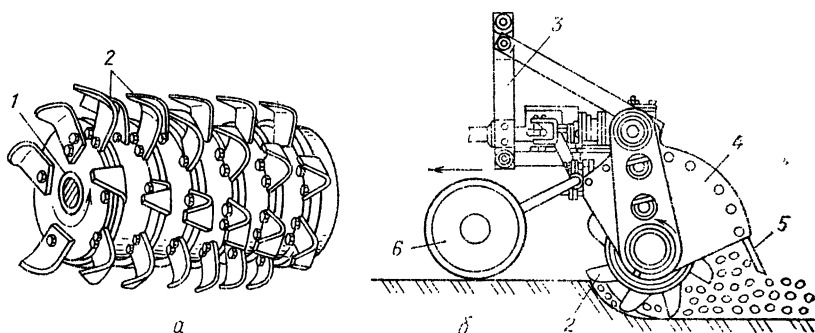


Рис. 21. Фрезы.

а — рабочий орган (барабан), *б* — общий вид болотной фрезы; *1* — вал, *2* — ножи, *3* — навеска, *4* — кожух, *5* — решетка, *6* — опорное колесо

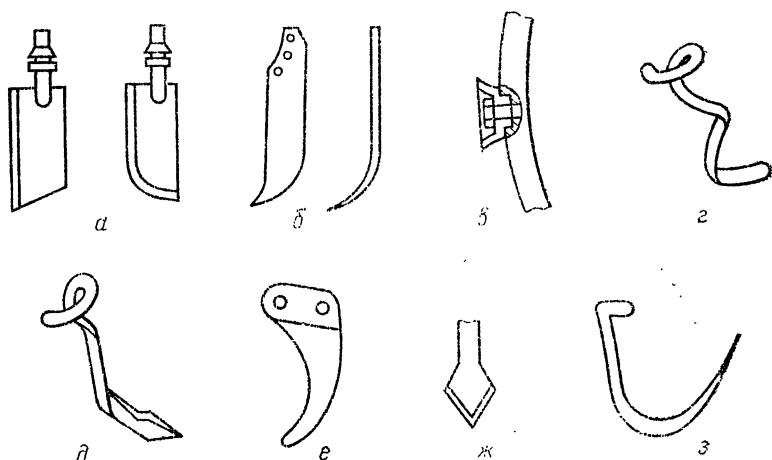


Рис. 22. Рабочие органы фрез.

а — прямой нож, *б* — Г-образный, *в* — тарелочный, *г* — луцильный, *д* — полулущильный, *е* и *ж* — рыхлящие долота, *з* — полевой крючок

рые будут описаны в соответствующем разделе. Нельзя использовать фрезы на полях, засоренных камнями.

В настоящее время проводятся испытания бесприводных ротационных машин с горизонтальной осью вращения роторов. Схема таких машин следующая: за трактором идет фрезбарабан или каток большого диаметра, который приводится во вращение от взаимодействия с почвой, за ним движется фрезбарабан меньшего диаметра, соединенный с передним цепной передачей и совершающий уже принудительное вращение (соотношение скоростей вращения обычно 1:5). Основными достоинствами этих машин являются простота конструкции, повышенная надежность и относительно невысокая стоимость.

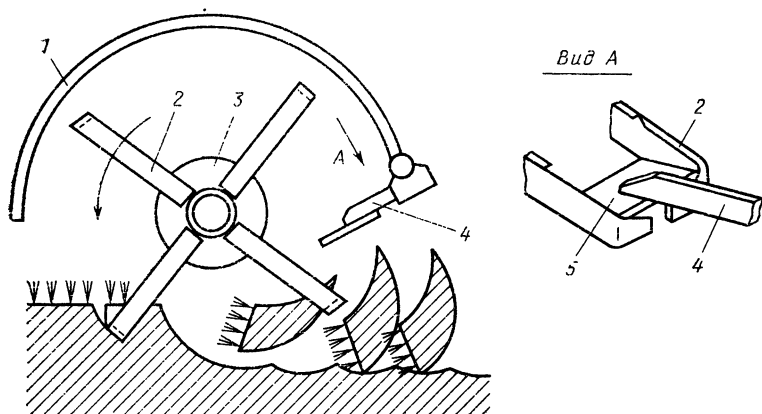


Рис. 23. Схема работы ротационного плуга.
1 — корпус, 2 — ножи, 3 — диск, 4 — отражатели, 5 — лопатки

Ротационные плуги сходны по конструкции с фрезами, но они более массивны и предназначены для более глубокой обработки почвы. Окружная скорость у таких плугов меньше, чем у фрез. Они отрезают от массива почвы более крупные стружки и укладывают их дерниной вниз (рис. 23). Эти плуги обладают такими же недостатками, что и фреза. Ротационные орудия с вертикальной осью вращения используются в основном в садах, на поливных землях и на пропашных культурах.

Для качественной обработки пахотного слоя тяжелых почв и под овощные культуры находит применение комбинированный плуг (см. рис. 10, ж). Корпус такого плуга оборудован ротором, установленным вместо срезанного крыла отвала. Ротор выполнен в виде усеченного конуса, к образующим которого прикреплены лопасти; он вращается от вала отбора мощности трактора, лопасти крошат пласт, сходящий с укороченного отвала, и отбрасывают почву в борозду. Комбинированный плуг обладает меньшей производительностью, чем обычные лемешные плуги.

Основная обработка почвы в необходимых случаях выполняется специальными приемами: плантажной, многослойной вспашками, приемами, улучшающими водопроницаемость почв, приемами противозерозионной обработки и т. д. К специальным можно отнести в определенных условиях и некоторые приемы обработки почв, описанные выше.

Мелкая и поверхностная обработка почвы

Эти виды обработки почвы выполняются очень многими приемами. Рассмотрим основные из них.

Лушение — при проведении этого приема почва рыхлится, крошится, перемешивается, подрезаются подземные части растений. Оборачивание почвы не такое полное, как при вспашке. Лушение проводится дисковыми и лемешными лушильниками.

Лемешные лушильники (плуги-лушильники) представляют собой уменьшенную копию отвального плуга без предплужников. Ширина захвата корпуса лушильника до 25 см, глубина обработки до 18 см. Для лучшей заделки растительных остатков корпуса лушильников имеют полувинтовую рабочую (лемешно-отвальную) поверхность. При лушении стерни и уходе за парами глубина обработки почвы лушильниками обычно составляет 8—12 см. Иногда они используются для вспашки легких почв с маломощным пахотным горизонтом.

Основным рабочим органом дисковых лушильников является сферический диск. Такая форма диска позволяет оборачивать пласт почвы. Диски собираются на оси в батареи. Ось свободно вращается в подшипниках (рис. 24). Из таких батарей (секций) составляется лушильный агрегат (лушильник). Лушильники

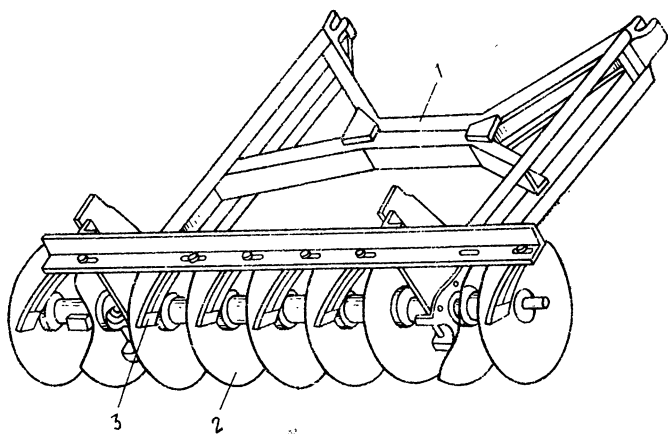


Рис. 24. Дисковая секция лушильника.
1 — рама, 2 — сферический диск, 3 — скребок

имеют большую ширину захвата (от 5 до 20 м), так как лушение в большинстве случаев надо проводить быстро. Диски вращаются под действием сил реакции почвы, вызванных движением агрегата: поскольку диск сферический, с увеличением угла атаки (от 20 до 35°) растут общее сопротивление и вертикальная составляющая реакции почвы, заглубляющая диск. Поэтому чем больше угол атаки, тем глубже лушение и полнее оборот пласта. Когда угол атаки дисков меньше 20°, обрабатываемый пласт почвы практически не оборачивается и агрегат действует как дисковая борона.

Культивация предусматривает рыхление, крошение, частичное перемешивание почвы, подрезание корней растений, может проводиться для уничтожения сорняков на всем поле или в междурядьях растений, для рыхления почвы и выравнивания поверхности, для заделки удобрений, окучивания рядков растений и т. д. Культиваторы для сплошной обработки поля имеют различные рабочие органы. Стрельчатые плоскорежущие лапы предназначены в основном для подрезания корней растений, они слабо рыхлят почву (рис. 25, а и б).

У универсальных лап угол постановки лапы к дну борозды (угол крошения) больше, поэтому они не только подрезают корни, но рыхлят и частично перемешивают почву (рис. 25, в). Более интенсивно рыхлят почву и одновременно вычесывают из нее остатки растений культиваторы с долотообразными и пружинными лапами (рис. 25, г и з). Существует множество разновидностей лап культиваторов, которые могут совмещать детали разных их видов. Игольчатые диски-звездочки (рис. 25, и) и штанга применяются в основном в зонах недостаточного увлажнения и в дефляционно опасных районах. Игольчатые диски стоят на ротационных мотыгах, при движении диски вращаются, иглы выдергивают молодые растения, рыхлят поверхностный слой, уничтожают корку. Штанговые культиваторы имеют рабочий орган, представляющий собой стержень-штангу квадратного сечения, которая движется вместе с агрегатом на глубине залеганий корневищ сорняков и одновременно медленно поворачивается от ходовых колес культиватора, не давая возможности сорнякам зависать — они вырываются и выбрасываются на поверхность. На поверхности остается до 70% стерни.

Для междурядной обработки почв применяются как вышеописанные, так и специальные виды лап. Односторонние плоскорежущие лапы-бритвы бывают право- и леворежущими (см. рис. 25, а), их ставят так, чтобы стойки располагались со стороны рядков растений на расстоянии 6—11 см от них и сзади лап другого вида, они обеспечивают наиболее полное подрезание сорняков в междурядьях, бритвы бывают самой разной длины, размеры соответствуют стандартным междурядьям у пропашных культур.

Окучники и лапы-отвалы относятся к присыпающим рабочим органам культиваторов (рис. 25, л, м, н, о, п). Окучник состоит из неразъемного корпуса со стойкой, сменного носка для рыхления дна борозды и крыльев. Глубину окучивания выбирают

такой, чтобы растения присыпались примерно до 1/3 высоты. Высота гребней может достигать 25 см.

Лапы-отвальщики применяют, когда культурные растения еще малы для окучивания, а сорняки набирают силу. Они снимают тонкий слой почвы в междурядьях и отбрасывают его в рядки, засыпая мелкие сорняки.

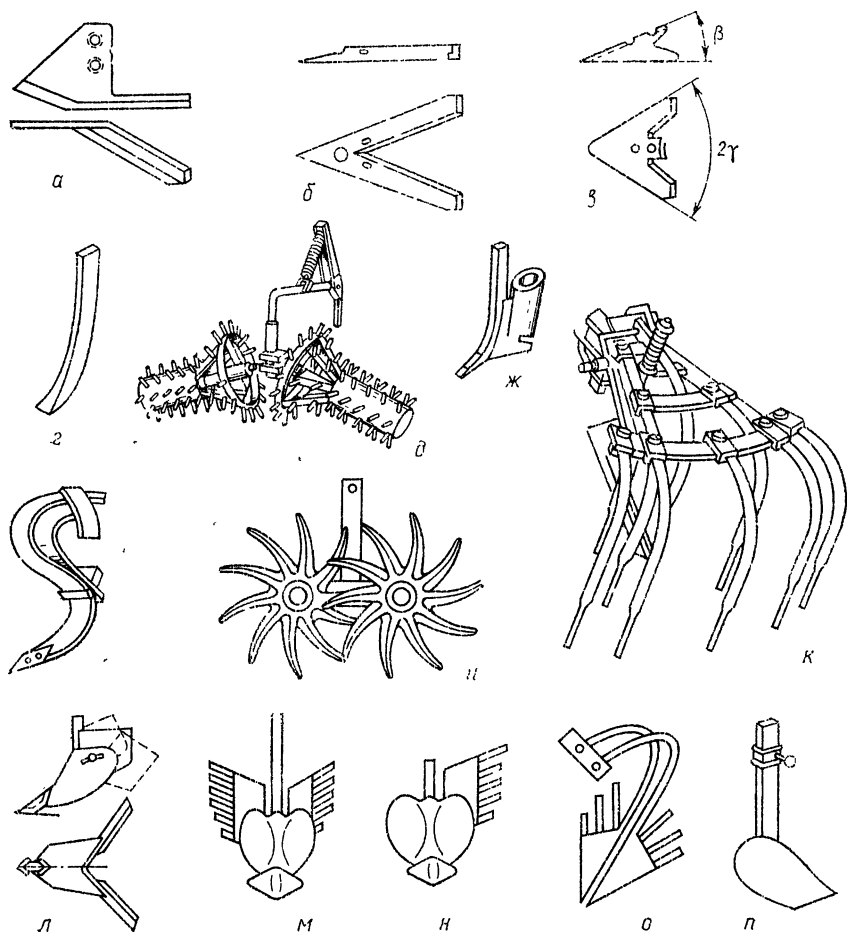


Рис. 25. Рабочие органы культиваторов.

а — односторонняя плоскорежущая лапа-бритва, *б* — стрельчатая плоскорежущая лапа, *в* — стрельчатая универсальная лапа, *г* — долотообразная рыхлительная лапа, *д* — ротационная боронка, *ж* — подкормочный нож, *з* — оборотная лапа на пружинной стойке, *и* — игольчатые диски (звездочки), *к* — звено прополочной бороны, *л* — корпус окучника, *м* — корпус окучника с решетчатым отвалом, *н* — корпус окучника со снятым крылом, *о* — корпус окучника для каменистых почв, *п* — лапа-отвальщик

Для нарезки борозд в зонах поливного земледелия применяют арычники-бороздорезы, по устройству они сходны с культиваторами-окучниками.

Для обработки поливных земель, а также иногда для междурядной обработки применяются роторные культиваторы с вертикальной осью вращения.

Боронование предусматривает крошение, рыхление, частичное перемешивание почвы и выравнивание поверхности, уничтожение всходов и проростков сорняков, применяется для ухода за посевами культурных растений. При бороновании почвы рыхлятся на незначительную глубину (до 6—8 см). Некоторые бороны имеют возможность обрабатывать почву до глубины 20 см, но такую обработку нельзя уже называть боронованием.

Самыми простыми и универсальными орудиями являются зубовые бороны. Бороны зигзаг получили название от формы продольных планок рамы, которые имеют зигзагообразную форму (рис. 26, а). Такая форма придана раме для того, чтобы зубья бороны не шли след в след друг другу. Рабочие органы этих борон — зубья — выполнены в виде прямых стержней, различающихся размерами, а также формами сечения и конца зуба (рис. 27, а, б, в, г, д). По массе бороны зигзаг делят на легкие (0,4—1,0 кг массы на зуб), средние (1,3—1,8 кг) и тяжелые (1,9—2,3 кг). Облегченные зубовые бороны предназначены для заделки семян и удобрений, разрушения корки, уничтожения сорняков и др. Они имеют круглые зубья (см. рис. 27, д), малую массу (0,4 кг на зуб).

Зубья лугово-пастбищных борон чаще имеют ножевидную форму (см. рис. 27, в). Для лучшего копирования рельефа рамы таких борон членистые шарнирные.

Сетчатые бороны состоят из звеньев, сделанных из толстой проволоки, которые жестко соединены между собой (см. рис. 26, в), концы зубьев этих борон имеют различную форму (рис. 27, е). Применяются для ухода за посевами, рыхления почвы, уничтожения всходов сорняков, прореживания всходов кукурузы и сахарной свеклы.

Ротационные бороны применяются для разрушения корки на посевах, боронования стерневых полей в дефляционно опасных районах и др. Рабочие органы этих борон — игольчатые диски с игольчатыми зубьями, свободно посаженные на валах (рис. 27, ж). При рыхлении корки диски работают «затылком», а при прореживании всходов, для уничтожения сорняков и более интенсивного рыхления в обратную сторону — «клювом».

Бывают бороны с активным приводом — роторные и вибробороны. Пружинные бороны предназначены для рыхления почвы и вычесывания корневищных и корнеотпрысковых сорняков (рис. 27, ж, з, и, к). Рабочие органы дисковых борон — диски различной формы: сферические (рис. 27, л), вырезные сферические (рис. 27, н), плоские. Тяжелые бороны с вырезными сферическими дисками чаще используются для разделки дернины растений, для

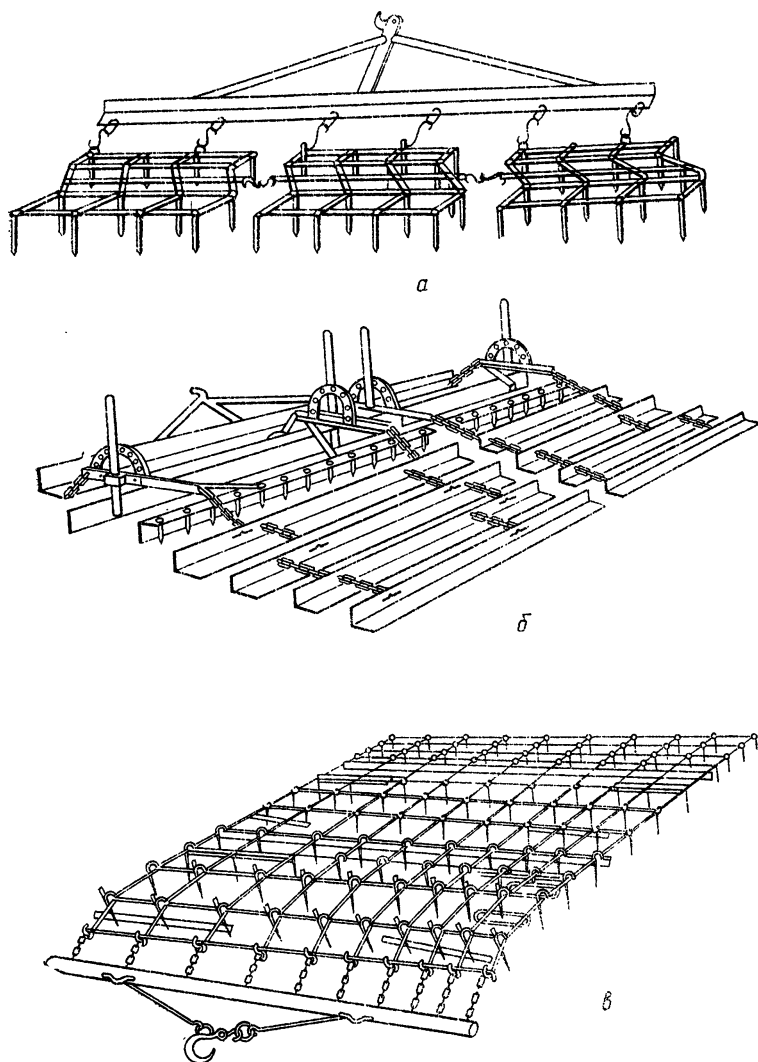


Рис. 26. Бороны.
 а — зигзаг, б — шлейф-бороны, в — сетчатая

обработки плотных почв, в этом случае глубина обработки небольшая, характерная для боронования. Такая борона может применяться при необходимости и для основной обработки почвы на глубину до 20 см.

Есть бороны, специально предназначенные для обработки междурядий: ротационная боронка, прополочная борона (см. рис. 25, д, к) и др.

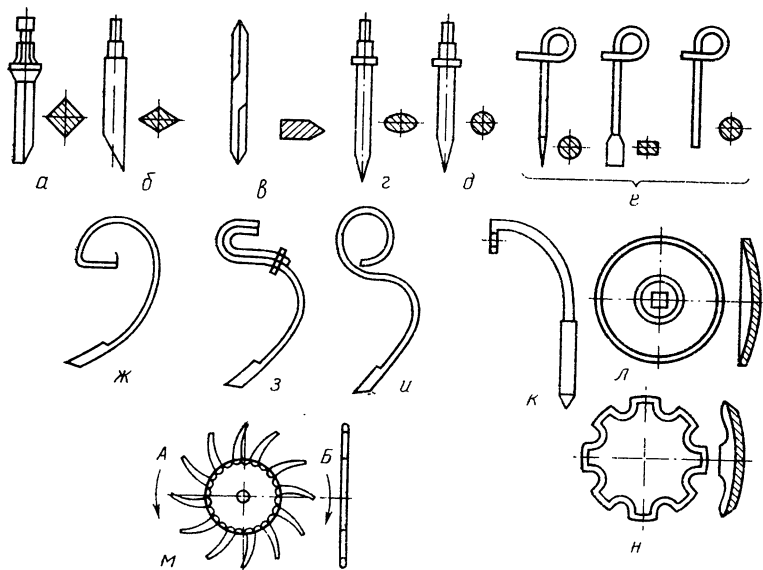


Рис. 27. Рабочие органы борон.

а — квадратный зуб тяжелой и средней борон зигзаг, *б*, *в*, *г* — ромбовидный, ножевидный и эллипсовидный зубья, *д* — круглый зуб легкой бороны, *е* — зубья сетчатой бороны, *ж*, *з*, *и*, *к* — пружинные зубья, *л* — сферический диск дисковой бороны и лушительника, *м* — игольчатый диск, *н* — вырезной диск тяжелой дисковой бороны

Прикатывание применяется для уплотнения почвы. При этом происходит дробление глыб и комков, а также, в зависимости от вида катков, выравнивание поверхности или создание на ней микрорельефа, разрушение почвенной или ледяной корки и др. Гладкие водоналивные катки (рис. 28, в) применяют для осадки почвы и выравнивания поверхности. Такие катки преимущественно не разрушают почвенные агрегаты, а вдавливают их в почву. Давление на почву регулируется объемом воды, заливаемой в катки, а также скоростью обработки. Кольчатые катки (рис. 28, а, б, г) предназначены для уплотнения нижних слоев почвы при воздействии на нее узкими острыми кольцами, при вдавливании колец одновременно рыхлится верхний слой. Кольчато-зубчатые катки (см. рис. 28, б) состоят из колец двух видов: с клиновидным ободом и с зубцами. Они хорошо дробят глыбы. Кольчато-шпоровые

катки (см. рис. 28, а) получили наибольшее распространение. Они лучше других катков дробят глыбы. Давление катка на почву можно изменять количеством балласта. Борончатые катки (рис. 28, д) хорошо разрушают комки и корку. Прутковые или решетчатые катки изготавливают из круглых прутьев или уголков с промежутками между ними, прикрепленных к обрусам или дискам. Они служат для дробления глыб и уплотнения почвы; комки почвы, попавшие внутрь катка, разбиваются при его вращении и выпадают.

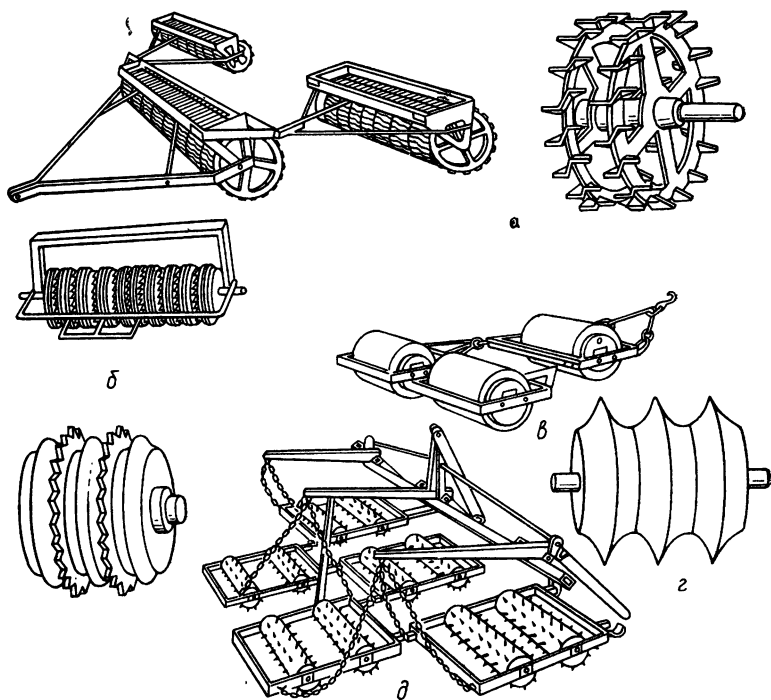


Рис. 28. Катки.

а — кольчато-шпоровый, б — кольчато-зубчатый, в — гладкий водо-наливной, г — кольца кольчатого (клинчатого) катка, д — боронча-тый каток

Выравнивание почвы выполняется путем перемещения почвы вдоль поверхности, разрушения и вдавливания глыб и комков. Особое значение выравнивание поверхности почвы имеет на поливных почвах. Предварительное выравнивание (планировка) поверхности поля производится мощными мелиоративными машинами: бульдозерами, скреперами, грейдерами. Затем планировка проводится уже специальными почвообрабатывающими орудиями: малами, планировщиками, выравнивателями, шлейф-боронами,

волокушами и др. Название приемов обработки почвы при выравнивании производно от названия орудия — малование, шлейфование и т. д. Выравнивание поверхности почвы происходит и при некоторых вышеописанных приемах обработки, особенно при бороновании.

Мала представляет собой мощный окованный железом брус, который тянет за собой трактор, при движении она сдвигает гребни, глыбы, разминает их, засыпает понижения, вдавлиывает глыбы и комья в почву, при этом почва слегка уплотняется. Применяется в основном при подготовке поля к поливу.

Работа многих планировщиков и выравнивателей основана на двух операциях: рыхлении почвы и ее перемещении вдоль поверхности. Рыхлительные органы могут быть разнообразными: зубья, роторные устройства, лемехи и отвалы. Перемещается и выравнивается почва с помощью металлических досок, скребков, брусков вдоль длинных отвалов.

Шлейф-борона работает следующим образом: ряд зубьев гребенки разрыхляет почву, идущий за ней скребок перемещает почву с возвышений в углубления, затем скрепленный цепями ряд брусков окончательно разравнивает почву. Бывают шлейф-бороны и несколько отличные по конструкции от описанной (см. рис. 26, б).

Волокуша представляет собой скрепленный цепями ряд брусков. Если на переднем бруске имеются зубья, то она называется гвоздевкой.

В настоящее время в практике полеводства для выравнивания почвы нашел широкое применение комбинированный агрегат — рыхлитель, выравниватель, каток (РВК). Передняя часть его состоит из пружинных зубьев, которые рыхлят почву, затем шлейф-балка выравнивает поверхность, а кольчато-шпоровый каток прикатывает почву. Существует много разновидностей как этого, так и других комбинированных выравнивающих агрегатов.

Почвообрабатывающие орудия, применяемые на полях, в обрабатываемом слое которых могут быть скрытые препятствия (камни, валуны, стволы деревьев и т. д.), вызывающие поломку рабочих органов, должны быть оборудованы предохранительными устройствами. На плугах чаще применяют гидропневматические предохранители, основным элементом которых служат гидропневмоаккумуляторы. При наезде на препятствия корпус плуга, закрепленный на раме шарнирно, поворачивается, перемещая шток гидроцилиндра, который поршнем через гидросистему воздействует на газовую камеру гидропневмоаккумулятора, сжимая находящийся там газ, и накапливает энергию. После преодоления препятствия плуг под давлением сжатого газа, а также за счет наклона корпуса возвращается в рабочее положение. На культиваторах применяют предохранители пружинного типа, которые также позволяют их рабочим органам откидываться при наезде на препятствия, а затем возвращают их в рабочее положение.

5. ОБРАБОТКА ПОЧВЫ ПРИ ВНЕСЕНИИ УДОБРЕНИЙ

Удобрения вносят различными способами: поверхностно, внутрипочвенно, опрыскиванием вегетирующих растений, с поливными водами, сплошным слоем, локально и т. д. Наиболее распространенным способом внесения минеральных удобрений является разбрасывание их по поверхности поля специальными машинами-разбрасывателями с последующей заделкой в почву плугами или лущильниками. Иногда удобрения оставляются на поверхности и попадают в глубь почвы под действием осадков, в других случаях — частично заделываются различными приемами поверхностной обработки почвы. Посев семян растений может сопровождаться одновременным внесением минеральных удобрений путем их разбрасывания по поверхности специальными зернотуковыми сеялками. Существуют также зернотуковые сеялки с приспособлениями для рядкового, внутрипочвенного внесения удобрений, высевающие аппараты для удобрений сходны по своей конструкции с аппаратами, предназначенными для высева семян. Удобрения могут вноситься одновременно с семенами или рассадой в одно место с ними или же в стороне, либо глубже них.

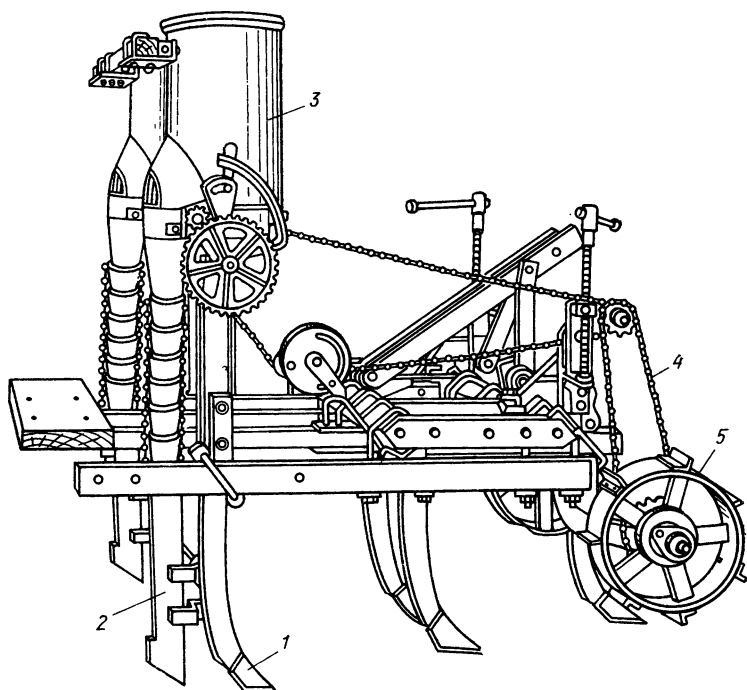


Рис. 29. Приспособление ПРНВ-17.

1 — рыхлительная лапа, 2 — тукопровод, 3 — туковывсевающий аппарат, 4 — механизм привода, 5 — опорное колесо

Существуют механизмы, специально предназначенные для одновременной обработки почвы и внесения минеральных удобрений: это культиваторы-растениепитатели, глубокорыхлители-удобрители, чизель-культиваторы-удобрители и т. д. (рис. 29). Для внутрипочвенного внесения органических удобрений (навоза-сырца, птичьего помета, торфа и т. д.) влажностью до 45% предназначена машина УОМ-50. Сошник образует в междурядьях борозду, по туководу сошника удобрения вносятся в почву, а расположенные за сошником окучники закрывают почвой борозду.

Агрегат, предназначенный для внесения безводного аммиака в почву, состоит из резервуара, теплообменника, дозирующего насоса, распределителя и трубок, по которым аммиак вносится в почву на глубину до 14 см.

6. СКОРОСТЬ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

При проведении агротехнических приемов важное значение имеет выбор скорости обработки. Исторически сложилось так, что переход от конной тяги к тракторной проводился постепенно, орудия обработки, приспособленные к скоростям движения животных и человека, применялись затем и при механизированной обработке. Широкого перехода к орудиям, приспособленным к работе на повышенных скоростях, не происходит в немалой степени по той причине, что качественно без огрехов обработать почву при больших скоростях движения агрегатов (свыше 10 км/ч) трудно из-за сложности вождения тракторов по полям на большой скорости. Высококачественная работа на повышенных скоростях требует очень высокой квалификации механизатора и большого напряжения. Тем не менее повышение скорости движения агрегатов во многих случаях целесообразно экономически и агротехнически. Для работы на повышенных скоростях конструкция почвообрабатывающих орудий изменяется: у плугов уменьшается угол атаки, изменяется форма рабочей поверхности корпуса плуга (см. рис. 10, б) и т. д. Некоторые широко применяемые на обычных скоростях орудия обработки при повышении скорости обработки не ухудшают качество работы, другие — даже повышают его.

7. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

При оценке качества обработки определяется степень достижения цели проведения того или иного приема, поэтому основное внимание при этом уделяется именно тем показателям, которые характеризуют изменение состояния почвы в планируемом направлении. При обработке почвы культурным плугом основное внимание должно быть уделено полноте оборота пласта и качеству заделки в глубь почвы растительных остатков, удобрений и т. д. Полная же оценка качества включает такие показатели: глубина па-

хоты и ее равномерность, гребнистость поверхности, крошение почвы и глыбистость, вспушенность, степень заделки минеральных и органических удобрений, растительных остатков культурных и сорных растений, степень обрачивания пласта, прямолинейность обработки, качество выполнения свального гребня и развальной борозды, качество запашки поворотных полос и краев поля.

Основные показатели качества лущения — это полнота подрезания вегетирующих сорняков, степень заделки остатков культурных растений, полнота заделки растительных остатков, семян растений и вредителей сельскохозяйственных культур. При выполнении плоскорезной обработки оценивают степень сохранения стерни на поверхности, качество подрезания сорняков, степень рыхления и крошения почвы. Качество боронования оценивают по степени рыхления и крошения почвы, выровненности поверхности.

Культиваторы должны хорошо крошить почву, оставлять выровненную поверхность, как можно полнее уничтожать сорняки. При междурядной обработке оценивают степень уничтожения сорняков, рыхление почвы, отсутствие повреждения культурных растений и заваливания рядков почвой. При проведении этих операций, как и при вспашке, оценивают глубину и равномерность обработки, прямолинейность движения агрегатов (на склонах — отклонение от горизонталей), наличие огрехов.

Контроль качества осуществляется с помощью простых приспособлений: линейек, рамок, бороздомеров, профилемеров, измерительных лент и т. д. Прямолинейность хода орудий оценивается глазомерно. Обычно принимается, что при проведении поверхностной и мелкой обработок отклонения по глубине обработки от заданной не должны превышать 1 см. При вспашке фактическая глубина не должна отличаться от заданной больше чем на 5% на старопахотных почвах и на 10% при освоении целинных земель.

Обработка почвы должна проходить в оптимальные сроки в соответствии с целями проведения того или иного приема, отклонение от этих сроков сказывается как на качестве обработки, так и на свойствах почвы и урожае выращиваемых культур. В большинстве случаев какой-либо отдельный прием обработки проводится одновременно на всем поле, а так как поля редко бывают выровненными по свойствам, особенно по влажности, то обработка, во-первых, не может быть проведена одинаково качественно на всех участках поля, во-вторых, вследствие разного воздействия на участки с различными почвенными условиями и свойствами она может еще более усилить эти различия.

8. УГЛУБЛЕНИЕ ПАХОТНОГО ГОРИЗОНТА

Мощность пахотного горизонта и глубина обработки почвы имеют большое значение в функционировании агроэкосистемы. При углублении пахотного горизонта создаются более благоприят-

ные условия для развития корневой системы, повышается доступность растениям элементов минерального питания, водо- и воздухопроницаемость, усиливается микробиологическая активность, создается более устойчивый водный режим почвы, повышается эффективность борьбы с сорной растительностью, болезнями и вредителями сельскохозяйственных культур, уменьшается вынос веществ из этого горизонта в окружающую среду. Преимущества глубокого пахотного горизонта над мелким неоспоримо, но его создание часто затруднено, неэффективно или даже невозможно по почвенным, климатическим и экономическим причинам.

Эффективность углубления пахотного горизонта в пределах европейской части РСФСР неодинакова, на севере она наименьшая, по мере продвижения на юг возрастает, достигая максимума в зоне серых лесных почв и выщелоченных черноземов, при дальнейшем продвижении на юг снова снижается (Данилов, 1982). На севере это связано с недостатком тепла, на юге — с тем, что свойства почвы благоприятны для развития многих растений в естественном состоянии, без обработки.

Наиболее сложно проводить углубление пахотного горизонта подзолистых почв и солонцов из-за неблагоприятных для растений свойств подпахотных слоев. У подзолистых почв пахотный горизонт, как правило, подстилается элювиальным, переходным или иллювиальным горизонтом, которые содержат очень мало органического вещества и элементов минерального питания в доступной форме, характеризуются кислой реакцией, неблагоприятными физическими свойствами. При припахивании такого почвенного материала к пахотному горизонту возможно резкое уменьшение его плодородия. Поэтому углубление пахотного горизонта этих почв проводят постепенно с применением органических, минеральных удобрений и извести.

Наиболее простой и распространенный прием углубления состоит в припахивании части подпахотного слоя к пахотному. Мощность припахиваемого слоя зависит как от его собственных свойств, которые могут различаться в зависимости от почвенной разности, так и от мощности и степени окультуренности пахотного горизонта. Чем мощнее и окультуреннее пахотный горизонт, тем большую массу подпахотного горизонта он способен воспринять без существенного снижения плодородия. В зависимости от этих условий припахивается слой толщиной от 2 до 5 см, составляющий не более одной пятой мощности пахотного горизонта. Обычно припахивание осуществляется отвальными плугами с предплужниками, при этом материал подпахотного горизонта, масса которого составляет от 300 до 700 т/га, выносится на поверхность. Если не предусматривается его перемешивание с пахотным горизонтом непосредственно после припашки до посева, то необходимо применение повышенных доз удобрений и извести с последующей их заделкой для нейтрализации отрицательных свойств вывернутого на поверхность слоя почвы.

Чем легче по гранулометрическому составу почва, тем легче осуществляется углубление пахотного горизонта методом припахивания, так как в таких почвах нет большой разницы в свойствах пахотного и подпахотного слоев, их легче перемешать между собой, а для нейтрализации неблагоприятных свойств припахиваемого материала достаточно внесения не слишком высоких доз органических удобрений.

Углубление пахотного горизонта подзолистых почв фрезерованием более эффективно вследствие хорошего перемешивания материалов подпахотного и пахотного слоев, удобрений и извести. Это способствует лучшему их взаимодействию и, как следствие, более быстрому повышению плодородия почвы, чем при обычной вспашке.

Другой способ углубления пахотного горизонта подзолистых почв — глубокое безотвальное рыхление. Такая обработка осуществляется безотвальными плугами, обычными отвальными плугами со снятыми отвалами, чизельными плугами, плугами с вырезными корпусами, плугами с почвоуглубительными лапами, плоскорезами-глубокорыхлителями.

При работе плуга с вырезными корпусами (см. рис. 10, з) нижняя часть обрабатываемого пласта почвы, отрезанная нижним лемехом, проходит в промежутке между верхним и нижним лемехами и почти не примешивается к вышележащему слою. Верхняя часть пласта поступает на отвал и оборачивается как у обычного плуга.

Почвоуглубительная лапа (см. рис. 10, д) располагается сзади корпуса плуга и имеет ширину захвата несколько меньшую, чем у корпуса плуга, глубина обработки может быть на 15 см больше, чем у корпуса.

Всем видам глубокого безотвального рыхления присущи общие особенности: подпахотные слои почвы рыхлятся на месте, без выворачивания на поверхность, они частично перемешиваются с вышележащим пахотным слоем, в основном с нижней его частью. Степень перемешивания небольшая, она определяется в основном конструкцией орудия, которым производится обработка, и состоянием почвы в момент обработки. Эффективность подпахотного рыхления можно значительно повысить, если одновременно с обработкой вносить в нижний разрыхленный слой удобрения и известь с помощью глубокорыхлителей-удобрителей.

В северных районах европейской части СССР создавать и поддерживать мощный гумусированный пахотный горизонт нецелесообразно по двум причинам: во-первых, там вследствие недостатка тепла не выращиваются растения, которые хорошо отзываются на углубление, во-вторых, зональные особенности почвообразования определяют экономически нецелесообразные затраты на это агромероприятие. В этих районах эффективно повышение плодородия существующего пахотного слоя с одновременным подпахотным рыхлением, проводимым для устранения избыточного увлажнения пахотного слоя путем отвода влаги в нижние разрыхленные слои.

Углубление пахотного горизонта подзолистых почв часто проводят в два этапа: сначала путем глубокого рыхления улучшают свойства подпахотного слоя, затем его припахивают к старопашотному слою. Продолжительность этих этапов зависит от свойств почвы, применяемых приемов обработки и их интенсивности, от способов внесения удобрений и извести, от их количества и качества.

Светло-серые лесные почвы близки по своему строению и свойствам к дерново-подзолистым почвам, поэтому способы углубления пахотного горизонта у них сходны с описанными. Серые лесные почвы обладают более мощным гумусированным слоем (до 25—30 см), свойства почвы не так резко ухудшаются вниз по профилю, поэтому здесь нет таких трудностей и ограничений при углублении пахотного горизонта, как у подзолистых и светло-серых почв. Однако, чтобы не снизить плодородие пахотного горизонта, и здесь следует вносить удобрения и известь.

Углубление пахотного горизонта темно-серых почв, черноземов, темно-каштановых и каштановых почв не ограничено строением и свойствами их профиля, поэтому производить углубление можно самыми различными способами. Иногда, когда старопашотный горизонт таких почв под влиянием обработки в той или иной степени деградировал, увеличение мощности пахотного горизонта улучшает его свойства вследствие лучшей оструктуренности и большей гумусированности подпахотных слоев.

Солонцы разнообразны по свойствам и строению, поэтому и способы увеличения мощности их пахотного горизонта различны. Солонцы с большим надсолонцовым горизонтом можно обрабатывать отвальным плугом с предплужниками, постепенно припахивая солонцовый горизонт. Для нейтрализации отрицательных свойств припахиваемого материала (высокая щелочность, большое количество поглощенного натрия, высокие плотность, вязкость и липкость) необходимо вносить гипс и органические удобрения.

На средних и глубоких солонцах часто бывает эффективной трехъярусная вспашка (рис. 30). Трехъярусный плуг настраивают для вспашки таким образом, чтобы надсолонцовый горизонт оставался на месте, а солонцовый и подсолонцовый горизонты менялись местами и частично перемешивались. После такой вспашки происходит самомелиорация солонцов: кальций, содержащийся в материале подсолонцового горизонта в виде гипса и карбонатов, вытесняет из поглощающего комплекса натрия, тем самым улучшая физические и химические свойства почвы солонцового горизонта. При небольшой мощности солонцового горизонта его можно перемешать с надсолонцовым и кальцийсодержащим подсолонцовым горизонтами, используя глубокую или плантажную вспашку.

На корковых и мелких солонцах применяют безотвальную обработку, для того чтобы не вывернуть на поверхность солонцовый горизонт. Углубление в таких случаях проводят постепенно, внося органические удобрения и гипс.

Создание мощного пахотного горизонта (до 30—35 см) в раз-

личных почвенно-климатических зонах требует творческого подхода. В каждом конкретном случае возможны свои наиболее эффективные способы углубления с учетом свойств почвы, выращиваемых растений, климата, технических и материальных возможностей, экономической эффективности, экологической значимости.

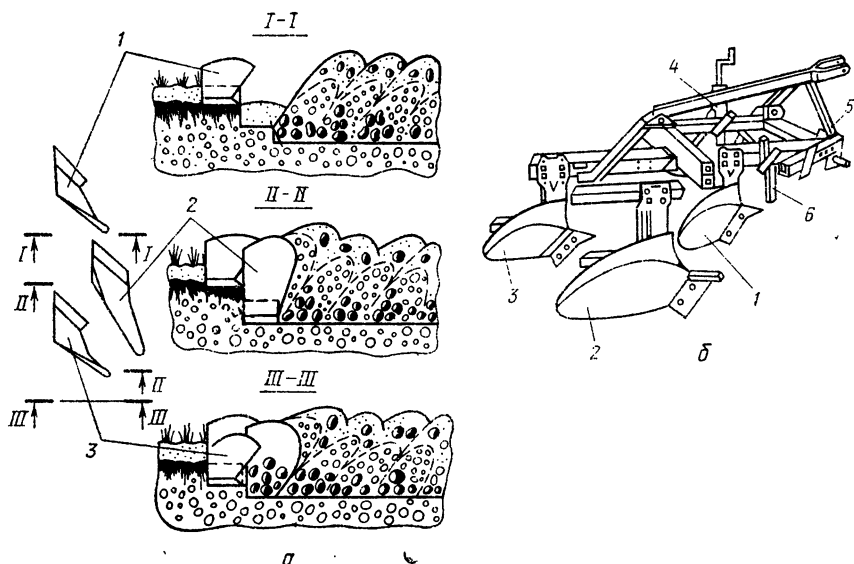


Рис. 30. Работа трехъярусного плуга.

а — схема перемещения пластов почвы, б — общий вид плуга; 1, 2 и 3 — передний, средний (с длинным отвалом) и задний корпуса, 4 — опорное колесо, 5 — рама, 6 — нож

9. ОБРАБОТКА ПЕРЕУВЛАЖНЕННЫХ ПОЧВ

В районах избыточного увлажнения одной из главных задач обработки почвы является удаление из корнеобитаемого слоя излишков влаги. Одним из таких методов является подпахотное рыхление почвы. Рыхление может проводиться агроприемами, которые применяются при углублении пахотного слоя (глубокое безотвальное рыхление плугами Т. С. Мальцева, плугами со снятыми отвалами, плугами с почвоуглубителями, плугами с вырезными корпусами, чизель-плугами, плоскорезами-глубококорыхлителями). Наиболее эффективны методы подпахотного рыхления бывают, когда разрыхляется наименее водопроницаемый горизонт почвы, вследствие чего значительно улучшается водопроницаемость почвы в целом.

Более существенное воздействие на водопроницаемость почв оказывают приемы глубокого рыхления. Осуществляются они различными рыхлителями и кротователями. Существуют рыхлители с пассивными и активными рабочими органами. Глубокое рыхление такими орудиями проводится на глубину от 0,5 до 1,2 м. При обра-

ботке почвы рыхлителями с пассивными органами эффективным является кротование — поделка кротовин — дрен диаметром от 5 до 25 см (чаще 8 см), создаваемых специальными приспособлениями — дренерами (рис. 31). Кротование может проводиться и при других приемах обработки, кротовины делают на глубине 30 см и более на расстоянии 0,5—1,5 м.

Большой эффект получен от обработки почвы рыхлителями с активными рабочими органами (рис. 32). При работе таких орудий почва не только рыхлится от взаимодействия с пассивными

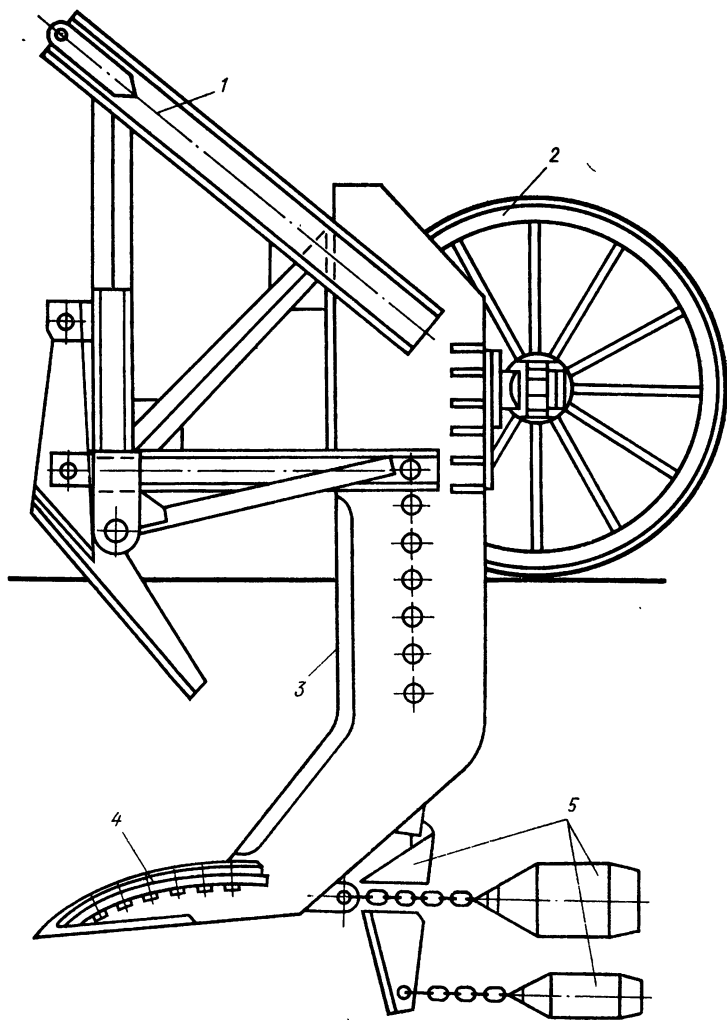


Рис. 31. Рыхлитель-кротователь.
1 — рама, 2 — колесо, 3 — нож, 4 — лемех, 5 — кротователи

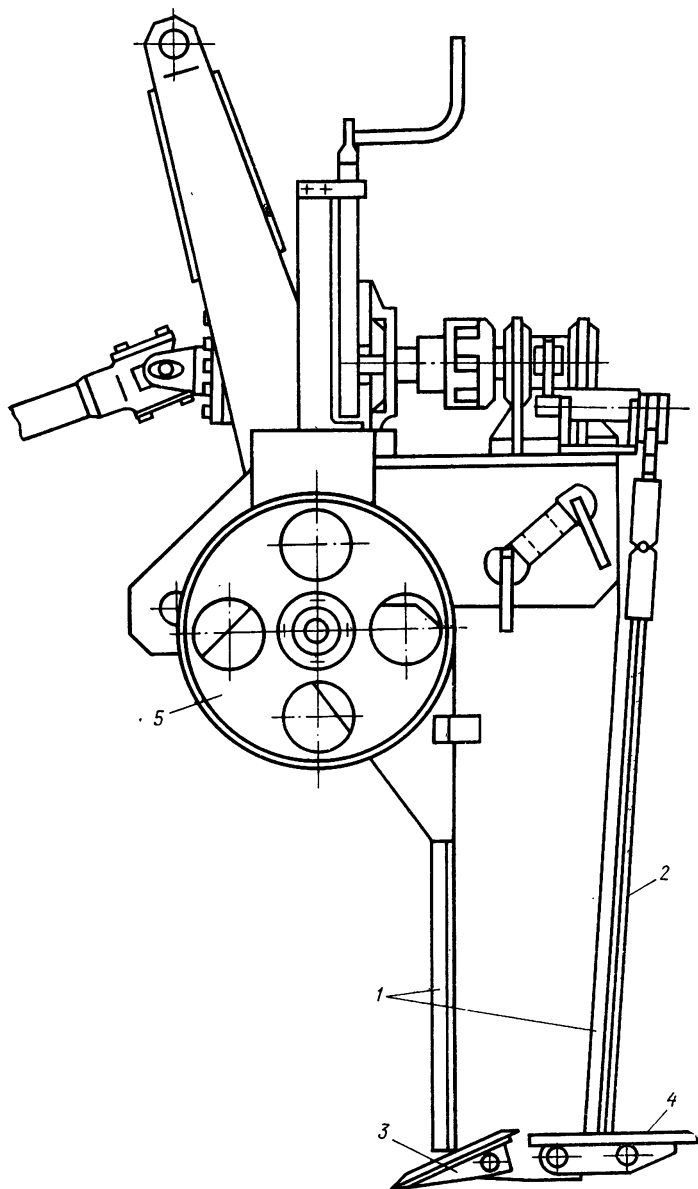


Рис. 32. Виброрыхлитель.

1 — вертикальные стойки, 2 — рычаги, 3 — пассивная лопатка,
4 — активная лопатка, 5 — опорные колеса

рабочими органами, но, попадая на лопатку, приводимую в движение от вала отбора мощности трактора, встряхивается, что значительно повышает рыхлость и водопроницаемость почвы.

Иногда приемы подпахотного рыхления сопровождаются внесением в глубокие разрыхленные слои химических мелиорантов — извести, фосфоритной муки, жидких удобрений, полимерных соединений и др., что способствует увеличению срока действия рыхления и эффективности этого агроприема.

Приемы подпахотного рыхления на переувлажненных почвах обычно проводятся на фоне гидротехнических мелиораций, из которых наиболее эффективными являются закрытый дренаж и системы, предусматривающие двойное регулирование водного режима.

В зависимости от характера увлажнения, свойств почвы, рельефа местности агроприемы, способствующие удалению излишков влаги, могут быть самыми разными. Следующая группа агроприемов направлена на ускорение стока воды по поверхности почвы.

На полях с малыми уклонами и тяжелыми слабоводопроницаемыми быстрозаплывающими почвами применяется узкозагонная вспашка. При таком способе обработки влага отводится по разъемным бороздам, поэтому загоны пахут вдоль склона. Если склон слишком крут или почва легко поддается размыву, то загоны располагают под некоторым углом к направлению склона. Ширина загонов связана с уклоном поверхности и водопроницаемостью почвы и колеблется от 10 до 30 м. Для сбора воды из разъемных борозд и направления ее в осушительные каналы или естественные водосборы нарезаются водоотводные борозды глубиной до 35 см, пересекающие разъемные борозды под некоторым углом, иногда перпендикулярно.

Наиболее простым и распространенным способом отвода воды с поля является бороздование. Борозды глубиной до 20 см нарезают окучниками, бороздователями или плугами. Так же как и при узкозагонной вспашке, расстояние между бороздами, их направление зависят от степени увлажнения, свойств почвы, рельефа. Расстояние между бороздами колеблется от нескольких метров до нескольких десятков метров. При сложном рельефе местности проводят выборочное бороздование.

На ровных избыточно увлажненных полях для удаления влаги искусственно создают мезорельеф с периодически повторяющимися уклонами. Такой рельеф создается профилирующей узкозагонной вспашкой. Вспашка повторяется в пределах узких загонов одинаковым способом 2—4 раза в зависимости от ширины загонов (10—30 м). В результате вспашки всвал в середине загона образуется возвышение, а к краям загона — понижения, между загонами — разъемные борозды, угол наклона поверхности от середины загона к краям создается в пределах 12—15°. Если ведут вспашку вразвал, то разъемные борозды создаются посередине загона, а возвышения — по краям. Для сбора воды по краям профилированного поля нарезают борозды глубиной до 30 см.

На ровных полях без уклона культуры часто выращивают на грядках и гребнях, которые можно отнести уже к элементам нано-рельефа.

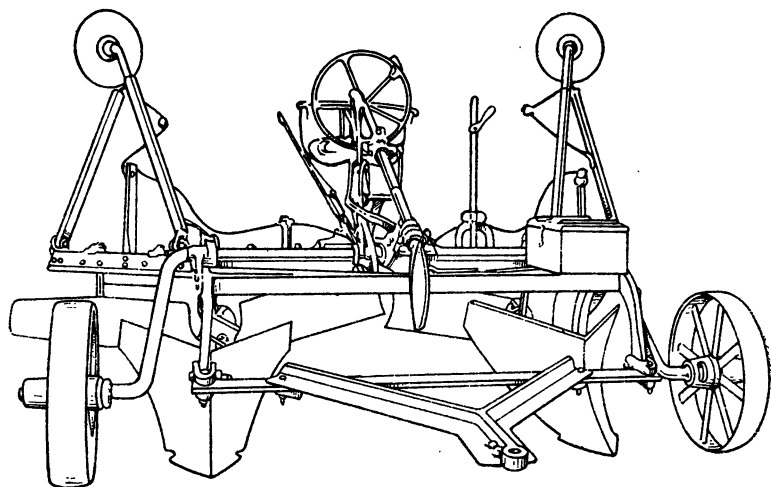


Рис. 33. Грядоделатель

Грядование проводят чаще для выращивания овощных культур. Гряды делают специальными машинами-грядоделателями (рис. 33) или специально переделанными для этого плугами. Гряды в зависимости от условий увлажнения почвы, выращиваемой культуры делают разной ширины (до 1,5—2 м) и высоты. Вода удаляется по междрядовым бороздам.

Гребневание проводят специальными орудиями или переделанными для этого плугами. Вода удаляется по бороздам между гребнями. Сами гребни весной быстро освобождаются от излишков воды, хорошо прогреваются, что позволяет начать посев или посадку примерно на 2 недели раньше обычного. На полях с малой мощностью гумусового горизонта гребневание увеличивает мощность плодородного корнеобитаемого слоя почвы.

На полях, где имеются различные понижения и западины, переувлажнение может возникать даже в зонах с нормальным режимом увлажнения. Особенно сильно страдают от такого увлажнения озимые культуры, которые могут в таких местах целиком выпасть («вымокание озимых»). Для предотвращения этого явления проводят выравнивание поля. Если это возможно, то воду из понижений отводят по бороздам, канавам. Если и это невозможно, то проводят точечный вертикальный дренаж путем бурения почвы на глубину, достаточную для того, чтобы излишки влаги стекли в более глубокие слои грунта.

Все описанные агромелиоративные приемы, направленные на борьбу с избыточным увлажнением, часто применяются в различных сочетаниях, что увеличивает их эффективность.

10. ОБРАБОТКА ПОЧВ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ

Обработка почвы на склонах должна проводиться перпендикулярно направлению линий стока, т. е. по горизонталям. В случае простого, односкатного склона такой прием называют обработкой поперек склона, когда склон сложный — обработку стараются проводить по горизонталям, повторяя контуры склона, такая обработка называется контурной. На некрутых склонах (от 0,5—1 до 3°) ограничиваются проведением обработки поперек склона и глубокими вспашкой или рыхлением почвы. Образующиеся неровности, ориентированные поперек стока, задерживают его, а глубокая обработка способствует просачиванию влаги в глубь почвы. В районах, где необходимо предотвратить внутрипочвенный сток влаги и тем самым сохранить ее, применяют ступенчатую вспашку, при которой плуги через один устанавливаются на разную глубину вспашки, в результате плужный след получается ступенчатым и влага задерживается в своеобразных подземных бороздах. Существуют и специальные машины, создающие неровности на подошве пахотного горизонта и поверхности почвы.

На более крутых склонах (до 8°) применяют приемы, создающие противозрозионный нанорельеф: обвалование, простое и прерывистое бороздование, лункование и др. Обвалование обычно проводят отвальными плугами, у одного из корпусов которых установлен удлиненный отвал. Этот отвал при вспашке не укладывает пласт в борозду, а переносит на гребень предыдущего пласта, образуя валик, перед которым остается открытая борозда. В зависимости от того, с каким числом корпусов проводят такую обработку, расстояние между гребнями может колебаться от одного до нескольких метров. Иногда валики и борозды делают специальными орудиями: окучниками, борзододелателями, валикоделателями. В практике сложно проводить обработку почвы точно по горизонталям, поэтому там, где гребни и борозды опускаются несколько ниже общего уровня, может скопиться вода и прорвать валик, в результате чего нижележащие борозды будут переполняться, что может вызвать развитие линейной эрозии почв. Чтобы избежать этого, существуют два пути: один, когда такую обработку почвы проводят под некоторым углом к горизонталям (до 1°), чтобы избыток влаги мог стечь в искусственные или естественные влагоприемники за пределом поля, такой прием чаще применяют в зонах избыточного увлажнения. Другой заключается в том, что в борозде во время бороздования делают перемычки из почвы специальными приспособлениями, которые предотвращают перемещение влаги вдоль борозд. Такой прием называется прерывистым бороздованием. Прерывистое бороздование часто проводится при обработке междурядий пропашных культур.

Лункование производят специальными агрегатами-лункователями, рабочими органами которых являются диски, расположенные эксцентрически на оси дискового лущильника. При движении агрегатов диски периодически врезаются в почву, образуя лунки размером приблизительно $100 \times 50 \times 15$ см, на 1 га образуется около 13 тыс. таких лунок емкостью до $250 \text{ м}^3/\text{га}$. Иногда на рыхлой почве водозадерживающий нанорельеф создают специальными противэрозионными катками, которые делают на поверхности углубления различной формы и объема.

На склонах крутизной более 8° создание лунок и борозд уже не рационально, так как заметно снижается их емкость. На таких склонах более эффективной становится поделка микролиманов, а также проведение агроприемов, существенно повышающих водопроницаемость почвы: щелевания, глубокого полосного рыхления и т. д. Микролиманы, чаще делаются таким образом: по горизонталям валикоделателями образуются валики высотой до 0,7 м, перпендикулярно к ним специальным приспособлением делают валики на расстоянии 1,5—2 м, таким образом создаются замкнутые пространства, где скапливается, а затем просачивается в почву влага.

Для существенного увеличения водопроницаемости почв и их влагоемкости проводят щелевание специальными машинами — щелерезами. Глубина щелей может составлять от 0,4 до 1,2 м, ширина — от 5 до 15 см, расстояние между щелями — от 0,7 до нескольких метров (в зависимости от свойств и строения почвы, характера эрозии, возделываемой культуры и т. д.). Глубокое полосное рыхление проводится с теми же целями, что и щелевание, в некоторых случаях применение этого агроприема дает наибольший эффект. Кроме того, для увеличения водопроницаемости и водоемкости часто применяют кротование. Этот прием может применяться как самостоятельно, так и дополнять щелевание и глубокое рыхление.

Обработку склонов крутизной более 8° отвальными плугами можно проводить, только если пласт отваливается вниз по склону. Если пласт отваливается вверх по склону, то он или становится на ребро, или падает на прежнее место. Поэтому на крутых склонах производят одностороннюю вспашку оборотными, клавишными, поворотными, челночными и балансирными плугами, предназначенными для гладкой пахоты.

Склоны круче 12° для выращивания культур в севообороте обычно не используются.

В борьбе с водной эрозией и для создания нормальных условий работы сельскохозяйственной техники эффективно террасирование склонов. Ошибочным является представление, что террасы создают только на крутых склонах. Оправдало себя и создание гребневидных террас (рис. 34) на склонах крутизной от 1 до $6-8^\circ$. При строительстве таких террас можно использовать как специальную технику (бульдозеры, грейдеры), так и обычные плуги (путем многократной вспашки в одну сторону). Параметры валов:

высота от 0,4 до 1 м, основание от 3 до 12 м, межтеррасное пространство от 10 до 100 м в зависимости от уклона поверхности и интенсивности эрозионно опасных потоков. Ширина террас зависит от крутизны склонов: при уклоне $8-10^\circ$ полосы делают шириной 8—10 м, $10-12^\circ$ — 6—8 м, $12-14^\circ$ — 4—6 м и при уклоне $14-16^\circ$ — 3—4 м. Крутые откосы террас и валов засевают многолетними травами.

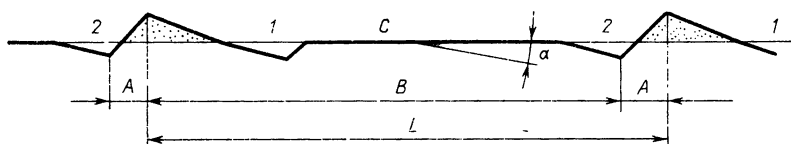


Рис. 34. Поперечный профиль гребневидной террасы.

L — расстояние между осевыми линиями валов, *B* — ширина обрабатываемой полосы, *A* — крутой откос вала, засеянный многолетними травами; *1* — верхний прудок, *2* — нижний прудок, *C* — межтеррасное пространство, α — крутизна склона (по Г. Г. Кривонос, 1978)

На почвах, эрозия которых вызвана потоком талых вод, значительно уменьшить смыв можно, регулируя снеготаяние. Основные принципы такой регуляции — предотвращение быстрого дружного снеготаяния и ликвидация или снижение скорости потока талых вод. Для этого создают условия, чтобы снег таял полосами, перпендикулярными направлению стока. Снег сгребают в валы, оставляя между валами минимальное его количество или оставляя землю совсем голой. Между валами снег тает намного быстрее, валы задерживают талую воду, почва между валами быстрее оттаивает и впитывает воду из тающих снежных валов. Обратным приемом является полосное уплотнение снега, в плотном состоянии таяние снега задерживается.

11. ОБРАБОТКА ПОЧВЫ В ДЕФЛЯЦИОННО ОПАСНЫХ РАЙОНАХ

Хорошо предохраняют почвы от дефляции не только сами растения, но и их остатки. Поэтому в дефляционно опасных районах при обработке почвы сохраняют максимальное количество растительных остатков на поверхности. Для основной обработки применяют культиваторы-плоскорезы-глубокорыхлители, для поверхностной и мелкой — культиваторы с плоскорезными лапами, штанговые культиваторы, бороны с игольчатыми рабочими органами, дисковые бороны с плоскими дисками. Для посева культур применяют стерновые сеялки, которые могут высевать семена по стерновым фонам. При внесении минеральных удобрений используются глубокорыхлители-удобрители. Остающаяся на поверхности стерня культурных растений не только предохраняет почву от дефляции, но и способствует сохранению в ней влаги. Усилить почвоза-

щитное действие стерни можно, измельчив и разбросав по полю солому зерновых культур после уборки урожая.

Дефляция проявляется преимущественно в засушливых районах, в тех же районах эффективно применение чистого пара. Обработка парового поля проводится различными способами. Если оно относительно чисто от сорняков, не произошло самоотравления почвы, то паровую обработку можно проводить безотвальными орудиями с сохранением стерни на поверхности всего поля. Если почву необходимо обработать с оборотом пласта, то выполнять эту операцию можно только полосами, расположенными поперек направления эрозионно опасных ветров. Между обработанными полосами оставляют полосы стерни, которые называют стерневыми кулисами. При полосном размещении культур в севообороте чистый пар также располагают полосами, что позволяет более свободно выбирать способы обработки почвы без риска ее дефляции, особенно это важно в случае засорения поля корневищными и корнеотпрысковыми сорняками.

Немаловажное значение в целях борьбы с дефляцией имеет создание специального микрорельефа. В промежутках между микро- или наноповышениями скорость ветра намного ниже, чем над ровной поверхностью. Поэтому гладкие катки в таких районах нельзя применять для прикатывания почвы, здесь применяют катки, создающие почвозащитный микрорельеф (например, кольчатые). Посев культурных растений часто проводят в борозды специальными сеялками, борозды ориентированы перпендикулярно направлению активных ветров. Гребни предохраняют молодые растения от засекания летящими частицами песка и почвы, в бороздах накапливается снег, дольше сохраняется влага, почва предохраняется от выдувания.

К агротехническим приемам снегозадержания относятся создание снежных валов специальными плугами-снегопахами, уплотненных снежных валов специальными валикоделателями, полосное уплотнение снега катками.

12. ОБРАБОТКА ПОЧВ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ

Основные задачи обработки почв на орошаемых землях следующие:

- 1) создание выровненной поверхности для равномерного распределения влаги при поливе;
- 2) поддержание в почве оптимального водно-воздушного режима;
- 3) нарезка поливной сети при проведении поверхностного полива.

Создать выровненную поверхность особенно важно на поливных землях, так как скапливающаяся в понижениях вода часто приводит к заболачиванию. Растения вследствие неравномерного полива развиваются неодновременно, различаются по продуктив-

ности, в заболоченных местах могут выпасть, нерационально используется поливная вода. В понижениях влага, просочившаяся в глубь почвы и в подпочвенные слои, может достичь соленосных слоев или каймы засоленных грунтовых вод, что может вызвать засоление верхних слоев почвы при испарении влаги с поверхности. Сконцентрированные в понижениях потоки поливной воды могут вызвать ирригационную эрозию почв.

При выращивании риса необходимо создать ровную горизонтальную поверхность, чтобы обеспечить одинаковой толщины слой воды при затоплении посевов.

При поливе почва уплотняется гораздо быстрее, чем без полива, часто на поверхности почвы образуется корка, что затрудняет воздухообмен, препятствует прорастанию семян и развитию растений. Поэтому на поливных землях обработка почвы проводится чаще. Кроме того, для более эффективного использования влаги, для нейтрализации токсических для растений веществ, часто образующихся в условиях анаэробно-анаэробного в нижних слоях корнеобитаемого слоя, обработка почвы на поливных землях проводится глубже. В зависимости от почвенных условий она может быть отвальной, безотвальной или комбинированной.

Чаще и глубже проводить обработку на поливных землях вынуждает и более интенсивный рост и размножение сорных растений по сравнению с богарными условиями. С другой стороны, в то время как в богарных условиях появление всходов сорняков провоцируют с помощью обработки, на поливных землях это делают с помощью провокационных поливов, а последующей обработкой всходы уничтожают. Иногда на рисовниках сорняки уничтожают затоплением, что также позволяет обойтись без дополнительных механических обработок.

Если на неполивных землях часто приходится проводить обработку почвы в состоянии, далеко от физической спелости, что существенно сказывается на качестве обработки и соответственно на плодородии почвы, то при обработке поливных земель имеется возможность создавать путем полива оптимальную степень увлажнения почвы для проведения дальнейших работ.

13. ОБРАБОТКА ПОЧВЫ ОСВАИВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Наиболее просто вводить в сельскохозяйственный оборот плодородные земли с мощным гумусовым горизонтом и нормальными условиями увлажнения. Основные задачи обработки состоят в том, чтобы лишить жизнедеятельности естественную растительность и создать оптимальные условия для трансформации органических остатков. Затем необходимо подготовить почву для посева сельскохозяйственных культур и создать условия для их нормального развития. Освоение таких земель начинается с весны, при посевании почвы, чтобы активно протекающие микробиологические процессы и необходимые приемы обработки в летний период привели почву в культурное состояние.

Перед вспашкой целесообразно разделить дернину и разрезать растения тяжелой дисковой бороной с тем, чтобы обеспечить их более полную заделку и создать лучшие условия для разложения растительных остатков. Вспашка проводится плугами с культурными отвалами и предплужниками на глубину, обеспечивающую хорошую заделку растительных остатков и дернины и выворачивание на поверхность рыхлого структурного слоя. Обычно оптимальная глубина такой обработки не менее 30 см. После вспашки почва часто обладает излишней рыхлостью, что приводит к быстрой потере влаги и усиленной минерализации органического вещества, поэтому вслед за вспашкой почву необходимо прикатать. При прикатывании размельчаются глыбы и комки. Чтобы избежать испарения влаги с поверхности, поле выравнивается, верхний слой рыхлится боронами, дисковыми орудиями или комбинированными агрегатами РВК. В дальнейшем, если появляются сорняки, их уничтожают поверхностными обработками — лущением, культивацией.

На следующий год высевают культурные растения. Глубокую отвальную обработку в севообороте можно проводить тогда, когда запаханная дернина естественной растительности будет иметь необходимую степень разложения, т. е. не будет препятствовать обработке почвы и развитию растений. Остальные приемы обработки могут быть такими же, как и на старопахотных почвах.

Освоение почв с мощным гумусовым горизонтом и избыточным поверхностным или грунтовым увлажнением практически не отличается от вышеописанного, но сопровождается приемами, отводящими влагу из корнеобитаемого слоя, — глубоким рыхлением, кротованием, созданием открытых и закрытых дренажных систем и т. д.

В настоящее время почвы с высоким естественным плодородием практически все освоены, поэтому в севообороты вводятся в основном малопродуктивные почвы, требующие больших вложений для повышения их плодородия.

Целинные подзолистые почвы и подзолы обладают различными свойствами и строением, поэтому и способы их освоения должны быть разными, учитывающими как эти особенности почв, так и другие условия освоения. Земли, выводящиеся из-под леса, подготавливают к обработке следующим образом: древесина, пригодная для хозяйственных целей, вывозится, мелкая и малоценная сжигается на месте, а зола используется как удобрение. Кустарники и древесная поросль с диаметром ствола до 5—7 см, остатки которых способствуют лучшей аэрации и обогащают почву органическим веществом, запахиваются в почву кустарниковым плугом. В дальнейшем до перегнивания древесины почву обрабатывают только дисковыми орудиями. Освоение таких почв должно сопровождаться внесением извести и удобрений.

Если древесную растительность полностью удаляют или она до освоения отсутствовала, то обработка проводится с учетом строения и свойств данной почвы. Почву с относительно мощным гуму-

совым горизонтом (10—18 см) пашут с оборотом пласта на глубину, несколько большую (на 2—3 см) его мощности. Предварительно растительность, дернину и подстилку (если они имеются) измельчают и перемешивают с верхним слоем почвы дисковыми орудиями. Почвы с маломощными подстилкой и гумусовым горизонтом можно осваивать по-разному. Легкие почвы можно обрабатывать отвальным плугом глубже гумусового слоя, так как вывернутый наверх слой заметно не ухудшает пахотный горизонт. На почвах среднего и тяжелого гранулометрического состава, где свойства гумусового и элювиального горизонтов различаются более резко, проводят мелкую обработку лушпильниками с одновременным рыхлением нижележащих слоев, а затем постепенно проводят углубление пахотного горизонта. Если в хозяйстве есть возможность внести на осваиваемые почвы большие дозы органических удобрений или компостов, то сразу создают пахотный горизонт нормальной мощности. Так как все почвы этого типа испытывают более или менее длительно переувлажнение, то вспашку целесообразно сопровождать подпахотным рыхлением. В дальнейшем проводят углубление и окультуривание пахотного слоя описанными ранее способами.

Освоение солонцов проводится способами, сходными с теми, которые применяются для углубления их пахотного горизонта.

Для освоения осушенных торфяно-болотных и заболоченных почв применяют самые различные орудия, сообразуясь со свойствами и строением почв, мощностью торфяного горизонта, характером водного режима. Почвы с мощным торфяным горизонтом обрабатывают плугами с винтовым отвалом, так как вспашка плугом с культурным отвалом и предплужниками не дает удовлетворительного оборота пласта вследствие высокой связности всего обрабатываемого слоя. После вспашки необходимо провести прикатывание почвы. Освоение торфяников необходимо сопровождать внесением навоза, минеральных и бактериальных удобрений, микроэлементов и извести.

Для обработки осушенных почв, покрытых низким кустарником и древесной порослью, применяется кустарниково-болотный плуг.

Торфяные и болотные почвы с погребенными древесными остатками осваивают с помощью тяжелых дисковых борон и дисковых плугов. В тех случаях, когда у осваиваемых почв необходимо тщательно перемешать обрабатываемый слой, применяют болотную фрезу. По устройству болотная фреза сходна с фрезой, применяемой на старопахотных почвах, но она мощнее и способна обрабатывать почву на большую глубину. Применяется такая обработка на закоккаренных болотных почвах и для перемешивания торфяного слоя с минеральным.

На участках, где наблюдается высокое стояние грунтовых вод или бывают периоды переувлажнения пахотного горизонта, применяют подпахотное рыхление и кротование.

После перегнивания основной массы органических остатков и торфа проводят обычную для данной зоны обработку почвы.

Почвы территорий, подверженных водной и ветровой эрозии, осваиваются с соблюдением всех принципов защиты почв. Наиболее рационально осваивать эти почвы полосами, оставляя нераспаханные полосы под защитой естественной растительности.

14. ОПТИМИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВ

С развитием теории и практики земледелия постоянно совершенствовались приемы и системы обработки почвы. Это развитие не шло одинаковыми темпами и зависело от общего уровня технического развития общества. Первый значительный скачок произошел, когда от древних примитивных способов обработки люди перешли к обработке почвы плугом, используя тягу животных. Это значительно повысило производительность труда в сельском хозяйстве. Считается, что именно это резкое увеличение производства продуктов питания, от выращивания которых могла освободиться значительная часть населения и заняться разнообразными ремеслами, наукой и искусством, создало основу для развития древних высокоразвитых цивилизаций. В Древнем Риме существовали различные системы обработки почв, в которых помимо плугов применялись и орудия поверхностной обработки, в частности зубовая борона.

В эпоху средневековья развитие почвообрабатывающей техники шло медленными темпами. Новое ускорение этому процессу дали развитие капитализма в Западной Европе, переход к интенсивному ведению сельского хозяйства, орудия и способы обработки почвы стали разнообразнее и совершеннее. Ускорился этот процесс при переходе от конной тяги к тракторной. Но основой всех систем обработки почвы оставалась, как и в Древнем Риме, отвальная вспашка.

По-настоящему пересмотреть взгляды на сложившуюся систему обработки почвы заставили разразившиеся в Северной Америке в 30-х годах нашего века пыльные бури. В конце 30-х — начале 40-х годов в США и Канаде стали применять почвозащитную обработку — мульчирование стерней. Оно заключалось в рыхлении почвы без оборачивания на глубину 12—25 см с оставлением на поверхности стерни. Но эта система обработки все-таки не смогла вытеснить отвальную вспашку: во-первых, вследствие инерции мышления земледельцев, во-вторых, потому, что отвальная вспашка во многих случаях в отсутствие дефляции эффективнее безотвальной, особенно в борьбе с сорняками.

Разразившиеся в США пыльные бури в 50-х годах дали новый толчок к внедрению безотвальных систем обработки, общему уменьшению интенсивности и количества обработок, стала внедряться даже нулевая система обработки, когда посев культур про-

изводился в необработанную почву прямо по стерне предшествующей культуры.

В нашей стране пыльные бури разразились в 60-х годах, соответственно и противодефляционные системы обработки, предусматривающие, в частности, минимализацию обработки, стали разрабатываться только в это время.

Новый стимул внедрение минимальных систем обработки у нас в стране и во всем мире получило в начале 70-х годов, когда разразился энергетический кризис. (В официальных документах партии и правительства новые системы обработки стали именоваться энергосберегающими.)

Еще одно обстоятельство заставляет обратить внимание на то, разумно ли мы обрабатываем почву: от резко возросших средств, вкладываемых в сельское хозяйство в последние десятилетия, не было получено ожидаемой отдачи. Одна из причин такого положения заключается в деградации почв под действием эрозии и обработки, это — распыление структуры, уменьшение содержания гумуса. Особенно заметно деградация проявилась на самых плодородных наших почвах — черноземах. На таком фоне применение все увеличивающихся доз минеральных удобрений не дало ожидаемого эффекта.

В это же время на полях появилось много мощной энергонасыщенной техники, имеющей большую массу. Возникли проблемы деградации почвы при уплотнении ее и разрушении под действием движущейся по полю техники. Ходовые системы тракторов в период предпосевных обработок и сева покрывают от 30 до 80% поверхности поля, некоторые участки подвергаются 3-кратному воздействию движителей. Уплотняющие деформации почвы зависят от ее свойств, влажности, плотности во время прохода техники, массы машин, характера их ходовых систем, кратности воздействия. Глубина деформации варьирует от 20 см до 1 м и больше. При многократном воздействии накапливается уплотнение почвы как в пахотном, так и в подпахотном горизонте. Уплотнение идет не только в вертикальном, но и в горизонтальном от центра следа машины направлении на расстояние до 35—70 см. Особенно сильно воздействию подвержены влажные суглинистые и глинистые почвы.

По следам тракторов плотность может повыситься на 0,1—0,3 г/см³, вследствие этого уменьшается степень крошения пласта, возрастает сопротивление вспашке. Из-за этого только на вспашку в стране дополнительно расходуется около 1 млн т топлива в год. Уплотнение почвы существующей сельскохозяйственной техникой снижает эффективное плодородие различных почв, а тяжелая колесная техника снижает и потенциальное плодородие, что ведет к существенному недобору урожая. Максимально допустимое давление машин на суглинистую почву при влажности выше 0,7ППВ, при которой проводятся все ранневесенние полевые работы, составляет 0,5—0,7 кгс/см². При таких давлениях структура почвы разрушается слабо, а плотность через некоторое время самовосста-

навливается. Современные гусеничные тракторы оказывают на почву давление, равное $1,5\text{--}2\text{ кгс/см}^2$, колесные — $2,0\text{--}3,0\text{ кгс/см}^2$, а комбайны и транспортные средства — еще выше. Совершенствование ходовых систем движителей идет по пути создания пневмогусеничных систем, эластичных шин, улучшения гусеничного хода.

Саморазуплотнение почв происходит в основном под влиянием процессов набухания — усадки и зависит от их гранулометрического и минералогического состава, содержания и качества органического вещества, суммы и состава обменных оснований. Влияние этих факторов проявляется через создание прочных структурных связей в микро- и макроагрегатах почв. Процессам саморазуплотнения способствует повышение содержания органического вещества и минералов монтмориллонитовой группы. Поэтому черноземы более способны к саморазуплотнению, чем подзолистые почвы, при окультуривании подзолистых почв увеличивается их способность к саморазуплотнению. Высокое содержание гумуса и органических остатков также повышает способность почв сопротивляться уплотнению под действием ходовых частей машин. Уменьшить или ликвидировать последствия переуплотнения можно проведением глубокого рыхления почв.

Следовательно, имеются четыре основные причины, побудившие к поиску путей оптимизации воздействия человека на почву: 1) эрозия почвы, 2) деградация ее под действием обработки, 3) деградация под действием уплотнения машинами, 4) экономия энергоресурсов.

Одно из основных направлений в решении этой задачи — **минимализация обработки почвы**, т. е. сокращение количества приемов при возделывании сельскохозяйственных культур, уменьшение интенсивности воздействия обработки на почву, уменьшение энергоемкости приемов обработки. Например, при замене отвальной вспашки плоскорезной обработкой на ту же глубину уменьшается воздействие рабочих органов на почву, уменьшается количество топлива, которое расходуется на обработку единицы площади, повышается производительность труда. Количество обработок можно сократить, когда поле относительно свободно от сорняков, применяются химические или биологические методы их уничтожения, плотность почвы близка к оптимальной для развития сельскохозяйственной культуры.

Исходя из этих предпосылок, минимализация обработки возможна и осуществляется на большей части территории нашей страны, особенно там, где равновесная плотность почвы близка к оптимальной или велика опасность проявления ветровой и водной эрозии.

С другой стороны, чрезвычайное увлечение минимализацией обработки, особенно проведением только безотвальных обработок, приводило на практике к самоотравлению почвы, массовому размножению сорняков, если не было эффективных средств борьбы с ними помимо обработки. Как показал опыт земледельцев Северной Америки, где минимальные системы земледелия применяются

длительное время, отвальную обработку в настоящее время нельзя полностью исключить из систем обработки независимо от почвенно-климатических условий. Периодичность ее применения обуславливается указанными выше причинами. Необходимость в применении отвальной обработки может возникать один раз в несколько лет.

Невозможно отказаться от интенсивной обработки почвы на орошаемых землях, на почвах, испытывающих избыточное естественное увлажнение, особенно на тяжелых подзолистых почвах. В некоторых случаях на таких почвах эффективна интенсификация их обработки, применение методов глубокого рыхления. С другой стороны, путем совершенствования приемов обработки, технологии возделывания культур и на таких почвах возможно сокращение числа обработок, особенно поверхностных, при общем повышении интенсивности воздействия обработок на почву в севообороте.

Уменьшение уплотнения почв под действием техники достигается путем уменьшения массы машин, совершенствования их ходовых систем, сокращения числа проходов техники по полю. Последнее достигается сокращением количества приемов обработки почвы в севообороте, применением комбинированных и усовершенствованных агрегатов. Такие агрегаты воздействуют на почву при одном проходе по полю так, как несколько простых почвообрабатывающих орудий, выполняющих последовательно отдельные приемы обработки. Это орудия с принудительным, от двигателя, движением рабочих органов: фрезы, ротационные плуги, культиваторы, бороны, орудия с вибрирующими рабочими органами и т. д. В комбинированных агрегатах обычно совмещаются рабочие органы нескольких сельскохозяйственных орудий. Например, стерновые сеялки могут кроме посева семян выполнять культивацию, вносить гербициды и удобрения, прикатывать почву.

Хотя проблема оптимизации обработки почв резко обострилась в последнее время, она не могла не волновать земледельцев во все времена. В Древнем Риме систему обработки почвы строили исходя из свойств почвы, возделываемой культуры, степени засоренности полей, погодных условий. Плиний Старший указывал, что плотную, тяжелую почву следует засеять только после пяти-девятикратной вспашки. С другой стороны, «сеять же бобы и вику по невспаханной земле — это значит без ущерба для дела экономить труд». Холмы рекомендовалось пахать только поперек склона. Проблемы уплотнения почвы также волновали древних. Колумелла писал: «Весьма важно, чтобы земля после плантажа пребывала в состоянии разрыхленности, не нарушаемой, если возможно, даже шагами человека...»

В 1828 г. в Англии Битсон делился опытом по мелкой обработке почвы. В России на заседаниях Лебединского общества сельского хозяйства на повестке дня постоянно был вопрос о сравнительной эффективности глубокой и мелкой обработки почвы. В 1848 г. Ф. К. Майер докладывал, что, по его наблюдениям, озимые при неглубокой обработке не снижали урожаев, а яровые культуры

отзывались на уменьшение глубины пахоты отрицательно. Убежденными пропагандистами поверхностной обработки были И. Е. Овсинский (1899) в России и фермер Жак (1913) во Франции. В 1943 г. американский фермер Э. Х. Фолкнер выпустил книгу под громким названием «Безумие пахаря», где он критиковал сложившуюся систему отвальной обработки. В нашей стране Т. С. Мальцев в конце 40-х годов начал внедрять в Курганской обл. систему безотвальной обработки почвы, где мелкая поверхностная обработка сочетается в севообороте с периодическим глубоким рыхлением почвы безотвальным плугом, специально сконструированным для этого автором.

15. СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ПОЧВ

Отдельные приемы обработки и даже их комплекс, выполняемый одновременно комбинированными орудиями, не могут обеспечить решения всех задач, стоящих перед обработкой, ввиду постоянно изменяющихся условий, вызывающих ее необходимость (в вегетационный период, в годичном цикле, за ротацию севооборота и т. д.); их надо выполнять в определенной системе.

Система обработки почв — это совокупность взаимосвязанных, выполняемых в определенной последовательности приемов обработки, предназначенная для решения задач обработки в определенных природно-экономических условиях.

Как цели обработки, так и условия, в которых их нужно достигнуть, бывают самыми разнообразными, поэтому существует множество систем обработки, различающихся как по количеству решаемых задач, так и по их уровню. Высшую ступень в иерархии систем обработки занимают системы, предназначенные для решения основных задач в широком спектре климатических и почвенных условий. Это — зональные системы обработки, почвозащитные, системы обработки переувлажненных и орошаемых земель и т. д. Низшую ступень в этой иерархии занимают системы обработки почв под определенную культуру севооборота на конкретном поле какого-либо хозяйства в определенный период. Например, система обработки почвы после уборки культуры в позднелетний-осенний период, называемая системой яблевой обработки; предпосевная система обработки почвы под яровую зерновую культуру после пропашного предшественника и т. д.

Наибольшей стройностью и законченностью обладают системы обработки почв в севообороте, где при выборе каждого приема обработки принимается во внимание весь комплекс условий его проведения: предшествующие и последующие приемы обработки; чередование и особенности возделываемых культур; применяемые в севообороте удобрения, пестициды; приемы мелиорации; почвенные свойства и режимы, динамика их во времени; наличие сорных растений, болезней и вредителей; погодные условия. Несмотря на такой широкий спектр условий, от которых зависит необходимость

проведения того или иного агроприема, система обработки почв в каждом конкретном севообороте обладает определенной жесткостью, особенно это касается приемов основной обработки.

Рассмотрим некоторые основные элементарные системы обработки, из которых строятся системы обработки почвы в севообороте.

Обработка почвы после уборки сельскохозяйственных культур

Основными задачами обработки почвы после уборки урожая являются: лишение жизнеспособности остатков убранной культуры; создание оптимальных условий для трансформации органических остатков растений; борьба с сорняками, вредителями и болезнями культурных растений; сохранение и накопление влаги в почве; создание условий для качественного посева и развития последующей культуры. Особенности обработки почвы после уборки многолетних трав связаны, во-первых, с необходимостью лишить жизнеспособности остатки этих культур; во-вторых, со значительной связностью почвы из-за большой массы корней, образующих дернину, и повышенной плотностью почвы.

Обычно обработка в таких условиях заключается в послеуборочном лушении и последующей глубокой культурной вспашке. Лушение применяется для разделки дернины, уничтожения сорняков и вредителей и предохранения почвы от высыхания. Если дернина мощная или почва слишком плотная и не поддается качественной разделке лушильником, для разделки пласта применяют тяжелую дисковую борону. Вспашка с заделкой дернины на дно борозды необходима прежде всего для лишения жизнеспособности остатков многолетних трав, а также для создания оптимальных условий их трансформации. Если травостой разрежен и почва не слишком уплотнена и иссушена, можно ограничиться проведением культурной вспашки.

В районах, где есть угроза проявления дефляционных процессов, можно использовать следующий метод: корневую систему трав вычесать на поверхность почвы (это можно сделать с помощью культиваторов-плоскорезов), затем растительные остатки измельчить дисковыми боронами в двух перпендикулярных направлениях. На поверхности образуется своеобразный мульчирующий слой из растительных остатков, предохраняющий почву от дефляции и высыхания.

После уборки однолетних культур сплошного сева почва менее связана, чем после многолетних трав, но часто бывает иссушенной. Для обработки жнивья, остающегося после уборки этих культур в недефляционно опасных условиях, применяется лушение дисковыми орудиями. При этом растительные остатки заделываются в почву, уничтожаются сорняки, вредители, зачатки болезней, нижележащие слои почвы предохраняются от высыхания, увеличивается водопроницаемость верхних слоев почвы, что способствует на-

коплению влаги после выпадения осадков, создаются лучшие условия для прорастания семян сорняков.

Глубина лущения зависит в первую очередь от почвенно-климатических условий и от влажности почвы в момент обработки, а также от особенностей сорной растительности. Эта глубина может колебаться от 4—5 до 10—12 см. Чем суше почва, тем глубже обработка.

Лущение почвы необходимо проводить (за редким исключением) сразу после уборки культур. Особенно важно соблюдать это правило при наличии на поле поздних яровых сорняков, чтобы предотвратить их обсеменение. Поле, на котором произрастают корнеотпрысковые сорняки, обрабатывают лемешными лущильниками, так как они лучше подрезают вертикальные корни растений.

В некоторых случаях после уборки культур сплошного сева проводят вспашку. В районах Восточной Сибири, где вегетационный сезон короток и распределение осадков во времени весьма специфично, вслед за уборкой проводят вспашку почвы с одновременным выравниванием боронами и катками. При последующем высеве озимых культур почву необходимо вспахать как можно раньше, т. е. вскоре после уборки предшественника, чтобы почва успела осесть и в ней могли накопиться влага и питательные вещества.

В эрозионно опасных условиях после уборки проводят обработку, при которой на поверхности остается большая часть стерни. В зависимости от почвенных и погодных условий, от характера сорной растительности, от особенностей последующей культуры жнивье обрабатывается игольчатыми боронами, ротационными мотыгами, культиваторами со стрельчатыми лапами, штанговыми культиваторами, культиваторами-плоскорезами-глубококорыхлителями, чизель-плугами. Иногда до посева последующей культуры поле вовсе не обрабатывается.

Из-под пропашных культур почва обычно выходит в рыхлом состоянии, особенно после уборки корне- и клубнеплодов. Засоренность полей часто меньше, чем после культур сплошного сева. Поэтому интенсивность послеуборочной обработки здесь обычно ниже, чем в предыдущих случаях, но задачи обработки остаются теми же.

После некоторых культур остаются мощные и грубые растительные остатки (стерня кукурузы, ботва картофеля, листья корнеплодов и т. д.), поэтому для качественной заделки в почву требуется их предварительное измельчение. Эту операцию проводят дисковыми лущильниками или тяжелой дисковой бороной при необходимости в двух перпендикулярных направлениях. Если и после этого не достигнута качественная заделка остатков растений, то их запахивают в почву плугом.

Необходимость вспашки возникает при наличии в верхнем слое почвы и на поверхности вредителей и возбудителей болезней, семян сорняков, при большой засоренности полей, особенно паразитными сорняками. Иногда после уборки семян подсолнечника часть их

оказывается на поверхности почвы, всходы подсолнечника могут засорять посевы последующей культуры со всеми вытекающими последствиями, поэтому и в этом случае необходима послеуборочная вспашка почвы.

В большинстве случаев можно ограничиться послеуборочным лушением полей или боронованием, иногда возможно вообще не обрабатывать почву.

Зяблевая обработка почвы

Зяблевой называется система обработки, проводимая в летне-осенний период, после этой обработки почва уходит в зиму (зябнет). Строго говоря, послеуборочная обработка, описанная выше, также входит в систему зяблевой обработки, как и эта система в свою очередь входит в систему предпосевной обработки почвы под яровые культуры, а последняя — в систему обработки почвы в севообороте, состоящую из систем более низких порядков, в том числе и перечисленных. Естественно, все эти системы взаимосвязаны и вытекают друг из друга. Границы между ними условны и часто подвижны. Если при осуществлении одной из этих систем не удалось по каким-либо причинам (например, по погодным условиям) выполнить какую-то задачу, в дальнейшем это возможно полностью или частично компенсировать внесением соответствующих корректировок в план и проведение последующих агромероприятий.

Задачи зяблевой обработки, как и орудия, используемые для этой обработки, существенно различаются в зависимости от почвенно-климатических условий районов ее применения. В засушливых районах и районах нормального увлажнения основная задача — накопление влаги в почве, в районах с избыточным увлажнением обработка преследует противоположную цель. Повсеместно остается актуальной задачей борьба с сорняками. Во многих районах следует предусмотреть приемы, обеспечивающие защиту почвы от водной и ветровой эрозии. Глубина и способы обработки зависят также от характера возделываемой культуры.

Обычно после проведения послеуборочной обработки почвы при достаточном количестве влаги начинают активно прорастать семена сорняков.

Молодые сорняки уничтожаются поверхностной механической обработкой почвы, чаще для этой цели используют дисковые лущильники, реже культиваторы с плоскорезными лапами, в эрозионно опасных районах для уничтожения молодых побегов сорняков применяют орудия, оставляющие стерню на поверхности (плоскорезные и штанговые культиваторы, игольчатые бороны и ротационные мотыги, дисковые бороны и др.). Такую обработку можно повторять по мере отрастания сорняков, конечно учитывая экономическую эффективность этих приемов. Поверхностное рыхление способствует сохранению, а в случае выпадения осадков — накоплению влаги в нижележащих слоях.

Зяблевая система часто предусматривает проведение основной обработки почвы, главные задачи такой обработки — создание благоприятных условий влагонакопления в осенне-летний период, т. е. повышение водопроницаемости и влаговместимости почвы, а также изменение плотности почвы до благоприятного уровня. Во время обработки почвы уничтожаются сорняки и вредители, иногда это является основной задачей глубокой зяблевой вспашки. В дефляционно опасных районах, а иногда и при угрозе водной эрозии для основной обработки применяются культиваторы-плоскорезы-глубококорыхлители, безотвальные или чизельные плуги. Во многих случаях наиболее эффективны ранние сроки проведения основной обработки, но бывают и исключения, например, обработку легких по гранулометрическому составу почв не следует проводить, когда еще велика их микробиологическая активность, так как это способствует ускоренной минерализации органического вещества.

Навоз рекомендуется вносить за 2—3 недели до вспашки. После внесения его тут же заделывают дисковыми лушпильниками на небольшую глубину, при этом предотвращается опасность заделки его в почву при последующей вспашке большими кусками.

Глубина, сроки и способы основной зяблевой обработки определяются потребностями культуры, свойствами почвы, погодными условиями, засоренностью почвы, наличием вредителей и поэтому сугубо индивидуальны как для данного поля, так и для условий данного года.

После проведения основной зяблевой обработки очень редко возникает необходимость в глубокой обработке весной (исключая районы избыточного увлажнения), что снимает напряжение в полевых работах и позволяет более рано посеять или посадить яровые культуры. Глубокая зяблевая обработка во многих случаях бывает эффективнее весенней.

Предпосевная обработка почвы

Основными задачами предпосевной обработки почвы являются: создание условий для качественного посева семян и посадки культурных растений и их нормального развития, а также сохранение влаги в почве и борьба с сорняками.

Перед посевом яровых культур обработка начинается с момента, когда только появляется возможность выйти технике в поле после весеннего снеготаяния (исключая районы избыточного увлажнения). Данная цель достигается созданием рыхлого верхнего слоя почвы, который предотвращает капиллярное передвижение влаги к поверхности почвы и предохраняет нижележащие слои от нагревания и проветривания. Мощность рыхлого слоя обычно 3—5 см, но она может колебаться в зависимости от конкретных условий. Чаше всего для проведения этой операции применяются легкие зубовые бороны, но на тяжелых почвах могут применяться тяжелые бороны или даже пружинные или плоскорезящие куль-

тиваторы. В дефляционно опасных районах влага чаще закрывается игольчатыми бородами или ротационными мотыгами, а также штанговыми и плоскорежущими культиваторами, луцильниками с плоскими дисками. В тех случаях, когда разные части поля успевают неодновременно, проводится выборочное закрытие влаги по мере подсыхания почвы.

В некоторых случаях весной проводят глубокую обработку почвы. В районах избыточного увлажнения часто проводится весенняя перепашка. Положительный эффект имеет глубокая обработка под пропашные культуры, в подзолистой зоне — с почвоуглублением или подпахотным рыхлением. Пашут весной в тех случаях, когда необходимо заделать навоз.

Непосредственно перед посевом ранних яровых культур проводится культивация почвы на глубину заделки семян культиваторами со стрельчатыми лапами. При этом создаются твердое влажное ложе для семян и рыхлый покровный слой, т. е. оптимальные условия для их прорастания и развития растений в начальный период вегетации, одновременно уничтожаются проросшие весной сорняки. Иногда культиваторы оставляют после себя неровную поверхность, тогда их агрегируют с бородами и выравнивателями. Хорошее качество предпосевной обработки дает комбинированный агрегат РВК (рыхлитель-выравниватель-каток).

Перед посевом поздних яровых культур при необходимости можно провести повторную культивацию для уничтожения сорняков. Прикатывание или боронование почвы применяют для предупреждения испарения влаги. Если на поле имеются корневищные сорняки, то проводят лушение почвы. Применяют лушение и для обработки плотных и задерненных почв. На задерненных почвах эффективно применение фрезы. Возможно различное сочетание перечисленных приемов в зависимости от конкретных условий, складывающихся на поле в предпосевной период.

В дефляционно опасных районах предпосевную обработку, если в ней возникает необходимость, проводят, используя орудия, оставляющие на поверхности стерню.

Зерновые культуры предъявляют неодинаковые требования к агрофизическим свойствам почв в отдельных частях корнеобитаемого слоя. В. В. Медведев (1978), после определения оптимальных параметров физических свойств почвы в этих слоях, предложил обрабатывать почву перед посевом специально сконструированными комбинированными машинами, которые создают в разных слоях обрабатываемой толщи заданные значения плотности и структуры. Однако работы в этом направлении в настоящее время находятся пока на стадии эксперимента.

Озимые зерновые культуры высеваются за 40—50 дней до окончания вегетационного сезона, чтобы к моменту ухода в зиму растения имели 3—4 побега. Такие растения достаточно развиты и лучше противостоят неблагоприятным условиям перезимовки. При слишком раннем и при позднем севе растения отличаются пониженной зимостойкостью.

Задачи обработки перед посевом озимых во многом сходны с таковыми перед посевом яровых зерновых культур, но есть и свои особенности. Главная из них — создание оптимальной плотности пахотного горизонта. В данном случае она не должна значительно отличаться от равновесной, так как в осенне-весенний период, особенно в период снеготаяния, рыхлая почва оседает, уплотняется, что ведет к разрыву корней и выпиранию узлов кущения. Если это происходит, то растения ослабевают или гибнут. Поэтому убирать предшественники, после которых необходима вспашка (особенно многолетние травы, сидеральные культуры и др.), надо как можно раньше, лучше не позднее чем за месяц до посева озимых, за это время почва обычно успевает осесть. Если этого не произошло, почву необходимо прикатать.

В общем случае чем раньше убран предшественник, тем более благоприятны условия для посева и развития озимых. Система поверхностной предпосевной обработки под озимые основными задачами имеет сохранение и накопление влаги в почве и борьбу с сорняками. Принципы применения тех или иных видов обработки здесь те же, что и при подготовке почвы под посев яровых колосовых культур.

Обработка почвы в посевах сельскохозяйственных культур

В посевах яровых колосовых культур сплошного сева обработка почвы проводится редко и ограничивается периодом после посева до появления всходов. Необходимость в ней возникает, во-первых, тогда, когда верхний слой, в котором расположены семена, излишне рыхлый (оптимальная плотность почвы в этот период должна быть $1,1—1,3 \text{ г/см}^3$). В рыхлом слое семена плохо используют влагу вследствие плохого контакта с твердой фазой почвы, корешки молодых растений в излишне пористой среде не могут нормально развиваться, верхний слой почвы быстро теряет влагу, особенно в ветреную погоду. В этом случае проводится послепосевное прикатывание почвы, хотя в настоящее время все чаще применяют сеялки, агрегированные с каточками, которые и создают оптимальную плотность почвы как в слое, расположенном под семенами, так и в покровном слое.

В другом случае, когда на поверхности образуется почвенная корка, приходится применять рыхлящие орудия. Почвенная корка образуется после выпадения дождей, наиболее интенсивно на почвах тяжелого гранулометрического состава, бесструктурных, солонцеватых. Корка создает препятствия для появления всходов растений, ухудшает водно-воздушный режим почвы, угнетает деятельность микроорганизмов и тем самым ухудшает питательный режим растений. При растрескивании корка повреждает корни растений. Разрушают корку до появления всходов сетчатыми или зубowymi боронами, в некоторых случаях игольчатыми боронами или ротационными мотыгами.

Одновременно с разрушением корки при бороновании уничтожаются мелкие всходы сорняков. Иногда боронование применяется специально для уничтожения всходов сорняков, если они появились в большом количестве.

На посевах **многолетних бобовых трав** боронование иногда проводят весной для уничтожения почвенной корки и молодых сорняков. Полезным бывает боронование и после укосов многолетних трав, если предполагается дальнейшее использование посевов.

На посевах **озимых культур** послепосевная обработка до всходов растений может проводиться с теми же целями, что и на посевах яровых, с той лишь разницей, что на озимых обычно предусматривается весеннее боронование. Оно применяется для уничтожения почвенной корки, всходов сорняков и так называемой «снежной плесени». «Снежная плесень» представляет собой своеобразную пленку, состоящую из отмерших остатков растений и развивающихся на них микроорганизмов, особенно микроскопических зеленых водорослей. Эта пленка затрудняет воздухообмен между почвой и атмосферой, а также часто служит субстратом для размножения патогенных для озимых микроорганизмов.

Боронование проводится сетчатыми или легкими зубowymi боронами с тем расчетом, чтобы затронуть обработкой только поверхность почвы, направление движения агрегатов — поперек рядков, чтобы повредить как можно меньше культурных растений. Иногда для весенней обработки применяются игольчатые бороны или ротационные мотыги.

Одним из важных условий нормальной перезимовки озимых является наличие мощного снежного покрова. Поэтому в зимний период проводятся мероприятия по снегозадержанию. Они включают в себя обработку снежного покрова сельскохозяйственными орудиями. Чаще снег обрабатывается специальными плугами-снегопахами, создающими снежные валы поперек основного направления зимних ветров, которые задерживают снег. После весеннего снеготаяния это способствует накоплению влаги в почве.

Интенсивность обработки **пропашных культур** значительно выше, чем культур сплошного сева, о чем уже говорит само название «пропашные». После посева, как и на культурах сплошного сева, с теми же целями можно проводить прикатывание или боронование. Семена кукурузы и картофель заделываются в почву на глубину не менее 8—10 см, поэтому обрабатывать их можно более тяжелыми боронами. Бороновать можно и всходы этих культур сетчатыми боронами (кукурузу в фазе 3—4 листочков), однако с тем условием, чтобы всходы при обработке не засыпались почвой. Обрабатывать посевы лучше после полудня, когда растения несколько подвянут, не будут ломкими.

На посевах свеклы первую обработку обычно проводят в начале всходов. Она преследует две цели: первая — уничтожение почвенной корки, сорняков, сохранение влаги (шаровка), вторая — прореживание культурных растений (букетировка). Осуществляется эта операция специальным орудием — прореживателем, кото-

рый ножами-прореживателями уничтожает лишние культурные растения, а междурядья обрабатывают лапами бритвами. Иногда шаровка и букетировка проводятся раздельно.

Во время активной вегетации междурядья пропашных культур обрабатываются культиваторами различных конструкций и специальными боронами. Чаще применяют культиваторы со стрелчатыми лапами и односторонними лапами-бритвами. Используются также различные ротационные орудия (как культиваторы, так и бороны), специально сконструированные для междурядной обработки почвы. Для подкормки растений во время вегетации применяются различные культиваторы-удобрители.

Сроки, способ, глубина и количество междурядных обработок выбираются в зависимости от конкретных почвенных и погодных условий, от особенностей культурных растений и от экономической эффективности проведения этих агроприемов.

Цель междурядных обработок — улучшение водно-воздушного режима, сохранение и накопление влаги в почве, уничтожение сорняков и вредителей. Такие обработки положительно сказываются на микробиологической и ферментативной активности почвы, на ее питательном режиме. В связи с появлением новых эффективных пестицидов возникла возможность сокращения количества и интенсивности междурядных обработок, но совсем от них отказаться можно только в очень редких случаях.

При возделывании картофеля в условиях достаточного увлажнения применяется окучивание растений, что способствует улучшению аэрации почвы и ее теплового режима, на засыпанной части стеблей образуются новые столоны, что повышает урожай клубней. Проводится эта операция культиваторами-окучниками.

Обработка паровых полей

Чистые пары применяются в настоящее время преимущественно в засушливых районах. Однако иногда возникает необходимость оставить поле под пар и в районах достаточного увлажнения в тех случаях, когда оно потеряло свое плодородие настолько, что культурные растения можно выращивать только после коренной его мелиорации, или если сорняки настолько размножились, что бороться с ними можно только в чистом пару.

В засушливых степных районах распространены зернопаровые севообороты, они могут быть трех-четырепольными, где первое поле — чистый пар, остальные заняты яровыми зерновыми культурами. Для таких севооборотов была разработана система обработки почв под руководством А. И. Бараева, направленная на сохранение стерни на поверхности, препятствующей проявлению дефляции и потере влаги из почвы.

На паровом поле в начале вегетационного сезона проводятся плоскорезные обработки культиватором-плоскорезом сначала на 10—12 см, а через три недели на глубину 12—14 см в целях борьбы с сорняками и разрыхления поверхностного слоя для предотвра-

щения испарения влаги из нижележащих слоев. Затем еще через три недели проводится обработка штанговым культиватором на глубину 6—8 см для уничтожения корневых систем сорняков, расположенных в поверхностном слое. В конце лета почва глубоко (на 25—30 см) рыхлится культиватором-плоскорезом-плуоокорышителем для разрыхления всего пахотного слоя и повышения его влагоемкости, а также для подрезания глубоко расположенных корневых систем сорняков. Осенью проводится культивация штанговым культиватором для уничтожения сорняков и повышения водопроницаемости поверхностных слоев почвы. Если поле сильно засорено корневищными и корнеотпрысковыми растениями, то количество обработок, подрезающих корни и корневища, необходимо увеличить, применяя метод истощения этих сорняков. При полосном размещении пара систему обработки на таких полях можно завершить глубокой вспашкой, чтобы лишить жизнеспособности остатки сорняков. Можно также применить методы высушивания и вымораживания, когда корневища многолетних сорняков выворачиваются на поверхность вспашкой на глубину их залегания перед наступлением сухого и жаркого сезона или поздней осенью в преддверии сильных холодов. Корневища погибают под действием высоких или низких температур, затем их вычесывают за пределы поля с помощью пружинных культиваторов и сжигают, если нет уверенности в том, что они полностью погибли.

Если в черном пару осенью предыдущего года уже проводили отвальную вспашку, то вторичная вспашка в конце парования называется **двоением пара**. Обычно под такую вспашку на паровом поле вносят навоз.

Обработка **раннего пара** строится также с учетом климатической зоны и засоренности полей. В некоторых районах ранний пар обладает не меньшей эффективностью, чем черный, но в нем исключается система зяблевой обработки в предшествующий год, что позволяет экономить трудовые и энергетические ресурсы. Иногда эффективность раннего пара повышается, если после уборки предшествующей культуры проводится лущение или культивация, такой пар называют **улучшенным ранним**.

Система обработки в **сидеральных парах** мало отличается от той, которая применяется для выращивания сходных культур севооборота, имеют свои особенности только способы заделки сидерата. Обычно сидеральные культуры обладают большой массой, поэтому качественной заделки культурным плугом без дополнительных приспособлений или обработки не получается. Иногда достаточно перед каждым корпусом плуга установить дисковый нож для разрезания растений, можно параллельно с корпусом установить железный брусок, который валит растения и удерживает их у поверхности при заделке. Но чаще приходится применять дополнительные меры для измельчения растений: можно прикатать растения, а затем измельчить их в перпендикулярном направлении лушильниками. Иногда растения перед измельчением скашивают. В Нечерноземной зоне удобрение почвы сидеральными

культурами часто сопровождаются углублением пахотного горизонта.

Полупаровая система обработки почвы применяется в необходимых случаях на полях, где после уборки основной культуры до конца вегетационного сезона остается достаточное время для проведения такой обработки. Полупаровая система чаще применяется для борьбы со злостными сорняками и состоит из совокупности приемов, наиболее эффективных в данной почвенно-климатической зоне. Во многих элементах эта система сходна с обработкой почвы по схеме раннего пара.

Системы обработки почв разных типов и видов, расположенных в различных природно-экономических районах, основываются на различных принципах. В северо-западных районах основное внимание должно быть уделено удалению излишков влаги, повышению аэрации почв, доступности тепла; на орошаемых землях — поддержанию хорошего агрегатного состояния почвы; в засушливых районах — сохранению влаги и т. д. Все системы, за редким исключением, должны предусматривать почвозащитные мероприятия. Несмотря на применение в каждой системе обработки почв общих принципов и приемов, сами системы не могут быть одинаковыми даже в одном хозяйстве, они могут быть различными даже на отдельных полях одного севооборота. Девиз земледельцев должен быть таков: каждому полю — своя система обработки с учетом погодных условий. Система обработки должна меняться с изменением свойств почвы, поступлением новой техники, удобрений и средств защиты растений, с изменением экономической ситуации.

16. ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА ПОЧВЫ

Орудия обработки воздействуют на почву чисто механически и поэтому изменяют преимущественно ее физические свойства: плотность; размеры и форму почвенных агрегатов; общий объем, размеры и соотношение различных пустот, пор и капилляров; размеры органических остатков; взаиморасположение и степень соприкосновения почвенных фаз и их компонентов.

Специфическое воздействие оказывает обработка на живую фазу почвы. Живые организмы при физическом воздействии на них часто погибают. При изменении сложения обрабатываемого слоя и перемещении в его пределах живых организмов значительно изменяются условия их существования, которые также могут привести к их гибели. Для некоторых групп организмов условия жизни улучшаются, это культурные растения, некоторые группы микроорганизмов, отдельные представители мезо- и макрофауны.

Значительное воздействие оказывает обработка на газовую фазу почвы. В результате рыхления, крошения, оборачивания усиливается доступ атмосферного воздуха в почву, особенно в глубокие слои, что может существенно изменять состав почвенного воздуха и окислительно-восстановительные условия. Обработка оказывает влияние на распределение и состав воздуха не только в

различных слоях почвы, но и на поверхности и внутри почвенных агрегатов, изменяя их размеры, плотность и форму.

Очень незначительное влияние при однократном воздействии оказывает обработка на гранулометрический и химический состав почв, на содержание и состав органического вещества, разрушая частицы (реже вызывая их соединение), но при многократном физическом воздействии на некоторые почвы такое влияние может быть существенным.

При механическом воздействии на почву, особенно при ее перемешивании и оборачивании, существенно изменяется морфологическое строение почвы. Крошение и перемешивание, проводимые интенсивно (например, при фрезеровании) или многократно повторенные, приводят к гомогенизации почвенного материала, к созданию морфологически однородной почвенной массы.

Во многих случаях обработка приводит к дифференциации почвы по морфологическим признакам, чаще по плотности почвы. Например, при прикатывании верхний слой становится более плотным, при рыхлении — менее плотным. При обработке междурядий, при обработке почвы чизельными плугами, почвоуглубителями, глубоких рыхлителями и т. п. почва становится неоднородной по этому показателю в горизонтальном направлении.

Вспашка часто приводит к морфологической неоднородности почвы прежде однородного пахотного горизонта. Например, припахивание подзолистого или иллювиального горизонта на подзолистых почвах, карбонатного на каштановых почвах приводит к ярко выраженной неоднородности по цвету, которая отражает неоднородность почвы по свойствам, определяющим условия жизни растений. Запахивание органических удобрений, остатков растений, химических мелиорантов также приводит к морфологически выраженной неоднородности пахотного горизонта. Особенно большой пестротой отличается пахотный горизонт осваиваемых почв, если при вспашке перемешиваются разнокачественные почвенные слои и горизонты, например при освоении подзолистых почв пахотный горизонт может состоять из черных пятен оторфованной подстилки, белесых — подзолистого горизонта, серых — гумусового, красновато-бурых — иллювиального или переходного горизонтов.

Изменение состояния почв в результате обработки существенно сказывается на режимах и процессах в обрабатываемом слое и в меньшей степени на остальной почвенной массе. Это приводит к изменению свойств почвы и ее плодородия. Обычно обработка в наибольшей степени изменяет водно-воздушный режим почв, причем такое действие может быть как положительным, так и отрицательным, несмотря на то что в задачи обработки входит изменение этого режима только в благоприятную сторону. Но, как известно, задачи обработки часто вступают в противоречие друг с другом, поэтому неблагоприятные последствия обработки необходимо компенсировать другими агроприемами.

Влияние обработки на свойства почвы часто происходит через почвенную биоту. На обрабатываемых почвах активность микро-

организмов, как правило, в несколько раз выше, чем на аналогичных целинных почвах, соответственно здесь выше скорость трансформации веществ и их биологического круговорота. На обрабатываемых почвах малый биологический круговорот уже трудно назвать кругооборотом, так как много веществ, особенно органических, из него исключается. Если не компенсировать эти потери с учетом своеобразия процессов в обрабатываемых почвах, происходит падение их плодородия.

Наиболее показателен в этом отношении пример с использованием черноземов в сельскохозяйственном производстве. При интенсивной распашке их на протяжении текущего столетия потери гумуса в этих почвах составили в зависимости от природных условий и применяемой системы хозяйствования от 20 до 50% и более. Интенсивная обработка и снижение содержания гумуса привели к снижению степени агрегированности почвы, уменьшению содержания наиболее ценной водопрочной зернистой фракции почвенной структуры. Такие изменения сопровождаются увеличением плотности почвы, ухудшением ее водопроницаемости и водоемкости, что заставляет интенсифицировать ее обработку, и, таким образом, образуется порочный замкнутый круг.

Процессы деградации почв, вызванные их распашкой, сходные с теми, что идут на черноземах, имеют место и на других почвах и не только в нашей стране. В почве прерий Северной Америки потери гумуса аналогичны его потерям на черноземах.

Второй мощный фактор деградации почв, вызванный их распашкой, — эрозия почв. Водная эрозия и дефляция в той или иной степени затрагивают практически все почвы. Проявление этих процессов в своих крайних выражениях приводит к катастрофическим для почвы последствиям — она может целиком потерять свой плодородный гумусированный слой. Для предотвращения эрозии почв в районах ее интенсивного проявления приходится затрачивать много средств и усилий.

Изменения водно-воздушного и других режимов почв в результате обработки могут вызвать положительные изменения свойств почвы и повышение ее плодородия. Почвы, которые испытывают избыточное увлажнение, часто положительно реагируют на усиление их аэрированности. В. В. Докучаев еще в 1899 г. писал, что подзолистые почвы, безусловно, требуют для сельскохозяйственной культуры усиленного проветривания, что до сих пор не всегда учитывается при разработке систем обработки почв. И. Б. Макаровым (1981) было показано, что дифференциация пахотного горизонта дерново-подзолистых почв, которая приводит к ухудшению с глубиной свойств этого слоя, происходит постоянно и прерывается только механической обработкой почвы. Если почву оставить без обработки длительное время (десяtkи лет), то дифференциация в конечном счете приведет к приобретению бывшим пахотным горизонтом строения и свойств, сходных с таковыми в аналогичных целинных почвах. Нижняя часть этого слоя приобретает свойства подзолистого горизонта, большую роль в таких изменениях играет

элювиально-глеевый процесс. При углублении пахотного горизонта путем глубокого рыхления почвы плугом Мальцева существенно сокращаются периоды переувлажнения нижней части пахотного горизонта, в нем изменяются окислительно-восстановительные условия, что значительно снижает интенсивность элювиально-глеевого процесса. В результате углубления пахотного горизонта увеличивается содержание гумуса, улучшается его качественный состав, уменьшается кислотность, повышается плодородие почвы.

При избыточном увлажнении и создании восстановительных условий в любых почвах затрудняется трансформация органических остатков, в образующемся гумусовом веществе преобладают агрономически наименее ценные фракции, интенсивно идут процессы денитрификации, образуются токсичные для растений соединения. Усиление аэрации почвы с помощью ее обработки позволяет уменьшить или полностью остановить развитие этих отрицательных явлений.

Рациональная обработка почвы может нейтрализовать отрицательные эффекты применения других агроприемов. В других случаях, наоборот, некоторые агроприемы могут компенсировать неблагоприятные последствия обработки. Часто максимальный положительный эффект можно получить, только сочетая определенные агроприемы с наиболее рациональной в данном случае обработкой почвы.

На каштановых почвах сочетание полива и оптимальной обработки приводит к увеличению содержания гумуса, улучшению агрегатного состава почв; в данном случае устанавливаются более благоприятные условия для образования гумусового вещества, что исследователи связывают преимущественно с изменением гидро-термического режима почвы. С другой стороны, есть наблюдения, которые констатируют ухудшение свойств каштановых почв при поливе. Причины этого явления могут заключаться в следующем: а) орошение не сопровождалось соответствующим изменением агротехники, б) недостаточно было изменить только систему обработки, чтобы воздействовать на почвенные процессы в положительную сторону, в) сам режим орошения мог быть далек от оптимального.

Возделывание пропашных культур, сопровождающееся интенсивной обработкой почв и их повышенной аэрируемостью, приводит к потере гумуса в почвах разного типа. Однако в сочетании с повышенными дозами вносимого навоза более интенсивная обработка на дерново-подзолистых почвах способствует более быстрому накоплению гумуса.

На засоленных почвах и солончаках поддержание пахотного горизонта в рыхлом состоянии и глубокое рыхление этих почв способствуют вымыванию солей из пахотного горизонта в более глубокие слои почвы как при орошении, так и при естественном увлажнении.

По данным В. В. Медведева (1982), агрегирующая способность механических элементов длительно распахиваемого чернозема велика, следовательно, потенциальная способность этой почвы к об-

разованию микро- и макроструктуры сохраняется на достаточно высоком уровне. Минимализация обработки имеет большое значение как средство уменьшения отрицательного влияния длительной распашки на агрофизические свойства черноземов. Сочетание рациональной обработки почвы с внесением органических удобрений и другими агромероприятиями способствует восстановлению плодородия черноземов, что часто можно наблюдать на сортоучастках.

Отсюда видно, что влияние обработки на свойства почвы может быть самым различным в зависимости от ее интенсивности, почвенно-климатических условий, режимов увлажнения, возделываемой растительности, количества и качества удобрений. Однако в связи с ограниченностью имеющихся в настоящее время сведений о влиянии обработки на свойства почвы давать какие-либо прогнозы об этом влиянии в каждом конкретном случае затруднительно или даже невозможно. Необходимо расширять исследования в этом направлении и на их основе разрабатывать теорию обработки почвы, которая сейчас находится в неудовлетворительном состоянии.

Система наблюдений должна включать многие показатели физического, химического и биологического состояния почв. Если возможности наблюдателей ограничены, то необходимо прежде всего оценивать наиболее важные для исследуемых почв показатели, существенно влияющие на их плодородие. Например, на почвах засоленных или имеющих опасность засоления необходимо прежде всего следить за солевым режимом, на кислых почвах — за кислотностью и содержанием гумуса, на черноземах и луговых почвах, на орошаемых землях — за их структурным состоянием и т. д. При проведении широких исследований необходимо обязательно наблюдать за гумусным состоянием почв, так как, во-первых, оно является одним из основных факторов, определяющих плодородие почв, во-вторых, многие показатели гумусного состояния сравнительно быстро изменяются при изменении условий почвообразования и являются хорошими индикаторами этих изменений.

СОРНО-ПОЛЕВЫЕ РАСТЕНИЯ

Сорные растения не возделываются человеком, но произрастают на сельскохозяйственных угодьях и засоряют посевы сельскохозяйственных культур. В нашей стране на обрабатываемых и необрабатываемых землях, естественных сенокосах и пастбищах, в полезащитных насаждениях, по обочинам дорог, вблизи водоемов произрастают около 2000 видов сорных растений. В каждой почвенно-климатической зоне наибольший вред причиняют всего несколько десятков видов сорных растений.

Многие растения, относящиеся к сорным, полезны для человека и специально возделываются на полях как лекарственные (подорожник большой, валериана и др.), кормовые (в настоящее время в производство интенсивно внедряется как кормовая культура борщевик Сосновского) и сидеральные (донник и др.) культуры.

1. ВРЕД, ПРИЧИНЯЕМЫЙ СОРНЫМИ РАСТЕНИЯМИ ЗЕМЛЕДЕЛИЮ

Вред, наносимый сорняками народному хозяйству, огромный и разносторонний. Потери урожая сельскохозяйственных культур от сорно-полевых растений в нашей стране составляют, по данным на 1985 г., 10,4% от общего производства продукции растениеводства, что оценивается в 5,4 млрд р. Считается, что более 30% всех затрат в земледелии расходуется на борьбу с сорняками.

Отрицательное влияние сорных растений зависит от степени засоренности почвы и посевов, от видового состава сорняков, их биологических особенностей. Сорные растения потребляют большое количество питательных веществ почвы и вносимых с удобрениями. Некоторые сорные растения при сильном их развитии потребляют даже больше питательных элементов, чем культурные, о чем можно судить по результатам опытов (табл. 25).

Таблица 25

Потребление азота, фосфора и калия культурными
и сорными растениями, кг/га

Растения	Азот	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пшеница озимая, при урожайности 30 ц/га	66	24	48
Картофель, при урожайности 200 ц/га	80	40	120
Пырей ползучий	49	31	69
Бодяк полевой	138	31	116

Сорные растения в сильной степени иссушают корнеобитаемый слой почвы, что имеет особое значение для возделывания культурных растений в засушливых районах. По данным некоторых исследователей, сорные растения могут при определенных условиях потреблять в полтора-два раза больше влаги, чем культурные растения. Уничтожение сорняков является важнейшим средством борьбы с засухой.

Сорные растения, при их сильном развитии, затеняют культурные, задерживая их рост и развитие; снижают температуру почвы на 2—4°, из-за чего угнетается жизнедеятельность почвенных организмов, снижается биологическая активность почвы. Понижение процесса фотосинтеза в культурных растениях может вызывать полегание стеблей зерновых культур. На засоренных полях уменьшается полевая всхожесть семян культурных растений, задерживаются их рост и развитие из-за корневых выделений сорняков, содержащих физиологически активные химические вещества (холины и блатохолины).

Сорные растения оказывают и чисто механическое воздействие на посевы. Вьющиеся сорные растения обвивают стебли культурных растений, вызывая их полегание, затрудняют уборку урожая и приводят к его потерям. Паразитные и полупаразитные сорняки присасываются к культурным растениям, истощают их, снижают урожайность и качество продукции многих полевых, кормовых, технических, лекарственных и овощных культур. На засоренных полях трудно выполнять высококачественно многие полевые работы: обработку почвы, уход за посевами и т. д. Из-за сорных растений уменьшается эффективность применения удобрений, орошения, прогрессивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур (индустриальная технология возделывания культур возможна лишь на чистых от сорных растений полях). Потенциальная продуктивность новых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур на засоренных полях заметно снижается.

Сорные растения являются местообитанием и временным источником питания многих насекомых-вредителей сельскохозяйственных культур, они способствуют распространению возбудителей многих грибных и бактериальных болезней культурных растений. Так, вьюнок полевой способствует распространению озимой совки; пастушья сумка дает приют гороховой тле; сурепка, редька дикая и другие сорняки из семейства крестоцветных являются источниками распространения земляной блохи; свекловичный клоп, луговой мотылек откладывают яйца на мари белой, овсяге и щирице. Свекловичная нематода переходит на сахарную свеклу с мари белой и других сорняков. Колорадский жук временно обитает на сорных видах паслена. Очагами грибных заболеваний зерновых культур (например, ржавчины) являются пырей ползучий, свинорой пальчатый и другие сорняки из семейства мятликовых. Многие вирусные болезни переносятся насекомыми с сорных растений на культурные.

Отдельные сорные растения выделяют вредные метаболиты, создающие неблагоприятные условия для произрастания совместно с ними культурных растений.

Сорные растения ухудшают качество урожая многих сельскохозяйственных культур. Семена некоторых сорняков, попадающие в урожай, снижают пищевые и кормовые достоинства продукции. Многие сорняки обладают ядовитыми свойствами, неприятным вкусом или запахом. Наличие в муке даже незначительного количества размолотых семян куколя обыкновенного, плевела опьяняющего, белены черной делает ее непригодной для употребления в пищу. Семена ярутки полевой придают муке горький вкус и также делают ее несъедобной. При поедании животными вредных и ядовитых растений они заболевают и даже гибнут, портится продукция животноводства. Поедание, например, коровами кормов с примесью полыни горькой придает молоку горьковатый вкус. Такие сорняки, как горчак, лютик едкий, хвощ полевой, могут вызвать отравление животных. Семена некоторых растений засоряют шерсть овец и коз. Пыльца амброзии, полыни и других сорняков вызывает у многих людей аллергические заболевания.

Наличие сорняков в урожае зерновых культур повышает затраты на сушку зерна, очистку. Применение гербицидов для борьбы с сорняками может приводить к ухудшению качества сельскохозяйственной продукции, к загрязнению окружающей среды, увеличивает себестоимость продукции. Дополнительные мероприятия по обработке почвы и борьбе с сорняками приводят к удорожанию сельскохозяйственной продукции, непосредственно влияют на свойства почв и часто их ухудшают. Трудности борьбы с сорными растениями во многом связаны с их биологическими особенностями.

2. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ

Формирование группы сорных растений началось с момента возникновения земледелия. Помимо воли человека, но при его участии шел постепенный отбор таких растений, которые приспособились к совместному сосуществованию с культурными растениями. Приспособление сорных растений к жизни в посевах тех или иных культур идет по линии экологического уподобления и экологической дифференциации сорных и культурных растений по отношению друг к другу. Приспособившись к жизни культурного растения, многие сорняки выработали аналогичные им свойства — озимость, яровость, близкую высоту стебля, форму, размер семян и другие признаки. Некоторые сорные растения утратили способность самостоятельно обсеменяться: семена их обмолачиваются вместе с семенами культурных растений (например, погремка большого) и затем, попадая в почву, прорастают. Уподобление сорных растений культурным широко распространено и наглядно

видно на примере специализированных сорняков. Цикл их развития совпадает с циклом развития культурного растения, высота стебля равна примерно высоте стебля культурного растения, и поэтому семена попадают в урожай, обмолачиваются и засоряют зерно культурных растений. Форма, масса, величина зачатков сорных растений, семена, плоды настолько схожи с семенами или плодами культурных растений, что отделить их при обычных способах очистки почти невозможно.

Экологическая дифференциация сорных и культурных растений объясняется различиями их в характере использования пространства, света, влаги, питательных веществ и т. п. Такие различия могут приводить к тому, что сорные и культурные растения развиваются, не мешая друг другу, или же конкуренция за факторы жизни растений выражена слабо. С другой стороны, такие различия могут даже оказывать положительное действие на развитие культурных растений. Например, сорные бобовые растения обогащают почву азотом, который может быть использован затем культурными растениями, сорные растения с крепкими стеблями могут служить опорой, поддержкой для вьющихся культурных растений и т. п.

Основные биологические особенности сорных растений, объясняющие их высокую экологическую устойчивость в агрофитоценозах и повышенную вредоносность, а также отличающие их по свойствам от культурных растений, следующие. Сорные растения характеризуются чрезвычайно высокой способностью к воспроизводству при благоприятных условиях произрастания, имеют высокую плодovitость. Отдельные виды сорных растений дают десятки и сотни тысяч семян с одного растения, что во много раз превышает количество семян на одном культурном растении. Так, одно растение осота полевого может дать 35 тыс. семян, трехреберник непахучий — 54, щирица запрокинутая — 500, дескурения Софии — 730 тыс. семян. Если учесть, что хлебные злаки в среднем дают 50—80 зерен и лишь при самых благоприятных условиях могут давать до 2000 семян с одного растения, то очевидно превосходство сорных растений по плодovitости над культурными. В реальных условиях в агрофитоценозах сорные растения дают несравненно меньше семян, чем указано выше, однако вполне достаточно для того, чтобы общее их количество в почве достигало колоссальных величин. Безусловно, многие семена сорных растений, попадая на поверхность почвы, в неблагоприятных условиях для прорастания погибают, однако большая семенная продуктивность обуславливает большую их выживаемость. Тем более что отличительной особенностью семян сорных растений является способность длительное время сохранять жизнеспособность в почве. Период прорастания семян культурных растений исчисляется днями, в то время как семена у многих сорных растений могут лежать в почве годы и даже десятилетия, не теряя своей жизнеспособности. По наблюдениям П. А. Костычева, из 400 семян пастушьей сумки за 1173 дня проросло лишь 75. Остальные не проросли, одна-

ко сохранили свою жизнеспособность. До 60 лет не теряют всхожесть семена щирицы, подорожника. Семена донника белого могут сохранять всхожесть до 70 лет. Свойство семян длительное время не давать всходы, сохранять жизнеспособность объясняется их покоем, физиологическим состоянием семени, строением семенной оболочки (глубокий покой) или неблагоприятными условиями для прорастания (вынужденный покой).

Прорастание семян сорняков часто происходит одновременно и растянуто во времени, что отличает сорные растения от культурных. У ряда сорных растений выражено явление полиморфизма семян, т. е. у них образуются семена различной крупности. Так, у мари белой, например, образуются семена трех групп: крупные, средние и мелкие. Первые прорастают в первый год, вторые — во второй и третьи — на третий год.

Для семян некоторых сорных растений характерно длительное послеуборочное дозревание. Например, у семян журиного проса период дозревания после уборки культурных растений равен пяти-шести месяцам, у семян овсяга — трем-четырем.

Семена или плоды сорных растений имеют различные формы и приспособления, при помощи которых они могут распространяться на большие расстояния. Семена одних сорняков имеют опушенность, хохолки, при помощи которых они переносятся на огромные расстояния (семена бодяка, одуванчика, осота и др.), других — имеют прицепки или колючки и с их помощью переносятся животными, человеком.

Следует отметить и такую важную особенность некоторых видов сорных растений, как способность размножаться не только семенами, но и вегетативными органами: корневищами (свиной, пырей ползучий, гумай и др.), корневыми отпрысками (осот, бодяк, горчак, вьюнок полевой и др.), клубнями. Вегетативные органы размножения, разрезанные на мелкие части, не только не утрачивают жизнеспособности, а, напротив, у них повышается способность к образованию побегов. О том, до каких величин может доходить количество вегетативных почек на одном квадратном метре наиболее распространенных сорняков, свидетельствуют данные А. И. Мальцева (табл. 26).

Таблица 26

Количество вегетативных органов размножения
в почве на 1 м²

Растения	Масса вегетативных органов размножения, г	Длина вегетативных органов размножения, м	Число вегетативных почек
Бодяк полевой . . .	158	8,7	526
Осот полевой	1003	76,0	1 609
Мать-и-мачеха	1524	170,0	2 596
Пырей ползучий . . .	2890	495,0	25 977

Многие семена сорных растений сохраняют жизнеспособность в воде, силосе, сенаже, навозе после прохождения через кишечник животных и птиц. Количество семян сорных растений в навозе, особенно в свежем и слабоперепревшем, может быть очень большим. Отмечено, например, что число семян сорняков, попавших с 60 т свежего коровьего навоза на 1 га, составило 1 млн.

Некоторые сорные растения ведут паразитический и полупаразитический образ жизни, что также отличает их от культурных растений.

3. КЛАССИФИКАЦИЯ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ

Все сорные растения в зависимости от того, к какому ботаническому классу растений они относятся, делятся на двудольные и однодольные. Имеются и сорные растения, которые размножаются не семенами, а спорами. Однако дальнейшая классификация сорных растений в соответствии с существующей ботанической систематикой растений плохо подходит для разработки мер по борьбе с сорной растительностью, так как в одну и ту же систематическую группу попадают растения, резко различающиеся по своим биологическим особенностям. Поэтому в земледелии сорные растения классифицируют по важнейшим биологическим признакам: по их происхождению, способам питания, продолжительности их жизни, способам размножения, местообитанию.

Сорные растения делятся на засорители и сорно-полевые. К засорителям относятся культурные растения других видов и сортов, которые произрастают в посевах сельскохозяйственных культур. К засорителям, например, относятся рожь или ячмень, встречающиеся в посевах озимой пшеницы, овес — в посевах яровой пшеницы. При производстве сортовых семян отдельных культур к засоряющим относятся все растения того же вида, но не принадлежащие к данному сорту. Засорители снижают качество урожая возделываемых культур.

По происхождению сорно-полевые растения делятся на антропохоры и апофиты.

Антропохоры — это сорные растения, встречающиеся на полях, в посевах сельскохозяйственных культур. Происхождение этой группы растений, например куколя, костра ржаного, василька и др., теряется в веках, как и происхождение культурных растений, которые они засоряют. Как правило, их развитие совпадает с периодом развития культурных растений. Многие виды антропохоров засоряют посевы только определенных видов культурных растений, принося им огромный вред. Это так называемые специализированные сорные растения, или сорняки-спутники. Так, в посевах овса специализированным сорным растением является овсюг, в посевах пшеницы — плевел, в посевах льна — торица льняная, повилика льняная. В естественных растительных сообществах, фитоценозах (лесных, луговых, болотных и др.) антропохоры не встречаются или встречаются как заносные с полей.

Апофиты являются членами какого-нибудь естественного фитоценоза. Обычно это многолетние сорные растения. Проникнув в посевы, например, при распахке степи, раскорчевке леса, сорняки-апофиты задерживаются и остаются в них, а некоторые хорошо переносят те специфические условия, которые создаются человеком на полях. К таким сорнякам-апофитам относятся хвощ, молочай, одуванчик и др.

По способу питания и образу жизни все сорные растения делятся на непаразитные, паразитные и полупаразитные.

Непаразитные сорные растения составляют наибольшую группу сорняков. Они являются автотрофами, синтезируют органические вещества из неорганических в процессе фотосинтеза. По продолжительности жизни их разделяют на однолетние, двулетние и многолетние. Однолетние и двулетние сорные растения также называют малолетними в отличие от многолетних. Малолетние сорные растения размножаются только семенами, имеют жизненный цикл не более двух лет и отмирают после созревания семян, что отличает их от многолетних растений.

Однолетние сорные растения в зависимости от особенностей жизненного цикла развития подразделяются на яровые, озимые и зимующие.

Всходы **яровых сорняков** появляются весной и в начале лета. Развитие этих растений заканчивается в течение одного вегетационного периода. По биологическим особенностям данные сорняки очень близки к яровым культурам, и поэтому чаще всего они и засоряют эти посевы. Большая часть семян яровых сорняков с осени не прорастает, но хорошо прорастает после перезимовки в почве и в зернохранилищах. Семена различных яровых сорняков прорастают при одинаковой температуре. В зависимости от этого их подразделяют на **ранние**, у которых семена прорастают при достижении температуры почвы 4—8°С (их развитие, как правило, заканчивается до уборки культурных растений или одновременно с их созреванием), и **поздние**, семена которых прорастают, когда устанавливается температура почвы 10—14°С, они медленно развиваются и созревают обычно в послеуборочный период или одновременно с созреванием культурных растений (поздних культур). При осеннем появлении всходов яровые сорные растения погибают от морозов. Среди ранних яровых сорняков выделяют сорные растения **эфемеры**, которые имеют очень короткий период вегетации (1,5—2 месяца) и способны давать за один вегетационный сезон несколько новых поколений.

Всходы **озимых сорных растений** появляются в конце лета — осенью. Зимуют растения в фазе кущения, и их развитие заканчивается в следующем году. По жизненному циклу развития эти сорняки сходны с озимыми культурами, посевы которых они чаще всего и засоряют.

Всходы **зимующих сорных растений** появляются в конце лета — осенью либо ранней весной. Весенние всходы не образуют прикорневой розетки листьев, развиваются как яровые, созревая

одновременно или несколько позднее зерновых культур. При поздних всходах зимующие сорняки способны перезимовывать в любой фазе роста. После перезимовки растения образуют розетку прикорневых листьев, быстро растущий стебель и довольно рано заканчивают вегетацию.

Двулетние сорные растения для полного развития от появления всходов до созревания семян требуют два вегетационных периода. В первый год жизни они произрастают из семян, а на второй год продолжают развиваться за счет вегетативных органов, сформированных в первый год. Двулетние сорные растения могут быть настоящими и факультативными. Настоящие двулетники развиваются строго по свойственному им циклу — в первый год они лишь накапливают в корнях запас питательных веществ, образуют розетки или даже и стебли, однако не цветут и не плодоносят. На второй год, после перезимовки, у них развиваются плодоносящие органы — стебли с цветками и семенами. Если всходы настоящих двулетних сорных растений появляются в конце лета или осенью и в корнях не будет необходимого количества запасных питательных веществ, то они перезимовывают два раза и только после этого цветут, плодоносят, а затем отмирают. Факультативные двулетники могут развиваться как настоящие двулетние сорные растения и как однолетние зимующие сорняки в зависимости от складывающихся конкретных экологических условий произрастания.

К *многолетним* относятся сорные растения, произрастающие в течение ряда лет и неоднократно плодоносящие в этот период. После созревания семян у них отмирают лишь надземные органы, а подземные (корни, корневища, клубни, луковицы) сохраняют жизнеспособность. От подземных органов ежегодно отрастают новые побеги, которые образуют стебли, цветки и семена, т. е. многолетние сорные растения могут размножаться и семенами и вегетативными органами. Многолетние сорные растения различают по способу вегетативного размножения и строению корневой системы:

- 1) корнеотпрысковые, размножаются придаточными почками, которые имеются на корнях;
- 2) корневищные, размножаются придаточными почками, имеющимися на подземных стеблях;
- 3) луковичные, размножаются видоизмененными подземными утолщенными стеблями;
- 4) клубневые;
- 5) ползучие, размножаются наземными вегетативными органами — стеблями;
- 6) стержнекорневые;
- 7) мочковатокорневые.

Растения первых пяти групп размножаются главным образом вегетативным способом и в меньшей степени семенами, в то время как для стержнекорневых и мочковатокорневых сорных растений характерно преимущественное размножение семенами и в меньшей степени вегетативным способом.

Паразитные сорные растения живут за счет растения-хозяина. Они не имеют корней и зеленых листьев. В зависимости от места контакта с растением-хозяином эти сорняки делят на стеблевые и корневые.

Полупаразитные сорные растения частично питаются за счет других растений, присасываясь к их корням (корневые) или к надземным органам (стеблевые). Они имеют зеленые листья и обладают способностью к фотосинтезу.

По месту произрастания сорные растения (вне зависимости от принадлежности к тому или иному биологическому типу) делятся на следующие пять групп (Фисюнов, 1984):

1) полевые, или сеgetальные, к которым относится наиболее многочисленная группа сорных растений полевых культур;

2) мусорные, или рудеральные, к ним относятся высокостебельные быстрорастущие сорняки, такие, как белена черная, дурман вонючий, конопля сорная, лебеда раскидистая, лопух паутинистый и др.;

3) огородные, растущие преимущественно на увлажненных почвах, на поливных землях, где выращивают овощные культуры (это звездчатка средняя, бодяк огородный, осот огородный и др.);

4) садовые, обитающие в основном на недостаточно хорошо обрабатываемых участках садов, виноградников и ягодников, в приствольных кругах деревьев, в рядах плодовых кустарников (сюда относятся лебеда садовая, молочай садовый и др.);

5) сорные растения других угодий — пойменных лугов (лютик едкий, лютик ползучий, синеголовник плоский), степных лугов (чертополох, чернокорень, дурнишник, коровяк, молочай), заболоченных земель (герань болотная, бодяк болотный, чистец болотный, клубникамыш озерный), лесов (вербейник наземный, чесночник лекарственный, вех ядовитый, бородавник обыкновенный).

4. ПРЕДСТАВИТЕЛИ ОТДЕЛЬНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП СОРНО-ПОЛЕВЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА

Однолетние сорные растения

Представителями ранних яровых сорняков являются амброзия полыннолистная и трехраздельная (*Ambrosia artemisifolia*, *A. trifida*), гречишка вьюнковая, или горец вьющийся (*Polygonum convolvulus*), горец птичий, спорыш (*Polygonum aviculare*), горчица полевая (*Sinapis arvensis*), дымянка обыкновенная (*Fumaria officinalis*), конопля сорная (*Cannabis ruderalis*), марь белая (*Chenopodium album*), овсюг, или овес пустой (*Avena fatua*), осот огородный (*Sonchus oleraceus*), паслен черный и колючий (*Solanum nigrum*, *S. rostratum*), плевел опьяняющий (*Lolium tumulentum*), подсолнечник сорный (*Helianthus ruderalis*), редька полевая (*Raphanus raphanistrum*), торица полевая (*Spergula arvensis*) и др. К поздним яровым сорным растениям относятся ежовник,

или куриное просо (*Echinochloa crus-galli*), щетинник, или мышей, зеленый и сизый (*Setaria viridis*, *S. glauca*), щирица запрокинутая и жминдовидная (*Amaranthus retroflexus*, *A. blitoides*), якорцы наземные (*Tribulus terrestris*) и др.

Прорастание семян яровых сорняков происходит с различной глубины. Семена конопли сорной, щирицы запрокинутой, торицы полевой и других мелкосеменных сорняков лучше прорастают с глубины 1—2 см и совсем не прорастают, если находятся на глубине более 5 см. Более крупные семена щетинника зеленого и сизого, плевела опьяняющего, ежовника и других сорных растений могут прорасти с глубины 10—15 см, а семена овсюга — даже с 25 см. В сухой почве семена сорняков сохраняют жизнеспособность более длительное время, чем во влажной. Зная эти особенности свойств семян сорных растений, можно применять такие приемы обработки, которые будут способствовать или препятствовать их всходам.

Среди яровых сорных растений много специализированных, засоряющих только посевы близких по биологии сельскохозяйственных культур. Семена их по свойствам близки к семенам культурных растений, которые они засоряют, и поэтому трудно отделяются от них. Такими специализированными сорняками для яровой пшеницы являются плевел опьяняющий, конопля дикая; для овса — овсюг; для проса — щетинник зеленый и сизый, ежовник; для конопли — конопля сорная и др. В борьбе с такими сорняками первостепенное значение имеет тщательная очистка посевного материала. Создание и применение специальных машин позволили почти полностью освободить, например, посевы зерновых колосовых культур и льна от коколя обыкновенного. Обременительными сорняками из ранних сорных растений являются овсюг, марь белая, редька полевая, горцы, торица, а из поздних — щетинник, ежовник и др.

Марь белая распространена повсеместно на территории нашей страны, семена ее сохраняют свою жизнеспособность в почве до 38 лет. Овсюг распространен также повсеместно, но особенно его много в восточных и юго-восточных районах страны, его семена сохраняют всхожесть до 5 лет. В борьбе с овсюгом важное значение имеют тщательная обработка паровых полей, предпосевная провокация семян на прорастание с последующим уничтожением всходов, посев культур в более поздние сроки, очистка посевного материала, обработка посевов специальными гербицидами.

По биологическим особенностям озимые сорняки — костер ржаной и полевой (*Bromus secalinus*, *B. arvensis*), метлица обыкновенная (*Apera spica-venti*) — это основные сорные растения посевов озимых хлебов, преимущественно озимой ржи. Распространены они в европейской части СССР (особенно в средней полосе), в Сибири, на Дальнем Востоке, а метлица и на Кавказе. Жизнеспособность семян в почве сохраняется от двух лет у костра до четырех у метлицы. Костер ржаной и метлица сильно засоряют рожь на избыточно увлажненных, бедных и плохо обрабатываемых почвах.

Костер полевой менее влаголюбив и чаще встречается в черноземной зоне. Наличие озимых сорняков на полях является показателем низкой культуры земледелия. Для борьбы с озимыми сорняками важное значение имеют мероприятия по устранению избыточного увлажнения почв, очистка семенного материала, весеннее боронование.

Биологические особенности зимующих сорных растений позволяют им успешно произрастать в посевах как озимых, так и яровых культур. К этой группе сорняков относятся василек синий (*Centaurea cyanus*), живокость полевая (*Delphinium consolida*), дескурация Софии (*Descurainia Sophia*), звездчатка средняя (*Stellaria media*), пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa-pastoris*), подмаренник цепкий (*Galium aparine*), ромашка непахучая (*Tripleurospermum inodorum*), ярутка полевая (*Thlaspi arvense*) и др. Пастушья сумка и ярутка полевая обладают большой экологической приспособляемостью к разным условиям, имеют яровые и озимые формы и засоряют посевы яровых и озимых хлебов, пропашные культуры, кормовые травы, произрастают по обочинам полей и дорог. Пастушья сумка распространена повсеместно, кроме районов Крайнего Севера, семена ее сохраняют всхожесть до 35 лет. Ярутка полевая распространена в европейской части СССР, на Кавказе, в Западной Сибири, на Дальнем Востоке, в Средней Азии, ее семена сохраняют всхожесть в почве до 10 лет. Василек синий встречается преимущественно в Нечерноземной зоне РСФСР, а дескурация Софии — повсеместно, ее семена сохраняют всхожесть до 5 лет.

Для уничтожения зимующих сорняков особенно важное значение имеют своевременное лущение жнивья с последующей осенней вспашкой, весеннее боронование озимых и яровых культур. Значительная часть зимующих сорняков может быть уничтожена гербицидами.

Двулетние сорные растения

К двулетним сорным растениям относятся донники лекарственный и белый (*Melilotus officinalis*, *M. albus*), белена черная (*Hyoscyamus niger*), свербига восточная (*Bunias orientalis*), смолевка вильчатая (*Silene dichotoma*), василек раскидистый (*Centaurea diffusa*), дрема белая (*Melandrium album*), морковь дикая (*Daucus carota*) и др. Донник лекарственный засоряет посевы яровых и озимых культур повсеместно, но особенно распространен на Украине, Северном Кавказе, в Сибири и в Центрально-черноземных областях. Находясь в почве, семена его сохраняют жизнеспособность до 33 лет. Белена черная — специализированный сорняк мака, семена ее очень трудно отделять от семян мака. Донник лекарственный и белена черная содержат ядовитые для животных алкалоиды и глюкозиды. Большое количество кумарина, содержащегося в доннике, вызывает болезненные явления у животных и придает молоку неприятный вкус. Поедание животными листьев,

стеблей и особенно семян белены черной вызывает у них тяжелые заболевания. Смолевка вильчатая является специализированным сорняком клевера и люцерны, семена ее трудно отделяются от семян этих культур.

Многолетние сорные растения

Многолетние сорные растения, ежегодно возобновляясь от перезимовавших подземных органов, могут появляться на полях без всякой зависимости от возделываемых сельскохозяйственных культур и засоряют посевы всех культур. Среди них нет специализированных сорных растений.

Стержнекорневые многолетние сорняки размножаются в основном семенами, хотя они и способны размножаться вегетативно. Главный корень у некоторых видов таких сорняков проникает в глубь почвы до 2 м. Подрезанный корень или его отрезки образуют вертикальные корни и дают новые побеги. К стержнекорневым сорным растениям относятся короставник полевой (*Knautia arvensis*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinalis*), полынь горькая и обыкновенная (*Artemisia absinthium*, *A. vulgaris*), цикорий обыкновенный (*Cichorium inthybus*), резеда желтая (*Reseda lutea*), пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare*), щавель кислый (*Rumex acetosa*), подорожник ланцетолистный (*Plantago lanceolata*) и др. Полынь распространена почти повсеместно, одно растение полыни способно дать до двух миллионов семян. Щавель кислый встречается в посевах многолетних трав, на лугах, а подорожник ланцетолистный — в посевах клевера и люцерны. Цикорий распространен в европейской части СССР, на Кавказе, в Сибири, Средней Азии. Семена его сохраняют жизнеспособность до 10 лет, а одно растение способно дать до 100 тыс. семян.

Биологические особенности развития этих сорняков затрудняют их произрастание в условиях ежегодной вспашки. Особое значение в борьбе со стержнекорневыми сорными растениями имеет глубокая зяблевая вспашка, подрезание и удаление розеток сорняков, регулярное подкашивание их на лугах, в посевах трав, на обочине полей и дорог.

К мочковатокорневым сорным растениям относятся лютик едкий (*Ranunculus acris*), подорожник большой (*Plantago major*), частуха обыкновенная (*Alisma plantago-aquatica*) и др. Они размножаются исключительно семенами, лишены специальных органов вегетативного размножения. При подрезании корневой шейки растения не отрастают. Лютик произрастает на увлажненных почвах, на лугах. Подорожник большой встречается в посевах многолетних трав, зерновых, на залежах.

Ползучие сорные растения в качестве органов вегетативного размножения имеют стеблевые побеги, стелющиеся по поверхности почвы. К ним относятся будра плющевидная (*Glechoma hederacea*), лапчатка гусиная (*Potentilla anserina*), лютик ползучий (*Ranunculus repens*) и др. У лютика ползучего и лапчатки стебле-

вые побеги однолетние, а у будры — многолетние. По мере роста стеблевых побегов происходит укоренение их в узлах, где образуются розетки листьев, которые перезимовывают и в следующем году развиваются как самостоятельные растения. Количество стеблевых побегов от одного растения может достигать восьми, а длина каждого побега — до 2 м. Размножение семенами у этих сорняков имеет подчиненное значение. Правильная обработка почвы, лущение жнивьей, зяблевая вспашка позволяют успешно вести борьбу с ползучими сорными растениями.

У клубневых сорных растений на корнях или подземных стеблях образуются утолщения, которые после перезимовки могут дать начало развитию нового растения. Эти сорняки способны размножаться и семенами. Клубневыми сорными растениями являются зопник клубненосный (*Phlomis tuberosa*), клубнекамыш морской (*Bolboschoenus maritimus*), сыть круглая (*Cyperus rotundus*), чина клубненосная (*Lathyrus tuberosus*), чистец болотный (*Stachys palustris*) и др. Чистец болотный встречается на избыточно увлажненных почвах в лесолуговой зоне, сыть круглая — в орошаемых районах Средней Азии и на Кавказе, чина клубненосная распространена в средних и южных районах европейской части СССР, в Средней Азии, Западной Сибири и на Кавказе.

Луковичные сорные растения размножаются семенами, а также луковичками, образующимися в нижней части стебля у основания материнской луковицы. При обработке почвы луковички отделяются от материнского растения и переносятся на новые места. Осенью луковички прорастают, а после перезимовки образуют стебель, несущий соцветие, на котором развиваются семена. К луковичным относятся лук круглый (*Allium rotundum*), лук огородный (*Allium oleraceum*), лук гусиный желтый (*Gagea lutea*), птицемлечник пиренейский (*Ornithogalum pyrenaicum*) и др. Эти сорняки встречаются в посевах бобовых, зерновых культур, на лугах. У лука огородного луковички образуются в соцветии и во время уборки зерновых попадают в зерно. Лук ухудшает качество сельскохозяйственных культур, придавая продукции неприятный вкус и запах.

К группе особо вредоносных многолетних сорных растений относятся корнеотпрысковые и корневищные сорняки. В корневых системах этих растений накапливаются большие количества питательных веществ, определяющие высокую жизнестойкость этих растений. Занесенное в новый район сорное растение, заняв там определенный ареал, формирует специфические экотипы для данной почвенно-климатической зоны.

Борьбу с многолетними сорняками необходимо проводить, учитывая главнейшие особенности их биологии, обуславливающие их высокую жизнестойкость. У корнеотпрысковых сорных растений органами вегетативного размножения служит корневая поросль (корневые отпрыски), появляющаяся из почек главного корня или всей корневой системы. Эта поросль дает начало новым растениям, которые в дальнейшем порывают связь с материнским растением и

образуют новые корневые отпрыски. Постепенно вокруг одного растения появляется много самостоятельных растений, занимающих довольно большое пространство. При дальнейшем размножении отдельные куртины сливаются и образуют большой засоренный массив. Из корнеотпрысковых наиболее распространенными сорными растениями являются бодяк полевой, или осот розовый (*Cirsium arvense*), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*), горчак ползучий, или розовый (*Acroptilon repens*), латук, или молочан, татарский (*Lactuca tatarica*), молочай лозный (*Euphorbia virgata*), осот полевой, или желтый (*Sonchus arvensis*), сурепка обыкновенная (*Barbarea vulgaris*), щавель малый, или воробьиный (*Rumex acetosella*) и др.

Большинство из корнеотпрысковых сорняков обладают высокой семенной плодovitостью: одно растение осота дает до 30 тыс. семян, бодяка — до 40 тыс., щавеля малого — до 10 тыс. семян. Плоды осотов имеют летучки и могут переноситься ветром на большие расстояния. Попавшие в почву семена осота, щавеля и других сорняков прорастают сразу, а у горчака, вьюнка значительно медленнее. Семена горчака прорастают с глубины 15 см, бодяка — с 9, молочая — с 12 см, однако лучше всего они прорастают при залегании на глубине 1—2 см. С глубины более 5 см семена большинства корнеотпрысковых растений не прорастают. Жизнеспособность семян в почве сохраняется у вьюнка полевого до 50 лет, бодяка полевого до 20 лет, у других растений до 5 лет.

Вегетативные органы размножения корнеотпрысковых сорняков размещены в почве на разной глубине, имеют неодинаковую, но в общем высокую способность к отращиванию.

Горчак ползучий — один из самых злостных и трудноискоренимых сорняков. Это теплолюбивое, светолюбивое, солевыносливое и очень засухоустойчивое растение, хорошо растет как на рыхлых, так и на уплотненных почвах. Плохо переносит избыточное увлажнение почв. Распространен в южных и юго-восточных районах европейской части СССР, на Кавказе, в Средней Азии и Казахстане. В увлажненных районах обычно отсутствует, его нет на постоянно хорошо орошаемых полях Средней Азии. Одна из биологических особенностей горчака — способность подземных органов при неблагоприятных условиях переходить в состояние покоя. При сильном иссушении почвы и высокой температуре, когда затухают физиолого-биохимические процессы, рост растений прекращается, надземные органы засыхают, а корни могут в течение пяти суток оставаться жизнеспособными и в благоприятных условиях давать начало новым побегам. Кроме того, при подрезании находящихся в состоянии покоя подземных органов почки возобновления трогаются в рост и дают начало новым побегам. Поэтому интенсивность побегообразования у горчака значительно выше, чем у таких корнеотпрысковых сорняков, как бодяк полевой, вьюнок полевой, латук татарский и осот полевой.

Бодяк полевой, или осот розовый, — очень распространенный, злостный и трудноискоренимый сорняк всех полевых культур и

огородов. Если у подземных отрезков вегетативных органов бодяка даже небольшой длины (2,5—3,0 см) есть почки возобновления, то они образуют самостоятельные корни и побеги. Однако наибольшей регенерационной способностью обладают отрезки длиной 15—20 см, которые лучше всего приживаются весной. Осенью и особенно летом, когда в верхнем слое почвы мало влаги и высокая температура, жизнеспособность корней и корневой поросли понижена. В весенний период лучше всего приживаются отрезки бодяка, расположенные на глубине 5—10 см, а летом и осенью — на глубине 10—15 см. С увеличением глубины залегания подземных вегетативных зачатков, несмотря на высокую влажность почвы, часть их погибает.

Осот полевой, или желтый, — злостный сорняк всех культур — распространен повсеместно. Он более влаголюбив, чем бодяк полевой, поэтому в засушливых условиях юго-востока засорение полей им снижается. Подземные органы, за счет которых происходит вегетативное размножение осота, несколько отличаются от других корнеотпрысковых сорняков. Корни осота очень хрупкие, на одном погонном метре может находиться до 100 придаточных почек. Вегетативное размножение его происходит главным образом за счет утолщенных горизонтальных корней (корней размножения), расположенных на глубине 5—10 см. Подземные органы имеют настолько высокую жизнеспособность, что при благоприятных условиях приживаются отрезки длиной всего 0,5 см. Во влажной почве отрезки длиной 1 см приживаются на 25—30%, длиной 3—5 см — на 90—100%. В сухой почве мелкие отрезки корней приживаются плохо. Повреждение и дробление подземных органов при обработках почвы усиливают побегообразование и развитие молодых корней, что ведет к интенсивному вегетативному размножению сорняка. В связи с тем что осот полевой лучше развивается при хорошей его освещенности и заметно угнетается при затенении, необходимо использовать эту биологическую особенность сорняка в борьбе с ним. На полях, засоренных осотом, следует высевать такие культуры, которые способны затенять и биологически подавлять развитие осота полевого, — озимую рожь, овес, гречиху.

Вьюнок полевой обладает более повышенной засухоустойчивостью, чем осот и бодяк. Отрезки подземных органов вьюнка, образующиеся при обработке почвы, приживаются хуже, чем других корнеотпрысковых сорняков. Однако в условиях достаточного увлажнения, особенно на орошаемых землях, приживаемость отрезков корней даже небольшой длины (всего 3 см) на глубине 20 см довольно высокая, не менее 70%. Образование новых вегетативных органов от отрезков у вьюнка происходит медленнее, чем, например, у бодяка полевого, горчака ползучего. Поэтому основная масса побегов отрастает от почек возобновления на корнях материнского растения, расположенных ниже зоны подрезания.

Молокан (латук) татарский хорошо переносит уплотненные, засоленные, тяжелые по гранулометрическому составу почвы.

В связи с тем что с увеличением глубины залегания корней запасы питательных веществ в них возрастают, борьба с латуком затрудняется и является очень обременительной и трудоемкой. Горизонтальные корни его расположены на глубине 20—50 см. Лучшее всего отрастают отрезки корней с глубины 5—10 см при достаточном содержании в почве влаги. При благоприятных условиях способны к укоренению отрезки длиной не меньше 1,5 см, но при наличии даже одной почки.

Корневищные сорные растения представлены большой группой широко распространенных, трудноискоренимых видов, повсеместно засоряющих посевы сельскохозяйственных культур. Органами вегетативного размножения у них служат подземные стебли — корневища. Важными биологическими признаками каждого растения этой группы сорняков являются продолжительность сохранения жизнеспособности корневищ, способность их образовывать почки и новые побеги. Наиболее распространенными злостными корневищными сорными растениями являются пырей ползучий (*Agropyron repens*), колосняк ветвистый, или острец (*Agropyron ramosum*), мать-и-мачеха обыкновенная (*Tussilago farfara*), свинорой пальчатый (*Cynodon dactilon*), сорго алеппское, или гумай (*Sorghum halepense*), хвощ полевой (*Equisetum arvense*) и др.

Пырей ползучий — корневищное, светолюбивое, малотребовательное к почвенным условиям растение. У него наименьшая глубина залегания корневищ по сравнению с вышеперечисленными сорняками. До 90% корневищ пырея расположены на глубине до 12 см. В зависимости от условий произрастания могут изменяться жизненный ритм и внешний облик подземных и надземных вегетативных органов пырея. На уплотненных и сухих почвах междоузлия корневищ короткие (1—3 см), на рыхлых и увлажненных с хорошей аэрацией — 5—7 см. Чем длиннее междоузлия, тем большим потенциалом жизнеспособности обладают подземные органы, так как пазушные почки лучше снабжаются питательными веществами. Жизнеспособность корневищ пырея сохраняется 12—13 месяцев. С глубины более 25 см отрезки корневищ не отрастают. Наибольшей способностью приживания обладают те части корневищ, которые имеют узлы кущения. Чем меньше длина отрезков корневищ, тем на меньшей глубине почвы они сохраняют жизнеспособность. Почки на мелких отрезках корневищ прорастают полнее и дружнее, чем на крупных или целых. Поэтому размельчение корневищ усиливает побегообразование, что необходимо учитывать для борьбы с пыреем ползучим.

Колосняк ветвистый, или острец, — очень засухоустойчивое и солеустойчивое растение, он может произрастать и на переувлажненных почвах (двухмесячное затопление почв не вызывает каких-нибудь изменений в травостое этого растения). Колосняк ветвистый — единственное злаковое растение, обладающее неопределенным корневищем, горизонтально расположенным в почве на глубине от 10 до 35 см. Корневища нарастают верхушкой, никогда не выходящей на поверхность почвы. Горизонтальные корневища со-

стоят из междоузлий длиной 1—15 см и узлов с 3—5 придаточными корнями и плотно прижатыми редуцированными листьями в виде удлинённых чешуй. Из пазушных почек, расположенных в узлах корневищ, через каждые 1—2 м отходят боковые горизонтальные, а через 10—15 см — вертикальные корневища. Последние выходят на поверхность почвы и образуют надземные побеги. Вертикальные корневища на глубине 8—12 см закладывают боковые ветви, которые в свою очередь ветвятся, образуя целый пучок (иногда до 30) торчащих стеблей. Горизонтальные корневища способствуют подземному распространению колосняка на новые участки, а вертикальные — формированию и образованию этого сорняка на уже «освоенной» им территории. Регенерационная способность колосняка ветвистого настолько велика, что при сильном засорении в пахотном слое почвы общая длина корневищ может достигать 3000 км. Корневища эти довольно прочные и крепкие, что затрудняет обработку засорённых этим сорняком полей. При неблагоприятных условиях произрастания колосняк ветвистый не образует семян. Под покровом озимой ржи, озимой и яровой пшеницы сорняк плохо развивается и не плодоносит. В отличие от корнеотпрысковых сорняков корни колосняка, несмотря на глубокое их проникновение в почву (более 2 м), не способны отращивать. Возобновление колосняка происходит от корневищ, расположенных в основном на глубине 20—25 см.

Мать-и-мачеха — нетребовательное к почвенным условиям, влаголюбивое растение, характерное для лесотаёжной зоны. Корневища ее очень хрупкие. Даже самый маленький отрезок корневища, имеющий хотя бы одну пазушную почку, способен укореняться и воспроизводить новое растение. Для борьбы с мать-и-мачехой используют ее биологические особенности, такие, как плохое развитие в условиях слабого освещения и недостатка влаги в почве.

Свиной пальчатый — очень теплолюбивое, светолюбивое, засухоустойчивое, галофитное растение. Плохо переносит увлажнённые почвы. Основная масса корневищ свиного расположена неглубоко, но, несмотря на это, растёт и развивается летом в иссушённой почве вследствие того, что его корни проникают глубоко в почву и снабжают растение влагой и питательными элементами, что и придает свиному высокую засухоустойчивость. Наиболее жизнеспособными являются те корневища, которые располагаются на глубине до 20 см. Они потенциально наиболее опасны, так как дают начало новым побегам при вегетативном размножении. Верхушка корневища свиного напоминает острый клык и пронизывает в почве даже корни других растений. На сильно уплотнённых почвах подземные вегетативные органы расположены неглубоко, и нередко во второй половине лета часть их выходит на поверхность почвы, образуя надземные побеги, достигающие длины 2 м. Верхушка такого побега слегка приподнимается, затем, загибаясь вниз, снова погружается в почву. На рыхлых почвах корневища свиного могут проникать в почву на глубину

60 см. Жизнеспособность корневища свинороя сохраняют несколько лет, однако наиболее активно они прорастают в 2- и 3-летнем возрасте.

Сорго алеппское, или гумай, — глубококорневищное, влаголюбивое, теплолюбивое, требовательное к почвенным условиям сорное растение. На сухих и уплотненных, солонцеватых и солончаковых почвах оно растет плохо, а на солонцах и солончаках вообще не встречается. По засухоустойчивости гумай уступает свинорою. Развивая мощные надземные и особенно подземные органы, гумай способен заглушать даже посевы подсолнечника, чайные плантации, виноградники. Поражаясь ржавчиной, пыльной головней, а также болезнями бактериального происхождения, особенно в увлажненные годы, гумай способствует поражению ими культурных растений. На корневищах гумая обитают проволочники, личинки майского жука. У сорняка одновременно развиваются горизонтальные (на глубине 5—10 см) и вертикальные (на глубине 20—40 см) корневища. И те и другие нередко выходят на поверхность почвы и дают начало новым растениям. При расположении глубже 30 см отрезки горизонтальных и вертикальных корневищ не отрастают. Подземные органы гумая чувствительны к зимним морозам и при температуре ниже 15°С вымерзают, особенно те, которые расположены на глубине до 10 см. В жаркую и сухую погоду на солнце корневища гумая погибают в течение пяти дней.

Хвощ полевой — спороносное корневищное сорное растение, произрастающее на увлажненных местах и на кислых почвах. Может размножаться спорами, но в основном размножение его происходит вегетативным способом. Корневища хвоща бывают горизонтальные и вертикальные, из которых образуются спороносные побеги. В узлах корневищ образуются утолщения в виде клубеньков, которые отделяются от корневищ и дают новые побеги. Отрезки корневищ даже длиной всего 1 см способны давать начало развитию новых растений. Жизнеспособность корневищ высокая, отрезки могут отрастать и при залегании их глубже 30 см. Споросные побеги хвоща дают огромное количество спор, которые легко разносятся ветром и, попадая в почву, прорастают. Хвощ засоряет посевы всех культур в таежно-лесной зоне, но особенно приносит большой вред посевам многолетних трав.

В борьбе с корнеотпрысковыми и корневищными сорными растениями используют приемы, предупреждающие засорение полей, а также направленные на уничтожение вегетативных органов размножения, применяя различные агротехнические и химические средства борьбы с ними.

Паразитные и полупаразитные сорные растения

Наиболее распространенными стеблевыми паразитными растениями являются повилики (*Cuscuta sp. sp.*). Это однолетние растения, размножающиеся семенами. Вместо листьев на стеблях

повилик имеются чешуйки. При прорастании семени один нижний булавовидной формы конец нитевидного проростка углубляется в почву, а другой, удлиняясь, поднимается вверх и делает кругообразные движения в поисках растения-хозяина. Коснувшись растения, он делает два-три плотных витка вокруг стебля и внедряется в него присосками — гаусториями. После этого связь повилики с почвой теряется. Проросток повилики достигает нескольких сантиметров в длину и живет за счет запасов семени до 14 дней. Если за этот период времени он не укоренится на растении-хозяине, то он погибает.

Широко распространены повилка клеверная (*C. trifolii*), льняная (*C. epilinum*), полевая (*C. campestris*). Повилка клеверная поражает клевер, люцерну, лен, картофель и другие растения. Семена ее прорастают с глубины не более 4 см при температуре 18°С и сохраняют всхожесть в почве до 5 лет. Повилка льняная — специализированный сорняк льна и распространена в льносеющих районах. Она также поражает коноплю, клевер, люцерну и многие другие растения. Семена сохраняют всхожесть до 13 лет. Повилка полевая распространена в южных, юго-западных и западных районах СССР. Паразитирует на доннике, клевере, люцерне, чечевице, моркови, арбузах и на многих сорных растениях.

Корневые паразитные растения — заразики — представляют собой однолетние растения без зеленых листьев. Семена заразики мелкие, легко разносятся ветром, попадая в почву, могут сохранять всхожесть до 5 лет. Корневые выделения растения-хозяина способствуют прорастанию семян заразики. Росток паразита проникает внутрь корня растения-хозяина, образует там присосок, а над ним снаружи корня образуется утолщение. Из верхней части утолщения вырастает бесцветный мясистый стебель — цветонос, а из нижней выходят придаточные корешки. При сильном засорении и размножении развиваются до 50 и более цветоносов на корнях одного растения-хозяина. Пораженные культурные растения плохо развиваются, дают низкий урожай или погибают еще до своего плодоношения. В нашей стране наиболее распространены заразики подсолнечная (*Orobanchе cumana*), заразики ветвистая (*O. ramosa*), заразики капустная (*O. brassicae*). Заразики подсолнечная паразитирует главным образом на подсолнечнике, являясь его злостным сорняком, а также на томатах, табаке, конопле и на некоторых сорных растениях. По физиологическим особенностям у заразики различают расу А и расу Б. Последняя особенно сильно поражает посевы подсолнечника в западных районах. Одно растение заразики подсолнечной дает до 100 тыс. семян, которые могут сохранять всхожесть в почве до 8 лет. Заразики ветвистая поражает коноплю, табак, капусту, бахчевые и другие виды культурных растений и растения естественных фитоценозов. Одно растение может дать до 150 тыс. семян. Заразики капустная поражает капусту, режу томаты и бахчевые культуры. Встречается на юге европейской части СССР.

Полупаразитные сорные растения являются также однолетни-

ми. Они засоряют посевы и луга. Среди них, так же как и среди паразитных, имеются корневые и стеблевые. К корневым полупаразитным растениям относятся погребок большой (*Rhinanthus major*), очанка короткая (*Euphrasia curta*), зубчатка поздняя (*Odontites serotina*), марьяник полевой (*Melampyrum arvense*); к стеблевым — омела белая (*Viscum album*), ремнецветник европейский (*Loranthus europaeus*) и др. Погребок большой засоряет посевы озимой ржи, присасываясь к корням последней. Если после шести недель после всходов погребков не присосется к растению-хозяину, он погибает. Семена его сохраняют всхожесть в течение года. Зубчатка поздняя распространена повсеместно, развивается во второй половине лета, паразитирует на корнях ржи, в степных районах появляется на стерне и на залежах.

Для успешной борьбы с сорными растениями должен использоваться комплекс предупредительных физических, механических, химических и биологических мер борьбы, базирующихся на знании биологии сорных растений, их особенностей, характера засоренности сельскохозяйственных угодий по видовому и количественному составу сорных растений. Главными составными частями этой системы мероприятий являются предупреждение нового заноса семян и вегетативных органов сорных растений на поля (предупредительные мероприятия), уничтожение в почве жизнеспособных семян и органов размножения (очистка почвы от семян, корней и корневищ), подавление и уничтожение вегетирующих сорных растений.

5. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ ЗАСОРЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

Предупредить занесение и распространение сорных растений на сельскохозяйственные угодья значительно легче, чем бороться с сорняками после массового их появления на полях. Семена сорных растений переносятся на поля ветром и водой с пустырей, межей, канав и других участков. Источником засорения могут быть навоз, птичий помет, а также посевной материал культурных растений (при осеменении сорных растений непосредственно в поле). Корни и корневища сорных растений могут переноситься с одних мест на другие почвообрабатывающими орудиями.

Сорные растения имеют разнообразное приспособление, при помощи которых их плоды и семена могут распространяться. Некоторые сорные растения имеют летучки, благодаря которым созревшие плоды даже при небольшом ветре отделяются и переносятся на большие расстояния. Сорняки с шарообразной формой куста в период созревания легко отрываются от почвы и переносятся ветром по полю, и в это время семена их осыпаются и рассеиваются (такие растения получили название «перекати-поле», к ним относятся такие сорные растения, как щирца белая, рогач песчаный, солянка русская). Семена ряда сорняков имеют различные прицепки, которые, попадая в шерсть животных, на одежду

человека, перья птиц, транспортные средства и тару, переносятся с ними в другие места. Многие семена сорняков вместе с почвой прилипают к колесам транспорта, рабочим органам сельскохозяйственных машин, к ногам животных и таким образом также могут распространяться.

Перенос плодов и семян сорных растений с талыми, ливневыми и поливными водами предупреждается такими мероприятиями, как предотвращение поверхностного стока вод; оборудование постоянных оросителей устройствами, задерживающими семена и плоды сорняков при выходе воды во временные оросители; устройство отстойников; уничтожение сорняков по берегам каналов, оросительной системы.

Часто сорняки в значительных количествах произрастают на обочинах дорог, по краям полей, откуда семена (плоды) попадают в посевы культурных растений. Для уничтожения очагов размножения сорняков, эти места систематически обкашиваются, иногда обрабатываются гербицидами. Высокостебельные сорные растения подкашиваются в посевах культур.

Плоды и семена многих сорняков при созревании сильно осыпаются и при обработке почвы перемешиваются с пахотным слоем. Чем позднее проводится уборка сельскохозяйственных культур, тем больше осыпается семян сорных растений. Поэтому в снижении потенциальной засоренности почвы и урожая возделываемых культур существенную роль играют своевременная и высококачественная уборка урожая, снабжение уборочных машин устройствами для сбора семян сорняков. По окончании работ на засоренных полях ходовые части машин, тракторов, почвообрабатывающие орудия должны быть тщательно очищены от налипшей земли, приставших семян, корней и корневищ сорных растений.

Плоды и семена специализированных сорняков созревают обычно одновременно с засоряемыми культурами и попадают в урожай при уборке последних. По размерам и форме они настолько близки к семенам культурных растений, что при недостаточно тщательной очистке семена таких сорняков остаются в посевном материале и вместе с ним попадают в почву. В зависимости от физических свойств семян культурных растений и содержащихся в них семян сорняков подбирают очистительные машины, способные разделять эти семена. Свойство парусности плодов сорняков используют для их отделения от семян культурных растений в струе воздуха. Семена, различающиеся по длине, разделяют на вращающихся цилиндрических ячеистых поверхностях, по толщине и ширине — на продольных круглых решетках. Плоды и семена с шероховатой поверхностью или прицепками отделяют на горках. В современных сложных зерноочистительных машинах имеются устройства для разделения плодов и семян по большинству из этих признаков. Для посева используется очищенный от семян сорных растений посевной материал, соответствующий установленным государственным стандартным нормам.

Значительное количество семян сорняков имеет прочные обо-

лочки, что способствует сохранению их жизнеспособности при прохождении через пищеварительные органы животных и птиц. Попадаемые вместе с засоренными кормами (силосом, соломой, зерновыми отходами и др.) такие семена вместе с навозом и птичьим пометом попадают в почву. Чтобы предупредить попадание семян сорных растений в навоз и птичий помет, засоренные корма перед их скармливанием животным и птицам необходимо соответствующим образом обработать — зерновые отходы размалывать, грубые корма запаривать. При такой подготовке кормов семена большинства сорняков теряют свою жизнеспособность. Однако мелкие семена заразики, мелколепестника канадского и некоторых других сорняков не теряют всхожести и после размола зерновых отходов. Необходимым условием предупреждения попадания семян сорняков с навозом и птичьим пометом на поля является внесение последних в перепревшем состоянии, но ни в коем случае не в свежем. Однако и в этом случае часть семян и плодов некоторых сорных растений может сохранять жизнеспособность. Чтобы их лишить всхожести, за рубежом, например в Швеции, при укладывании на хранение навоз смешивают с цианамидом кальция, который вызывает гибель семян сорняков и в то же время служит минеральным удобрением для возделываемых растений (при таком компостировании на 1 м³ навоза добавляется 6 кг удобрения и смесь хранят в течение нескольких месяцев).

Некоторые предупредительные мероприятия проводятся в государственном масштабе. К ним относится противосорняковый карантин, имеющий задачу не допустить завоз в нашу страну из других стран семян сорняков, которых нет у нас (внешний карантин), или предупредить распространение опасных сорняков из одних районов в другие (внутренний карантин).

После открытия Америки и наладившегося торгового обмена в Европу и в Россию, в частности, было завезено много новых видов культурных растений, а вместе с ними и сорных, таких, как амброзия полыннолистная, амброзия трехраздельная, амброзия многолетняя, мелколепестник канадский, ромашка душистая, щирица белая, якорцы наземные и др. Следует отметить, что и в Америку попали сорняки, ранее там не произраставшие (горчак розовый, плевел опьяняющий, подорожник, донник, гумай, осот полевой, звездчатка средняя и др.). Распространению сорных растений из одних регионов в других способствовали и проходившие войны. Так, во время Великой Отечественной войны США поставляли нашей стране зерно. Анализ образцов семян в 458 пробах показал, что в 259 были обнаружены семена различных сорняков, в том числе отсутствующих в СССР в 117 пробах, а в 96 образцах были семена карантинных сорняков (Котт, 1953).

В настоящее время к группе сорняков внешнего карантина отнесены амброзия приморская, бузинник пазушный, паслен линейнолистный, паслен калифорнийский, все виды стриг. В группу сорняков внутреннего карантина относятся амброзия полыннолистная, амброзия трехраздельная, амброзия многолетняя, горчак пол-

зучий, паслен колючий, паслен каролинский, паслен трехцветковый, якорцы наземные и все виды повилики. Список карантинных сорняков периодически пересматривается, и в него вносятся соответствующие изменения.

Для предупреждения распространения карантинных сорных растений в другие районы, на другие поля проводят следующие мероприятия. Поля, где встречены карантинные сорняки, не отводят под семенные посевы сельскохозяйственных культур. Семенной материал не допускают к высеву без свидетельства Государственной семенной инспекции по качеству семян. Хранение и очистку семенного и посадочного материала, засоренного семенами карантинных сорняков, проводят в отдельных помещениях, его запрещено вывозить в другие хозяйства или районы. Отходы от очистки этого материала используют в этом же хозяйстве только в размолотом или запаренном виде, а малоценные, непригодные для кормовых целей — сжигают. Помимо этого предусмотрен ряд других мероприятий по уничтожению и предупреждению распространения карантинных сорняков. Карантин снимают, когда на полях полностью ликвидированы карантинные сорняки, что устанавливается тщательным обследованием полей в течение не менее двух лет.

Предупредительные мероприятия окажутся эффективными лишь при условии, что они проводятся повсеместно, систематически, грамотно и в сочетании с комплексом механических, химических и биологических методов борьбы с сорняками, направленных на ликвидацию произрастающих сорных растений на полях, их семенных и вегетативных органов размножения. Для успешного проведения этих мероприятий необходимо иметь сведения о степени засорения полей сорняками, их видовом и численном составе.

6. ОЦЕНКА ЗАСОРЕННОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ И ВРЕДОНОСНОСТИ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ

Для планирования и осуществления системы мероприятий по борьбе с сорной растительностью проводят учет засоренности сельскохозяйственных угодий. Отрицательное влияние сорняков на посевы, как правило, проявляется в неодинаковой степени в различные периоды развития культурных растений. В связи с этим выделяют критический период вредоносности сорных растений как период развития культурных растений, в течение которого они наиболее чувствительны к конкуренции сорняков. Это определяется видом возделываемой культуры, видовым составом сорняков, экологическими условиями их развития, в первую очередь почвенно-климатическими, обеспеченностью влагой и другими факторами жизни растений. Зная эти критические периоды, можно своевременно проводить мероприятия по борьбе с сорняками или повышать конкурентоспособность культурных растений путем изменения сроков сева или посадки культур, регулируя нормы высева семян,

изменяя экологические условия произрастания растений, например известкуя кислые почвы, осушая или, наоборот, обводняя поля.

Помимо критического периода вредоносности сорняков в целях определения экономической целесообразности проведения мероприятий по борьбе с сорняками различают следующие пороги вредоносности сорных растений:

1) фитоценотический, при котором сорные растения практически не оказывают отрицательного влияния на развитие культурных растений и не снижают урожай культурных растений;

2) хозяйственный, при котором снижается урожай сельскохозяйственных культур, однако при этом затраты на борьбу с сорняками не компенсируются дополнительным урожаем культур, т. е. не дают экономического эффекта;

3) экономический, при котором затраты по уничтожению сорных растений полностью окупаются дополнительной прибавкой урожая и мероприятиями, проводимые по борьбе с сорняками, являются рентабельными.

На практике трудно провести границу между этими порогами, уровнями вредоносности сорных растений по многим причинам. Как правило, такая оценка проводится по материалам оперативного обследования засоренности полей и без учета опасности обсеменения сорняков, с которыми не проводится борьба при фитоценотическом и хозяйственном уровнях вредоносности, что может приводить к снижению урожайности второй и последующих возделываемых культур. Это обуславливает некоторое уменьшение рассчитанных уровней вредоносности сорняков и целесообразности борьбы с ними. Для установления уровней вредоносности сорных растений требуются специальные наблюдения, проведение опытов и соответствующих расчетов, что пока затрудняет внедрение такой оценки в широкое производство.

Учет засоренности сельскохозяйственных угодий осуществляют путем оперативного и сплошного обследования полей. Оперативное обследование засоренности проводится визуально перед началом работ по борьбе с сорняками в определенные фазы развития культурных растений. Для риса и яровых зерновых культур это фаза начала кущения, для озимых зерновых — конец их осенней вегетации и весной после их отрастания, для льна-долгунца — фаза «елочки», для кукурузы — фаза 2—3 листьев (при применении гербицидов после всходов), для пропашных культур — перед началом междурядной обработки, для чистых паров и необрабатываемых земель — при массовом появлении на них сорняков.

По результатам оперативного обследования уточняются видовой состав сорняков, площади, которые они занимают, способы обработки полей, применение гербицидов, их нормы. Так, в качестве ориентировочной придержки обработке гербицидами подлежат поля, обследование которых показало, что на 1 м² встречается один многолетний сорняк или больше (т. е. на 1 га произрастает более 10 000 многолетних сорняков) или же они произрастают в посевах куртинами; малолетних высокостебельных на

1 м² встречается шесть и более, а малолетних низкостебельных, расположенных в нижнем ярусе травостоя, — 16 и более. При наличии в посевах карантинных сорняков такие поля подлежат обработке независимо от количества встречаемости этих сорняков.

Для получения полной информации о засоренности сельскохозяйственных угодий проводится сплошное обследование полей (посевов каждой культуры), сенокосов, пастбищ, многолетних насаждений в сроки массового появления основных видов сорняков. Эти сроки, как правило, уточняются станциями защиты растений в зависимости от конкретных местных условий. Учет засоренности угодий в этом случае проводится количественным методом.

В одном из таких методов за единицу обследуемого участка принимается квадратная учетная площадка (0,25 м²) для культур сплошного сева и прямоугольная площадка (1 м²) для пропашных культур. Количество закладываемых учетных площадок определяется площадью и характером сельскохозяйственного угодья. В последнее время рекомендуется все поля обследовать учетными площадками 0,25 м². Их закладывают по наибольшей диагонали через равные промежутки. На полях площадью меньше 50 га закладывают 10 учетных площадок, от 50 до 100 га — 15, а на полях больше 100 га — 20 площадок. На каждой площадке учитывают число сорных растений каждого вида. Кроме того, обязательно учитывают карантинные сорняки, даже не попавшие в учетные площадки.

На основании обработки данных по обследованию сельскохозяйственных угодий производится выделение отдельных участков по степени засоренности в зависимости от численности сорняков, приходящихся на один квадратный метр: до 5, 5—15, 15—50, 50—100 и более 100, а в сводной ведомости приводятся все встретившиеся виды сорных растений с присвоенным каждому из них четырехзначным кодом в соответствии с «Отраслевым классификатором сорных растений» (1984). Например, код осота полевого 5460, пырея ползучего — 2358, лютика едкого — 5240, горчака ползучего — 6520. В классификатор включено более 400 видов сорных растений. По результатам обследования засоренности сельскохозяйственных угодий и систематизации сорных растений (табл. 27) полученные данные используются для создания информационного банка, что позволяет более рационально разрабатывать мероприятия по борьбе с сорняками и рассчитывать с помощью ЭВМ оптимальные потребности в химических средствах борьбы с сорняками и рациональное распределение этих средств по хозяйствам и отдельным угодьям. Результаты первичного учета засоренности сельскохозяйственных угодий сохраняют не менее десяти лет. Они служат источником информации о динамике засоренности полей во времени с учетом мер борьбы, внесения удобрений и других мероприятий. По результатам обследования засоренности полей составляют карту засоренности сельскохозяйственных угодий, на которой отражаются условными знаками, штриховкой или цветом сорные растения, объединенные по биологическим группам

Классификация сорных растений

Группы	Однодольные			Двудольные				Споровые (папоротники и хвощи) 8000
	Малолетние	Многолетние	Карантинные	Малолетние	Многолетние	Карантинные	Кустарники и полукустарники 7000	
	1000	2000	3000	4000	5000	6000		
Подгруппы	Однолетние ранние яровые 1100	Луковичные	Однолетние	Эфемеры и однолетние ранние яровые 4100	Клубневые	Однолетние ранние яровые 6100	Кустарники и полукустарники 7100	Однолетние 8100
	Однолетние поздние яровые 1200	Кисте- и мочковатые корневые 2200	Многолетние	Однолетние поздние яровые 4200	Мочковатые кистекорневые	Однолетние поздние яровые 6200	Кустарники-паразиты 7200	Многолетние корневищные 8200
	Однолетние зимующие 1300	Корневищные		Однолетние зимующие 4300	Корневищные	Однолетние зимующие 6300		Многолетние водные папоротники 8300
	Однолетние озимые 1400	Корнеостержневые 2400		Однолетние озимые 4400	Корнеотпрысковые 5400	Многолетние корневищные 6400		
		С надземными побегами 2500		Двулетние 4500	Корнеостержневые 5500	Многолетние корнеотпрысковые 6500		
				Полупаразиты 4600	С надземными побегами 5600	Полупаразиты 6600		
				Паразиты 4700		Паразиты 6700		

(например, малолетние однодольные, малолетние двудольные, корнеотпрысковые, корневищные, иногда ползучие, стержнекорневые и другие группы). На полях, засоренных карантинными сорными растениями, ставится красный крест, а ядовитыми — синий. Карты засоренности сельскохозяйственных угодий также позволяют более эффективно использовать результаты обследования засоренности для разработки и применения мер борьбы с сорными растениями. К таким мерам относятся механические, физические, химические, биологические способы уничтожения вегетирующих сорных растений, семян сорняков, их корней и корневищ, а также различное сочетание этих способов.

7. МЕХАНИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ МЕРЫ БОРЬБЫ С СОРНЫМИ РАСТЕНИЯМИ

Подготовка почвы для посева или посадки сельскохозяйственных культур, уход за ними во время вегетации наряду с созданием лучших условий для их произрастания способствуют уничтожению вегетирующих сорных растений. Многие приемы обработки почв направлены специально для борьбы с сорняками: это лишение всхожести семян сорных растений, находящихся в почве, уничтожение вегетативных органов размножения и растущих сорных растений в посевах сельскохозяйственных культур. Однако дополнительное воздействие машин и агрегатов на почву вызывает ее уплотнение, дезагрегацию.

Для очищения почвы от жизнеспособных семян сорных растений применяются метод глубокой заделки этих семян в почву и метод провокации. При глубокой заделке или семена совсем не прорастают, или же их проростки гибнут, не достигая поверхности почвы, вследствие полного использования имеющихся в семени питательных веществ. Значительная часть семян сорняков при глубокой их заделке теряет жизнеспособность через 4—5 лет, семена ряда специализированных сорняков, например куколя обыкновенного, плевела опьяняющего, — через 1—2 года. Поэтому глубокая отвальная вспашка плугом с предплужником на глубину 30—35 см 1 раз в 4—5 лет способствует тому, что при сильном обсеменении поверхности почвы верхний ее слой укладывается на дно борозды на глубину вспашки, где семена сорняков теряют жизнеспособность. Семена сорняков с более продолжительным периодом покоя запахивают на более длительный срок, на 9—10 лет. Таким образом можно лишить семена сорняков жизнеспособности или по крайней мере предупредить появление их всходов в течение ближайших лет до следующей обработки почвы на ту же глубину.

Метод провокации всхожести семян сорных растений заключается в том, что создаются благоприятные условия для прорастания семян (в определенные периоды, когда поля бывают свободными от посевов сельскохозяйственных культур), а после массового появления всходов сорняков их уничтожают при специальной обра-

ботке почвы. Если поле длительное время свободно от посевов культур, то метод провокации может быть применен несколько раз, например при обработке чистых паров. Эффективность мероприятий по снижению всхожести семян сорных растений намного возрастает при сочетании методов провокации и разноглубинной обработки почвы.

Борьба с жизнеспособными вегетативными органами размножения сорняков заключается в механическом их удалении с последующим уничтожением, в использовании метода истощения питательными веществами корневой поросли и корневищ и метода удушения появляющихся всходов сорняков. Механическое удаление из пахотного слоя почвы корневищ с большой прочностью на разрыв производится бородами, штанговыми или пружинными культиваторами путем неоднократного прохода их вдоль и поперек поля. Извлеченные корневища подвергаются высушиванию на солнце, что особенно эффективно в южных районах в условиях жаркой и сухой погоды (таким образом, например, борются с корневищами свинороя пальчатого), или вымораживанию в условиях малоснежной и морозной зимы. Корневища также могут быть убраны с поля и сожжены. Метод механического удаления корневищ сорных растений весьма трудоемок, требует значительных затрат на обработку почвы, к тому же в результате этого почва теряет агрономически ценную структуру, распыляется. Поэтому данный метод не получил широкого распространения в практике земледелия.

Метод истощения используют для борьбы с корнеотпрысковыми и корневищными сорняками с глубоким залеганием корневой поросли и корневищ. Истощение корневой системы и корневищ сорняков производится систематическим подрезанием появляющихся побегов. При этом запасы питательных веществ в корневой системе и в корневищах расходуются на образование новых побегов, и надземные вегетативные органы не развиваются. Когда запасы питательных веществ будут полностью исчерпаны, корневая система и корневища отмирают. Для окончательного уничтожения частично оставшихся, но ослабленных корневых систем и корневищ на таких засоренных полях высевают озимые или пропашные культуры. Первые сильно затеняют ослабленные всходы сорных растений, что способствует их гибели, а междрядные обработки пропашных культур уничтожают появляющиеся всходы сорняков.

Способ удушения применяется для уничтожения корневищных и корнеотпрысковых сорных растений, у которых вегетативные органы размножения находятся в основном в пахотном слое почвы. Метод удушения теоретически был разработан и предложен В. Р. Вильямсом для борьбы с пыреем ползучим. Прорастание корневищ пырея уменьшается с увеличением глубины их залегания и почти полностью прекращается при заделке их глубже 20 см. Чем мельче отрезки корневища, тем быстрее расходуются содержащиеся в них питательные вещества при побегообразовании и тем хуже они отрастают в последующем. Метод удушения используется в системе зяблевой обработки почвы или при осенней обработке

черного пара. При этом вначале проводится перекрестное дискование поля на глубину 10—12 см, во время которого корневища и корневые отпрыски разрезаются на отрезки длиной 10—20 см. Эти отрезки дают дружные всходы через 10—12 дней. При их появлении проводят глубокую вспашку плугом с предплужником, который укладывает верхний слой почвы с появившимися всходами на дно борозды. Заделанные в почву отрезки вегетативных органов размножения вторично прорастают, однако проростки, не достигая поверхности почвы, погибают. Способ удушения дает положительные результаты борьбы с корневищными и корнеотпрысковыми сорняками только при своевременном и качественном проведении всех операций и достаточно глубокой заделке проростков сорняков.

С момента посева или посадки сельскохозяйственных культур и до уборки урожая проводится уничтожение сорных растений в посевах. В числе механических приемов борьбы с сорняками важное значение имеет послепосевное боронование, которое может проводиться как до, так и после появления всходов. Основные требования при проведении боронования сводятся к тому, чтобы своевременно уничтожить проростки и всходы сорняков без повреждения культурных растений. Боронование зерновых культур проводится поперек рядков посева при физической спелости почвы на малой скорости прохода трактора. Довсходовое боронование зерновых культур проводят через 3—4 дня после посева и после всходов — при разворачивании третьего и четвертого листьев, чтобы слабоукоренившиеся проростки не были вырваны бороной или засыпаны землей. Своевременное весеннее боронование озимых культур позволяет существенно очистить посевы от сорняков. По данным многих наблюдений, боронование почвы до и после всходов позволяет снизить засоренность посевов зерновых культур более чем в 3 раза и повысить их урожайность на 20—25%.

Боронование посевов или посадок пропашных культур очень эффективно. При правильном и своевременном его проведении уничтожаются 80—90% всходов сорняков. Довсходовое боронование посевов кукурузы и картофеля уничтожает проростки сорняков в фазе «белой ниточки». Особая осторожность требуется при бороновании посевов подсолнечника, сахарной свеклы и других культур, семена которых заделываются неглубоко, а также картофеля, в этих посевах применяют легкие зубовые и сетчатые бороны.

Междурядная обработка пропашных культур является эффективным приемом уничтожения сорных растений, особенно если она сопровождается прополкой сорняков в рядках и гнездах. Такую обработку необходимо проводить своевременно при появлении всходов сорняков, чтобы не дать им укорениться, и обычно ее совмещают с другими приемами — окучиванием картофеля, внесением удобрений и др.

К физическим методам борьбы с сорными растениями относятся огневой способ, затопление полей, мульчирование поверхности

почвы. Во всех этих случаях изменяются физические условия среды обитания сорных растений. Огневой способ применяется для уничтожения повилики. Особенно он эффективен на полях, где возделываются орошаемые культуры. При нагревании до 70° сорняки погибают в течение 1 с. Использование огневого культиватора позволяет уничтожить 90—100% карантинного сорняка — повилики, а также бороться с другими сорными растениями. Горчак ползучий не выдерживает анаэробных условий, и двухмесячное затопление полей вызывает его гибель. Именно поэтому он, например, не встречается в посевах риса. При возделывании овощных и ягодных культур для борьбы с сорняками затевают поверхность почвы темной бумагой, пленкой и другими материалами, в результате чего семена многих сорных растений не всходят, а проросшие в дальнейшем не развиваются и погибают.

За рубежом для подавления жизнеспособности семян сорняков в почве применяется энергия сверхвысокой частоты электромагнитного поля. Энергия электромагнитных волн поглощается семенами сорняков, находящимися в почве или на ее поверхности, и переходит в тепловую, которая и вызывает гибель этих семян. Сухие семена менее чувствительны к воздействию энергии сверхвысокой частоты, чем набухшие и наклюнувшиеся.

8. ХИМИЧЕСКИЕ МЕРЫ БОРЬБЫ С СОРНЫМИ РАСТЕНИЯМИ

Борьба с сорными растениями механическими способами не всегда бывает достаточно эффективной. Это обусловлено рядом причин. Существующими почвообрабатывающими орудиями невозможно уничтожить сорняки в рядках и вокруг культурных растений, их невозможно практически применять для борьбы со злостными и многолетними сорняками при узкорядных посевах зерновых, технических и кормовых культур. Поэтому в этих и некоторых других случаях применяют химические средства борьбы с сорными растениями.

Химические вещества, используемые для уничтожения различных организмов, называются пестицидами (в последнее время к ним причисляют также регуляторы роста растений и некоторые другие вещества).

В настоящее время выпускается большое количество химических соединений, предназначенных для борьбы с сорными растениями. Для уничтожения сорных растений применяют гербициды (лат. «герба» — трава и «цидо» — убивать). Другими химическими средствами специального назначения являются: арборициды — вещества, используемые для уничтожения нежелательной древесной и кустарниковой растительности; альгициды — препараты, применяемые для борьбы с водными сорными растениями (водорослями); десиканты — препараты, применяемые для послеуборочного подсушивания растений (в качестве десикантов могут быть использованы некоторые гербициды, если они безопасны для возде-

ываемой культуры и не накапливаются в получаемой продукции); дефолианты — препараты, применяемые для предуборочного подсушивания листьев в целях создания условий для механизации уборочных и послеуборочных работ, а также для удаления листьев перед пересадкой плодовых и других деревьев; ретарданты — вещества, вызывающие замедление роста растений в высоту, но не нарушающие нормальных сроков их созревания.

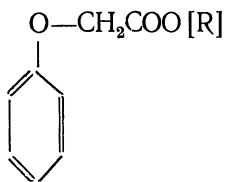
Началом широкого применения гербицидов в практике земледелия послужил полученный в 1941 г. синтетический стимулятор роста растений 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота (препарат 2,4-Д), применение которого в незначительных количествах стимулировало рост растений, а в дозах 0,01% и выше вызывало гибель многих двудольных растений, не повреждая при этом однодольные. В дальнейшем гербициды нашли большое применение в связи с тем, что они имели сравнительно низкую стоимость, высокую избирательную фитотоксичность по отношению к растениям, высокую окупаемость. Простота внесения гербицидов сокращает затраты труда на ручную прополку и механические меры борьбы с сорняками. Применение гербицидов позволяет снизить засоренность посевов в некоторых случаях на 95% и получать за счет этого дополнительную продукцию.

Классификация гербицидов

В борьбе с сорными растениями в настоящее время в земледелии разрешено применение более 120 наименований химических препаратов. Ассортимент имеющихся гербицидов постоянно улучшается и увеличивается за счет создания высокоселективных по отношению к сорным растениям и в то же время не влияющих на рост и развитие культурных растений, не накапливающихся в сельскохозяйственной продукции и не загрязняющих окружающую среду. Для систематизации и эффективного использования гербицидов, принадлежащих к различным классам химических соединений, их классифицируют по различным признакам и свойствам.

По химическому составу гербициды делят на органические и неорганические. Из неорганических гербицидов в земледелии используются хлорат магния и цианамид кальция. Большинство же из применяемых гербицидов является органическими соединениями, среди которых широкое распространение получили следующие.

1. Производные арилооксиуксусной кислоты. Общее строение этих гербицидов может быть представлено структурной формулой



В гербициде 2,4-Д (2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота) водород в положениях 2 и 4 ароматического кольца замещен на хлор-ион, а R представлен водородом. Более сильную гербицидную активность проявляют соли и эфиры дихлорфеноксиуксусной кислоты. В натриевой соли 2,4-Д радикалом является натрий, в бутиловом эфире 2,4-Д — C_4H_9 и в октиловом эфире 2,4-Д — C_8H_{17} .

В гербициде 2М-4Х (2-метил-4-хлорфеноксиуксусная кислота) водород во втором положении ароматического кольца замещен на метильную группу CH_3 , а в четвертом положении — на хлор-ион, R представлен водородом. В натриевых и калиевых солях 2М-4Х R соответственно является натрий и калий.

2. Производные арилооксипропионовой кислоты 2М-4ХП (2-метил-4-хлорфеноксипропионовая кислота) и арилооксимасляной кислоты — 2,4-ДМ, 2М-4ХМ. Эти гербициды применяются, как правило, в посевах для уничтожения сорняков, устойчивых к гербицидам 2,4-Д и 2М-4Х.

3. Производные замещенных фенола — ДНОК (2,4-динитроортокрезол) и нитрафен.

4. Производные алифатических карбоновых кислот — ТХА натрия (трихлорацетат натрия), далапон (действующее вещество α, α — дихлорпропионовая кислота).

5. Производные амидов и нитрилов алифатических карбоновых кислот — пропанид, рамрод, актрил АС, солан.

6. Производные бензойной кислоты — амибен, банвел-Д, полидим.

7. Производные мочевины — ДХМ (дихлоральмочевина), диурон, линурон, арезин (монолинурон), которан, дозанекс, глин.

8. Производные симметричных триазинов — симазин, атразин, прометрин, пропазин.

9. Производные карбаминовой и тиокарбаминовой кислот — хлор-ИФК, бетанал, карбин, триаллат, эптан, тиллам, ялан (ордрам).

10. Производные ароматических аминов — трефлан.

11. Производные гетероциклических соединений — тордон-22К (пиклорам), пирамин.

12. Минеральные масла — дизельное топливо, тракторный керосин, соляровое масло, сланцевое масло, сланцевый моторный керосин.

В последнее время широко применяются гербициды, в состав которых входят специальные химические соединения для расширения спектра действия на различные сорные растения. Например, в состав агелона входит 33,3% атразина и 16,7% прометрина; в состав тордона 101 — пиклорам и 2,4-Д.

По характеру поражения растений гербициды условно делят на гербициды сплошного действия (общеистребительные) и гербициды избирательного (селективного) действия.

Гербициды сплошного действия уничтожают все растения — и культурные и сорные. В связи с этим их используют на необработываемых сильнозасоренных землях — обочинах дорог и полей, в

местах хранения под открытым небом сельскохозяйственной техники и др., и на обрабатываемых полях, свободных от возделываемых культур: в послеуборочный период, на парах. В отдельных случаях общеистребительные гербициды направленно применяют в садах, лесонасаждениях, в посевах пропашных культур с широкими междурядьями, в виноградниках. К гербицидам сплошного действия относятся и гербициды избирательного действия (ДНОК, трихлорацетат натрия, симазин, атразин, далапон, монурон, полидим, тордон 22К и др.), уничтожающие в повышенных дозах и те растения, на которые в рекомендуемых дозах они не оказывают влияния.

Гербициды избирательного действия составляют наибольшую группу из применяемых в практике земледелия. Они не повреждают возделываемые культуры, но уничтожают или подавляют развитие определенных видов сорных растений.

Подразделение гербицидов на общеистребительные и избирательные является условным также и потому, что общеистребительные гербициды, чаще используемые в форме добавок в небольших дозах к другим соединениям, применяют в качестве препаратов избирательного действия (например, такие гербициды, как полидим, банвел-Д и др.). И напротив, избирательные гербициды, используемые в повышенных дозах, могут вызывать полную гибель всей растительности.

Фитотоксичность отдельных гербицидов избирательного действия для различных видов растений не одинакова. Поэтому различают гербициды с широким и узким спектром действия на растения. Гербициды широкого спектра действия способны уничтожать многие, даже далекие друг от друга по систематическому положению, виды растений. К ним относятся гербициды 2,4-Д, ДНОК, атразин, линурон, пирамин и др. Гербициды узкого спектра действия используются для борьбы с отдельными видами или группами сорных растений. Это триаллат, трихлорацетат натрия, пропанид, которые применяются для уничтожения преимущественно однодольных, злаковых сорняков. Особенно узким спектром действия обладает карбин, который используют для уничтожения овсяга в посевах яровой пшеницы, ячменя.

В зависимости от характера действия на растения гербициды делят на контактные и системные. Гербициды контактного действия повреждают только те органы или ткани растений, на которые они попадают и с которыми соприкасаются. Однако влияние их на сорные растения ограничено, так как у многолетних сорных растений при отмирании надземных частей растений, листьев и стеблей корневая система сохраняет свою жизнеспособность и может дать новые побеги. К гербицидам контактного действия относятся минеральные масла, нитрафен, реглон, ДНОК и др. Системные, или передвигающиеся, гербициды легко проникают в ткани растений через надземные или подземные органы и, передвигаясь по флоэме или ксилеме, вступают в различные химические реакции, протекающие в растениях. Это нарушает нормальный процесс обмена в

растениях, вызывает нарушение в них физиологических и биохимических реакций, что приводит к различным патологическим явлениям. Представители данной группы гербицидов особенно эффективны в борьбе с многолетними сорными растениями, развивающими мощные вегетативные органы размножения. К таким гербицидам относятся 2,4-Д, 2М-4Х, 2,4-ДМ, 2М-4ХП, симазин, атразин, пирамин и др.

По характеру проникновения в растения гербициды делятся на:

1) проникающие через листья и другие надземные органы, гербициды листового действия, которые используются для борьбы с вегетирующими сорными растениями (карбин, солан, реглон, бетанал);

2) проникающие через корни или проростки, гербициды корневого или почвенного действия, которые вносят в почву до появления всходов сорных растений (симазин, ДХМ, ТХА натрия, хлор-ИФК, триаллат, ялан, которан, амибен, тиллам, трефлан, пропазин);

3) проникающие в растения как через надземные органы, так и через корневую систему, гербициды комбинированного действия (2,4-Д, 2М-4Х, атразин, прометрин, тордон 22К, далапон, полидим, банвел-Д).

По отношению к ботаническому классу растений, их систематическому положению, гербициды системного действия делятся на две группы: противодвудольные и противооднодольные (противозлаковые). Противодвудольные гербициды повреждают только те растения, которые принадлежат к классу двудольных, и не оказывают влияния на однодольные. Это обусловлено главным образом анатомо-морфологическими особенностями строения растений. Гербициды 2,4-Д, 2М-4Х и другие используются для уничтожения широколистных двудольных сорняков в посевах однодольных культур (злаковых).

При внесении оптимальных норм противооднодольных, противозлаковых гербицидов уничтожаются однодольные растения и при этом не повреждаются двудольные. Гербициды трихлорацетат натрия, дихлоральмочевина, далапон и другие используются для уничтожения злаковых сорняков в посевах широколистных двудольных культур — сахарной свеклы, подсолнечника, хлопчатника и др.

По способу внесения и обработки растений и почвы гербициды также делятся на две группы. Гербициды, которые применяют только методом опрыскивания вегетирующих сорняков для их подавления и уничтожения (2,4-Д, 2,4-ДМ, 2М-4Х, 2М-4ХМ, 2М-4ХП, бетанал, карбин, реглон и др.). И почвенные гербициды, которые вносят в почву в сухом виде или путем опрыскивания поверхности почвы (диурон, монурон, прометрин, симазин, эптам, ялан, тиллам). Эти гербициды вносят в почву либо без последующей заделки, либо с заделкой их в почву боровами или культиваторами. Некоторые гербициды, такие, как эптам, тиллам, трефлан,

эрадикан и др., которые быстро испаряются или же разлагаются на свету, требуют немедленной их заделки в почву.

По длительности остаточного действия гербициды разделяются на следующие.

1. Гербициды с длительным остаточным действием, куда относятся атразин, симазин, диурон, пропазин, тордон 22К. Остаточное действие этих гербицидов даже при рекомендуемых дозах внесения сохраняется в почве больше одного года, особенно на малогумусных почвах и в годы с недостаточным увлажнением. Последствие в течение длительного времени на необрабатываемых землях, в садах, древесных насаждениях имеет положительное значение в борьбе с сорными растениями. В то же время в полевых, кормовых и овощных севооборотах, где чаще всего используются эти гербициды, такое последствие является нежелательным, поскольку нередко повреждаются чувствительные к этим гербицидам культуры, высеваемые или высаживаемые в следующем году после применения гербицидов.

2. Гербициды с коротким остаточным действием — 2,4-Д, 2М-4Х, прометрин, тиллам, линурон, эптам и др. После применения этих гербицидов в рекомендуемых дозах в борьбе с сорняками в следующем году без особого риска можно возделывать сельскохозяйственные культуры согласно их чередованию в севообороте. При использовании гербицидов производных 2,4-Д в посевах, например, зерновых, а 2М-4Х в посевах льна уже через два месяца можно высевать другие культуры.

Состав и формы технических препаратов гербицидов, сроки и способы их внесения

Применяемые в земледелии гербициды представляют собой технические препараты, содержащие от 10 до 90% действующего вещества (д.в.) химического соединения самого гербицида. Так, бутиловый эфир 2,4-Д содержит 10% д.в., а трихлорацетат натрия — 90%. В качестве инертных наполнителей, ингредиентов используют различные соединения, придающие техническому препарату хорошую сыпучесть, неслеживаемость при хранении и предотвращающие разложение гербицидов. Для улучшения физико-химических свойств растворов гербицидов,готавливаемых для внесения в почву, в состав их технических препаратов вводят поверхностно-активные вещества. Благодаря им уменьшается поверхностное натяжение раствора, лучше смачивается раствором гербицида поверхность растения или почвы. Для повышения фитотоксичности гербицида по отношению к устойчивым к нему сорнякам непосредственно перед применением его часто смешивают с некоторыми неорганическими веществами, чаще всего с минеральными удобрениями.

Производимые в настоящее время технические препараты гербицидов обладают различными физико-химическими свойствами.

По физическому состоянию технического препарата гербициды выпускаются в следующих формах.

Смачивающиеся порошки, которые с водой образуют водную суспензию (агелон, атразин, линурон, прометрин).

Растворимые порошки, которые с водой образуют истинные растворы (ДНОК, трихлорацетат натрия, натриевая соль 2М-4Х).

Минерально-масляные суспензии, которые образуют с водой водно-масляные суспензии (зеапос-10, феноксазин).

Водные растворы и водорастворимые концентраты. Обе формы препаратов хорошо растворяются в воде в любых соотношениях, однако они легко замерзают при пониженных температурах и при этом теряют свои фитотоксичные свойства. К первым относятся гербициды актрил АС, диален, аминная соль 2М-4Х, 2М-4ХП, реглон, ко вторым — аминная соль 2,4-Д, полидим, тордон 22К, тордон 101.

Концентраты эмульсий, которые образуют с водой нерасслаивающиеся эмульсии различной концентрации (триаллат, карбин, трефлан, эптам, пропанид, ялан, 2,4-Д бутиловый эфир).

Гранулированные препараты (размер гранул порядка 0,1—0,2 мм). Они могут быть растворимыми и нерастворимыми в воде (2,4-Д бутиловый эфир, тиллам, симазин).

Некоторые гербициды, могут быть приготовлены в различных формах. Например, триаллат, тиллам, ялан могут быть приготовлены как в виде концентратов эмульсий, так и в виде гранулированных препаратов.

Сроки внесения гербицидов зависят от биологических особенностей культурных и сорных растений, свойств технических препаратов. При предпосевном внесении гербициды вносятся в почву до посева или посадки возделываемых культур и, как правило, с последующей их заделкой в поверхностный слой почвы бородами либо культиваторами. Обычно в этих случаях применяют почвенные гербициды — триаллат, ДХМ, трихлорацетат натрия, трефлан. Предпосевное внесение гербицидов осуществляется одновременно с посевом или посадкой сельскохозяйственных культур. Послепосевное — сразу после посева или посадки культур. При довсходовом внесении гербицидами обрабатывают почву за два — четыре дня до появления всходов картофеля, кукурузы, моркови и других культур, но когда уже имеются массовые всходы сорняков. В этом случае применяются гербициды как листового, так и корневого действия. В начале вегетации культурных растений и в период массового появления сорняков, а также на чистых парах и на необрабатываемых участках земли против особо злостных сорняков осуществляется послеуборочное внесение гербицидов листового действия. Эффективность послеуборочного применения гербицидов в значительной степени зависит от фазы развития как культурных растений, так и сорняков, количества применяемого гербицида, погодных условий в период внесения гербицидов. Для уничтожения злостных сорняков в послеуборочный период применяют гербициды как листового, так и корневого действия, которые должны пол-

ностью инактивироваться ко времени посева либо посадки последующих сельскохозяйственных культур.

Внесение гербицидов в почву и обработка ими сорных растений могут осуществляться различными способами. При сплошном способе препаратом обрабатывают всю поверхность поля. Рядковое внесение гербицидов применяют в посевах пропашных культур. В этом случае обработка гербицидами сорных растений осуществляется только в рядках культурных растений, а борьба с сорняками в междурядьях производится механическим способом почвообрабатывающими орудиями. Ленточное внесение гербицидов позволяет уничтожать сорняки в полосе рядков ленточного посева (моркови, проса и др.). При направленном способе внесения гербицидов ими опрыскивают нижний ярус культурных растений (при их высоте не менее 30—40 см) и почву. При этом низкорослые сорняки и поверхность почвы хорошо смачиваются рабочим раствором гербицида, а плотные покровные ткани и старые листья культурных растений хорошо защищают их нижние части от проникновения в них гербицида. Для уничтожения злостных и карантинных сорняков применяют очаговый способ обработки куртин и отдельных участков необрабатываемых земель.

Ленточное, рядковое и направленное внесение гербицидов в посевах сельскохозяйственных культур более экономно, чем при сплошной обработке посевов, так как при этом уменьшается расход препаратов гербицида на единицу площади без снижения эффективности уничтожения сорняков и, кроме того, имеет экологическое значение, так как почва меньше загрязняется.

Действие гербицидов на растения

Большинство гербицидов — физиологически активные вещества. Основой широкого применения химических средств в борьбе с сорными растениями является их избирательное токсичное действие по отношению к сорным растениям. Избирательность действия заключается в неодинаковой реакции разных растений на тот или иной гербицид или одного вида растений на различные гербициды. Выраженность такой реакции может быть установлена по жизненному состоянию растений, по морфологическим изменениям по сравнению с нормально развивающимися не обработанными гербицидами растениями.

Попадая в растения, гербициды влияют на протекающие в них биохимические, ферментативные процессы, что в значительной степени определяется биологическими особенностями растения. Такую избирательность гербицидов называют биохимической. Устойчивость, например, кукурузы ко многим гербицидам триазинового ряда обусловлена способностью ферментативной системы кукурузы инактивировать эти соединения до нетоксичных форм (так, у симазина под влиянием фермента пероксидазы в клеточном соке кукурузы отщепляется атом хлора, в результате чего гербицид превращается в малотоксичный, а в дальнейшем разлагается сама

триазиновая структура кольца и образующиеся продукты разложения легко усваиваются растением). У чувствительных к симазину растений подавляется фотоллиз воды в процессе фотосинтеза, нарушается синтез сахаров, уменьшается накопление крахмала, отмечаются другие изменения биохимических реакций в растениях, что приводит к их гибели. Пропанид уже на вторые сутки после попадания в клеточный сок риса ферментативно разлагается до нетоксичных соединений, в то время как в сорных растениях этого не происходит. Гербициды — производные мочевины, попадая на листья сорных растений и проникая в них, блокируют ростовые процессы (то же отмечается и при попадании их на некоторые культурные растения).

В результате биохимических процессов под влиянием химических соединений гербицида в растениях могут образовываться соединения с более высокой токсичностью, в результате чего чувствительность растений к такому гербициду усиливается, повышается. Так, для бодяка и щавеля курчавого значительно возрастает фитотоксичность гербицида 2М-4ХМ, превращающегося в растениях в результате окисления в гербицид 2М-4Х.

Избирательное действие гербицидов обуславливается и различиями в анатомическом и морфологическом строении однодольных и двудольных растений. У однодольных растений листья, как правило, узкие, расположены под острым углом к стеблю, иногда почти вертикально, их поверхность покрыта плотным воскообразным слоем кутикулы. Поэтому гербициды на поверхности листьев таких растений практически не удерживаются. К тому же точка роста у однодольных растений надежно укрыта влагалищами многочисленных листьев в основной период вегетации, вплоть до их колосения или появления метелки. У двудольных растений листовые пластинки обычно широкие, часто расположены почти горизонтально. Гербициды, попадая на такие листья, хорошо удерживаются на них, смачиваясь, растекаются по поверхности, в результате чего увеличивается возможность проникновения гербицида в растение. Точки роста у двудольных растений расположены на верхушках стеблей или в пазушной части листьев.

Применять гербициды в посевах тех или иных культур можно лишь тогда, когда культурные растения находятся в такой фазе развития, при которой они обладают наибольшей устойчивостью к ним, а сорные, наоборот, в наименьшей. Известно, что на ранних стадиях развития растений в них активно протекают ростовые процессы и покровные ткани легко проницаемы, вследствие чего растения обладают повышенной чувствительностью к действию гербицидов. Именно поэтому при обработке сорных растений в ранней стадии их развития требуются меньшие дозы гербицидов, нежели когда они находятся уже в окрепшем состоянии. Однако некоторые многолетние растения более восприимчивы к гербицидам в более поздней стадии развития, в фазе стеблевания — начала бутонизации, чем когда находятся в фазе розетки (например, к гербициду 2,4-Д).

Причины неодинаковой реакции культурных растений на гербициды в различные фазы их роста и развития обусловлены различными факторами. Например, устойчивость кукурузы в фазе 3—5 листьев к рекомендуемым нормам внесения в посевы гербицида 2,4-Д объясняется отсутствием опушенности верхней части листовой пластинки, на которую попадают капли препарата и с которой они легко скатываются. В посевах льна (который относится к двудольным растениям) применяется противодвудольный гербицид 2М-4Х только тогда, когда лен находится в фазе елочки. В такой фазе листья льна расположены почти вертикально и покрыты несмачивающейся кутикулой. Поэтому капли гербицида, попадая на растения льна, легко скатываются с поверхности листьев. Наибольшей чувствительностью к гербицидам культурные и сорные растения обладают в тот период, когда погодные условия благоприятны для их интенсивного роста и развития.

Эффективность действия гербицидов на сорные растения может определяться и формой применяемых препаратов, поведением гербицидов в почве, способом применения гербицидов. Высокую избирательность по отношению к зимующим сорным растениям проявляет гранулированный 2,4-Д бутиловый эфир в посевах озимой ржи и пшеницы, который, постепенно растворяясь, поглощается из верхнего слоя корнями сорняков. Применяя направленное внесение гербицидов в посевах, например, сои, кукурузы, хлопчатника, можно повысить их эффективность.

Влияние погодных и почвенных условий на эффективность применения гербицидов

Эффективность действия гербицидов на сорные растения зависит от увлаженности и температуры воздуха и почвы, от количества, характера и времени выпадения осадков, от гранулометрического состава почвы, содержания в ней органического вещества, реакции почвенного раствора и других свойств почв. Условия внешней среды в значительной степени определяют чувствительность сорных и устойчивость культурных растений к применяемым гербицидам. Установлено, что с повышением температуры воздуха чувствительность растений ко всем гербицидам повышается вследствие более быстрого их поглощения и перемещения в растениях.

Большинство гербицидов, применяемых по всходам, наиболее фитотоксичны для растений при температуре 18—24°С, слабо действуют при 25—30°С, когда наблюдается низкая относительная влажность воздуха, и почти не влияют на них при температуре 8—10°С. Опрыскивание полей гербицидами обычно не проводится в жаркие полуденные часы, когда отмечается неустойчивость приземного слоя воздуха. Восходящие конвекционные токи воздуха могут разнести мелкие капли гербицида на большие расстояния и повредить посевы на других полях. Именно поэтому опрыскивание посевов рекомендуется проводить утром до 10 ч и вечером после 18 ч, когда отсутствуют восходящие токи воздуха.

Выпадение осадков во время опрыскивания гербицидами полей или вскоре после опрыскивания приводит к смыванию с растений части гербицидов, что уменьшает эффективность их применения. В меньшей степени это проявляется в случае применения гербицидов в форме препаратов эмульсий или масляных растворов, например эфиров 2,4-Д.

Обильная роса и высокая относительная влажность воздуха в момент обработки посевов системными гербицидами могут вызвать повреждение и части культурных растений, например льна. В таких условиях отмечаются усиленные ростовые процессы, а тонкий слой влаги на поверхности листьев способствует лучшему смачиванию и проникновению в них гербицидов.

Качество обработки посевов опрыскиванием существенно ухудшается при наличии ветра. Ветер изменяет равномерность распределения гербицидов по поверхности обрабатываемого поля, усиливает его испарение, может вызвать попадание гербицидов на соседние поля. При сильном ветре гербициды могут попадать на нижние части листьев культурных растений, более чувствительные и легче повреждаемые гербицидами, чем верхние.

Большинство гербицидов, используемых в земледелии, вносится в почву. Это вызвано стремлением уничтожить максимальное количество сорных растений еще до начала вегетации. Почвенные гербициды лучше всего действуют на проростки либо всходы сорных растений в умеренно теплую погоду (при температуре почвы от 15 до 25°С) и когда почва находится в увлажненном состоянии. При этом чем меньше гербицид растворим в воде, тем при более высокой влажности почвы он эффективен. На тяжелых по гранулометрическому составу почвах и при большом содержании в них органического вещества гербициды действуют на растения слабее, чем на легких и бедных гумусом почвах. В соответствии с этим нормы расхода гербицидов в первом случае должны быть выше, чем во втором.

Действие гербицидов на сорные растения зависит от реакции почвенного раствора, от структурного состояния почвы, от жизнедеятельности микроорганизмов. Фитотоксичность прометрина и банвела-Д повышается в условиях нейтральной и щелочной реакции почвенного раствора, далапона, атразина, симазина — в кислой, а фитотоксичность тордона 22К, диурона одинаковая в интервалах рН от 4,3 до 7,5. Когда почва находится в мелкокомковатом структурном состоянии, суспензия или эмульсия рабочего раствора гербицидов равномерно и сплошным слоем покрывает ее поверхность. В случае глыбистой поверхности почвы гербициды остаются на комьях и быстро с них испаряются, в силу чего проростки и всходы сорных растений слабо повреждаются. На бесструктурных, глыбистых почвах, в которых влага распределяется неравномерно, действие гербицидов на сорняки ослабевает. В районах, подверженных водной эрозии или дефляции, возможен смыв или сдувание верхнего слоя почвы вместе с находящимися в нем

гербицидами. Чем выше активность микроорганизмов в почве, тем быстрее разлагаются и теряют свою фитотоксичность гербициды.

Продолжительность сохранения фитотоксичности гербицидов в почве зависит от многих причин: от химического состава и физического состояния почвы, от водного, воздушного и теплового режимов почв, от состава произрастающих культурных растений, особенностей обработки почв, доз внесения и форм препаратов гербицидов. Некоторые гербициды при внесении их в поверхностный слой почвы быстро испаряются или разрушаются под воздействием ультрафиолетовых лучей: это трефлан, тиллам, триаллат, эптам, эрадикан и др. Их необходимо немедленно заделывать в почву. Большинство триазиновых гербицидов, наоборот, в большей степени инактивируются при отсутствии света. Гербициды могут разлагаться в почве под действием высоких температур. Так, фитотоксичность атразина, симазина, диоурона в почве, подвергнутой действию высокой температуры (40—82°С), снижается на 40—97%. Такой прогрев почвы возможен в условиях жаркой солнечной погоды.

Передвижение гербицидов в почве может происходить под влиянием молекулярной диффузии, нисходящего и бокового тока гравитационной воды, капиллярного передвижения почвенной влаги. Скорость и глубина перемещения гербицидов зависят от их растворимости, дозы внесенного препарата, особенностей адсорбции и десорбции гербицида, интенсивности испарения почвенной влаги. Гербициды — производные 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты — слабо вымываются из почвы, так как связываются почвенными коллоидами. Вместе с тем 2,4-Д эфиры значительно легче вымываются из почвы, чем соли 2,4-Д. Гербициды — производные симметричных триазинов (симазин, атразин, прометрин, пропазин) — вследствие своей слабой растворимости в воде и сильной адсорбции почвенно-поглощающим комплексом передвигаются в почве незначительно.

Гербициды разлагаются в почве при протекании физико-химических, микробиологических процессов или поглощаются растениями и почвенной фауной. Детоксикация многих гербицидов может происходить вследствие адсорбции их коллоидами, органическими веществами или при образовании стойких комплексов. Основными показателями детоксикации гербицидов в почве являются скорость и полнота распада их на нетоксические компоненты. Большинство гербицидов относятся к препаратам короткого действия. Стойкие почвенные гербициды с длительным действием (тордон 22К, симазин, атразин и др.) проявляют свое действие в течение одного-двух лет после их внесения, что следует учитывать при посеве или посадке тех или иных культур на следующий год.

Превращение и разложение в почве многих гербицидов связаны с активностью микробиологической деятельности. Чем лучше условия для развития почвенных микроорганизмов, тем интенсивнее идет микробиологическое разложение гербицидов. Механизм метаболизма гербицидов в почве под влиянием микроорга-

низмов связан с дегалондированием, дезалкилированием, разрывом эфирных связей, гидроксированием ароматического кольца и его разрыва. Характер воздействия гербицидов на микрофлору почвы во многом зависит от химических свойств и структуры применяемых препаратов. Гербициды — производные симметричного триазина, мочевины — в обычных рекомендуемых для применения дозах не оказывают ингибирующего действия на развитие почвенных микроорганизмов. Трихлорацетат натрия сразу после внесения может подавлять активную почвенную микрофлору, а далапон, наоборот, стимулировать ее деятельность. Тордон даже в больших дозах не угнетает развитие основных почвенных бактерий и грибов. Установлено, что гербициды производные 2,4-Д менее токсичны для почвенных микроорганизмов, чем производные феноксимасляной кислоты.

Применение гербицидов в посевах полевых культур

Применение гербицидов на полях должно осуществляться на фоне высокой агротехники. Благоприятные условия, создаваемые для роста и развития культурных растений, позволяют им подавлять ослабленные, не уничтоженные гербицидами сорняки. Для борьбы с сорняками в посевах сельскохозяйственных культур стараются подобрать такие гербициды, которые обладали бы максимально широким спектром действия на сорняки и не поражали бы культурные растения. Применяя гербициды, учитывают почвенно-климатические условия, состав и состояние сорных и культурных растений. Строго должны соблюдаться сроки, способы и дозы внесения препаратов, рекомендованные для конкретных условий. Дозы гербицидов определяются количеством действующего вещества, содержащимся в препаратах, которые выражаются в килограммах на 1 га. В руководствах по применению гербицидов указываются для некоторых из них нормы расхода технического препарата. Во избежание повреждения высеваемых последующих культур в результате последствий гербицидов необходимо знать и строго соблюдать чередование сельскохозяйственных культур в севооборотах.

Зерновые хлеба. Для борьбы с однолетними двудольными сорными растениями в посевах пшеницы, ржи, ячменя применяют гербициды производные 2,4-Д и 2М-4Х. Посевы опрыскивают в фазе кущения до выхода их в трубку, обычно это составляет 7—12 дней. Применение указанных гербицидов не приводит к полному уничтожению сорняков, так как среди них встречаются и однодольные и некоторые двудольные, которые устойчивы к этим препаратам. В этом случае рекомендуются гербициды 2М-4ХП (2—3 кг/га), акрил АС (в дозе 0,40—0,95 кг/га), которые поражают однолетние двудольные сорняки, устойчивые к гербицидам 2,4-Д и 2М-4Х. В посевах озимой пшеницы и озимой ржи, которые засорены зимующими сорняками, устойчивыми к гербицидам 2,4-Д и 2М-4Х,

эффективное использование гранулированного 2,4-Д бутилового эфира в дозе 1,0—1,2 кг/га в период ранневесенней подкормки озимых культур.

Злостным сорняком яровых зерновых культур является овсюг. Для борьбы с ним используют гербициды карбин (в дозах 0,4—0,6 кг/га) и триаллат (0,8—1,6 кг/га). Посевы опрыскивают карбином в фазу развития у овсюга второго и до начала образования третьего листа (при этом уничтожается 70—90% сорняков), а триаллатом обрабатывают поля осенью или же весной до посева или до появления всходов культурных растений.

Для борьбы с однолетними двудольными и однодольными сорными растениями в посевах озимой пшеницы и ржи рекомендуется применять симазин до всходов культур в дозах 0,25 кг/га. В том случае, когда зерновые яровые высеваются с подсевом клевера или люцерны, рекомендуется опрыскивать посевы базарганом (в дозе 1,0 кг/га) против однолетних двудольных сорняков, устойчивых к гербицидам 2,4-Д и 2М-4Х. Гербицид применяется в фазу кущения зерновых, после развития у клевера первого тройчатого листа и одного-двух настоящих листьев у люцерны. Против однолетних и некоторых многолетних двудольных сорных растений в посевах зерновых с подсевом люцерны может быть использован гербицид 2,4-ДМ, а с подсевом клевера или эспарцета — 2М-4ХП в дозах 1,5—3,0 кг/га д. в.

Картофель. Для борьбы с однолетними сорняками рекомендуется применять гербициды ситрин (симазин+прометрин), кортекс, арезин до появления всходов картофеля соответственно в дозах 2—3, 6—8 и 1,5—3,0 кг/га. В борьбе с пыреем ползучим на полях, отводимых под картофель, в конце лета или осенью перед или после зяблевой вспашки проводится опрыскивание гербицидом трихлорацетата натрия в дозах от 20 до 45 кг технического препарата на 1 га с последующей заделкой его в почву.

Кукуруза. Двудольные сорняки в посевах кукурузы уничтожают гербицидами производными 2,4-Д, которые применяют после всходов. Посевы обрабатывают лишь в фазе развития у кукурузы 3—5 листьев, когда она наиболее устойчива к данным гербицидам. Для борьбы с сорняками, устойчивыми к 2,4-Д, а также против малолетних однодольных сорняков используются гербициды из группы симметричных триазинов (симазин, атразин), которыми опрыскивают поверхность почвы до посева или до появления всходов кукурузы. При индустриальной технологии возделывания кукурузы рекомендуется применять до посева эрадиан в дозах 3,2—6,4 кг/га с немедленной его заделкой в почву. Данный гербицид уничтожает многолетние и малолетние однодольные и некоторые малолетние двудольные сорняки и является весьма эффективным.

Сахарная свекла — весьма трудоемкая по уходу культура, поскольку она в наибольшей степени из полевых культур страдает от сорняков и в то же время очень чувствительна ко многим гербицидам. Против малолетних однодольных и двудольных сорняков

посевы сахарной свеклы обрабатывают дихлоральмочевинной в дозе 7,2—10 кг/га до посева, одновременно с посевом или до всходов культуры. Против малолетних однодольных сорняков применяют трихлорацетат натрия в дозах 4,5—12,6 кг/га до посева сахарной свеклы. Для борьбы с сорняками в посевах сахарной свеклы используются также гербициды пирамин, тиллам, бетанол, фюзилад и др. Если на полях, занятых сахарной свеклой, встречается повилика, то против нее используется гербицид керб 50Б в дозе 1,5—3,5 кг/га. Посевы опрыскивают, когда сахарная свекла находится в фазе двух-трех пар настоящих листьев.

Хлопчатник. В борьбе с малолетними двудольными и однодольными сорными растениями в посевах хлопчатника используются прометрин (1,5—2,5 кг/га), диурон (0,9—1,6 кг/га), которан (1,5 кг/га), керб ультра (1,1—1,65 кг/га). Поверхность почвы опрыскивают до посева, одновременно с посевом или до всходов культуры. Против многолетних однодольных сорняков (гумая, свинороя, пырея) поля осенью после зяблевой вспашки обрабатывают далапоном в дозе 34—46 кг/га.

Для борьбы с горчаком ползучим, злостным карантинным сорняком, используются гербициды тордон 22К, тордон 101, банвел-Д, полидим трисбен-200. Гербицидами обрабатываются вегетирующие очаги сорных растений. Этими же гербицидами поражаются и другие сорняки. Эффективным препаратом по борьбе с пыреем ползучим является трихлорацетат натрия, который вносят в почву осенью, в период зяблевой вспашки. Против повилики используют контактный гербицид нитрафен, которым в посевах клевера и люцерны опрыскивают стерню не позднее, чем через 2—3 дня после скашивания трав.

В условиях интенсивной химизации земледелия, систематического использования одних и тех же гербицидов на полях, особенно в специализированных севооборотах, может наблюдаться увеличение в агрофитоценозах тех видов сорных растений, которые устойчивы к этим гербицидам. Если вовремя не заменить один препарат другим, то общая засоренность может восстановиться вследствие замены состава чувствительных видов сорняков устойчивыми видами.

Многочисленные исследования и практика земледелия показывают, что эпизодическое применение гербицидов не приносит желаемого успеха в искоренении сорняков. В годы, когда от применения гербицидов отказываются, наблюдается значительное восстановление засоренности почвы семенами и органами вегетативного размножения сорняков. Поэтому с целью повышения эффективности химического метода борьбы и более быстрой ликвидации сорняков рекомендуется ежегодное применение гербицидов на площади не менее 75% пахотных земель. Отказаться от применения гербицидов можно на полях с однолетними травами на сено, в связи с тем что многие сорные растения не успевают обсемениться до уборки урожая. Необходимо воздерживаться от применения гербицидов на травах и озимых культурах, предназначенных для ран-

него скашивания на зеленый корм скоту или стравливания, на посадках картофеля и овощей ранних сроков выгонки в связи с возможностью попадания гербицидов или их остатков в продукцию.

Несмотря иногда на большую эффективность применения гербицидов, их использование имеет и много недостатков, отрицательные последствия. Создаваемые в последнее время препараты являются дорогостоящими и часто, не принося ожидаемых результатов, негативно влияют на всю окружающую среду. 60—95% гербицидов даже при строгом соблюдении всех рекомендаций по их применению не достигают объектов подавления, а попадают в почву, воздух, водоемы (Яблоков, 1987). С 1960 по 1986 г. потребление химических средств защиты растений увеличилось в 7 раз. На территории Узбекской ССР в течение последнего десятилетия ежегодно применялось около 6000 т хлорсодержащих пестицидов (по действующим веществам), запрещенных за рубежом к применению (Фокин, 1988). В рисоводстве страны внедрен и широко используется также запрещенный за рубежом гербицид пропанид, содержащий высокотоксичные соединения полихлорбензола. При длительном использовании гербицидов возникают устойчивые к данным препаратам виды растений, которые ранее были редкими. Для борьбы с ними приходится создавать новые гербициды, повреждающие и культурные растения. Многие гербициды подавляют биологическую активность почв и тем самым препятствуют естественному восстановлению их плодородия. Ряд гербицидов длительно сохраняют в почве (и в окружающей среде, куда они попадают) свою фитотоксичность и токсичность для обитающей в почве фауны. При несоблюдении техники безопасности при работе с гербицидами они могут отравлять животных, птиц и человека. Все это требует большой осторожности при использовании, транспортировке и хранении гербицидов, строгого соблюдения мер по технике безопасности, нормам и срокам внесения гербицидов.

В настоящее время в земледелии пока невозможно отказаться от применения гербицидов, но в целях сокращения их использования в последнее время все большее значение в борьбе с сорными растениями придается механическим и другим мерам борьбы с ними, достижению высокой культуры земледелия на всех полях.

9. БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ В БОРЬБЕ С СОРНЫМИ РАСТЕНИЯМИ

Проблема загрязнения окружающей среды гербицидами вынуждает более осторожно относиться к их использованию. Поэтому ведутся поиски других способов борьбы с сорными растениями. Одним из таких способов является биологический метод борьбы с сорняками. Биологические методы борьбы с сорняками основаны на использовании повышенной конкурентоспособности многих культурных растений по сравнению с сорными и на уничтожении или подавлении последних с помощью различных организмов,

для которых поражаемое растение служит источником питания. Такими организмами могут быть вирусы, бактерии, грибы, актиномицеты, нематоды, насекомые и др.

Взаимоотношения между культурными и сорными растениями зависят не только от их биологических особенностей, но и от состояния их развития и биологической совместимости. Хорошо развитые культурные растения сильнее угнетают сорняки, чем плохо развитые. Поэтому создание благоприятных условий для роста и развития возделываемых культур всегда сопровождается подавлением сорных растений. При этом следует иметь в виду, что в засоренных посевах трудно создать благоприятные условия для роста и развития только возделываемых растений, так как сорняки, растущие совместно с культурными растениями, также положительно отзываются, например, на внесение удобрений, на орошение и другие мероприятия.

Семена культурных растений обладают более высокой энергией прорастания, чем семена большинства сорняков. Дружное появление всходов сельскохозяйственных культур обусловлено и тем, что семена их, как правило, заделываются в одно и то же время и на одну и ту же глубину. Семена же сорняков распределены в пахотном слое неравномерно. Всходы большинства сельскохозяйственных культур в первое время затеняют молодые побеги сорняков. В дальнейшем взаимоотношения между культурными и сорными растениями зависят от интенсивности роста, биологических особенностей и условий их развития.

Озимая пшеница и особенно озимая рожь, посеянные после чистого пара, еще осенью обильно кустятся, образуя хороший травостой и довольно большую листовую поверхность. Такие посевы слабо заглушаются сорняками. Поэтому озимые, особенно рожь, высеваются в севообороте для подавления сорняков, главным образом корнеотпрысковых, которые другими сельскохозяйственными культурами угнетаются слабо. Вместе с этим в таких посевах создаются более благоприятные условия для перезимовки озимых и зимующих сорняков.

Большинство яровых культур слабо угнетают сорняки в посевах, однако среди них имеются такие, которые хорошо подавляют сорняки. К ним относятся гречиха, горчица, конопля, которые с первых дней вегетации интенсивно наращивают вегетативную массу, обгоняя в своем развитии даже многолетние сорняки, такие, как пырей ползучий, лисохвост полевой. При подпокровном посеве многолетних трав их всходы угнетаются покровной культурой сильнее, чем всходы сорных растений, однако на второй год жизни многолетние травы довольно хорошо угнетают сорняки, особенно малолетние, а естественное уплотнение почвы при возделывании трав приводит к подавлению развития таких сорняков, как осот полевой, бодяк полевой, вьюнок полевой и др.

Повышать конкурентоспособность культурных растений позволяют и такие меры, как регулирование норм и сроков посева сельскохозяйственных культур. Соблюдение севооборота на полях,

чередование возделываемых разных по биологии культурных растений приводит к постоянному изменению среды обитания сорных растений, к резкому изменению экологических условий и характеру засоренности посевов. Особое значение в конкурентоспособности культурных и сорных растений на полях имеет и селекция культурных растений, устойчивых против паразитных и полупаразитных сорняков, против болезней и вредителей (например, сортов подсолнечника, устойчивых к поражению заразихами).

Требования, предъявляемые к возможности использования в посевах фитофагов (травоядных насекомых, нематод), фитопатогенных микроорганизмов, вирусов, заключаются в том, чтобы они обладали избирательным действием против сорных растений и не поражали культурные растения. Такие организмы имеются.

Для борьбы с заразихой, например, в южных районах нашей страны, в Средней Азии используются мушки фитомизы (*Phytomyza orobachenae*). Личинки фитомизы, развивающиеся из яиц, отложенных в цветках и на стеблях заразихи, питаются этими органами сорняка и в сильной степени повреждают его. В южных районах за лето насекомое дает 3—4 поколения, повреждая до 80—95% цветков, и не только сильно снижает семенную продуктивность заразихи, но и часто губит ее.

Против заразих в посевах подсолнечника и других культур может быть также использован гриб фузариум. В борьбе с повиликами могут использоваться несколько штаммов гриба альтернария (*Alternaria cuscutacidae*), которые вызывают заболевания различных видов повилик. Один из злейших карантинных сорняков — горчак ползучий в естественных условиях поражается горчачковой нематодой (*Anguina picridis*). Ее личинки весной при отрастании горчача проникают в пазухи листьев, а затем внедряются в стебель и, питаясь его тканями, образуют многочисленные галлы. На следующий год около 50—60% растений горчача погибают, а остальные бывают поражены горчачковой нематодой в различной степени. Гусеницы амброзливой совки сильно повреждают листья амброзии полыннолистной. В ареале распространения амброзии одна совка может дать 3—4 поколения в год, а каждая бабочка откладывает от 30 до 500 яиц. Гусеницы совки являются монофагами, что исключает возможность поражения ими других видов растений, в том числе и культурных. Поскольку степень распаханности земель в нашей стране очень высокая и в естественных условиях возможность для жизни и возобновления насекомых и других организмов весьма ограничена, предлагается создание биологических станций — полос или участков с естественной или целинной растительностью, в которых может существовать и размножаться энтомофауна.

Токсины некоторых штаммов актиномицетов (*Actinomycetes globispi*) обладают гербицидными свойствами. Они подавляют всхожесть семян щирицы жминдовидной и в то же время не оказывают фитотоксических свойств по отношению к семенам пшеницы, ячменя, моркови, капусты. Ржавчинный гриб (*Puccinia suaveolens*)

может поражать щавель курчавый, бодяк полевой. В практике используют некоторых травоядных рыб и моллюсков для борьбы с сорными водными растениями на оросительных каналах. Толстолобик и белый амур питаются клубнекамышом, рогозом узколистным, камышом озерным, осоками, водяным орехом. Многие птицы уничтожают семена сорняков.

Биологические методы борьбы с сорняками эффективны на необрабатываемых угодьях (пастбищах, лугах и т. п.), где применение других способов затруднено или даже невозможно. В то же время эти методы имеют ряд недостатков. Во-первых, сложно найти организмы, патогены, обладающие узким избирательным действием по отношению к сорным растениям. Во-вторых, все эти организмы легко уязвимы применяемыми в народном хозяйстве пестицидами. В-третьих, использование биологического метода борьбы с сорняками на ограниченной территории и на отдельных полях сложно, так как трудно или вообще невозможно регулировать естественное размножение организмов в природных условиях и расширение ареалов их обитания. В-четвертых, существует опасность завоза таких организмов из-за рубежа, которые могут повреждать как культурные растения, так и полезные дикорастущие. Поэтому в практике земледелия использование биологического метода борьбы с сорными растениями находит пока ограниченное применение.

Для полной очистки почвы от семян и вегетативных органов размножения сорняков недостаточно какого-то одного из рассмотренных способов уничтожения сорных растений. Организация работ по контролю засоренности предупредительными, механическими, физическими, биологическими и химическими способами носит чаще всего разовый характер, поскольку трудно в настоящее время прогнозировать появление на полях тех или иных видов или групп сорных растений, основываясь даже на материалах ежегодного наземного обследования полей на засоренность. Наиболее эффективен контроль за засоренностью, когда применяется стройная комплексная система рассмотренных способов уничтожения сорняков, которая должна сочетаться с научно обоснованным чередованием сельскохозяйственных культур в севооборотах, с системами обработки почв, внесения удобрений и мелиорантов, посевом конкурентоспособных сортов культурных растений, использованием химических средств защиты растений.

В связи с обострившимися экологическими проблемами увеличения продуктивности полей и, как одно из составляемых этой задачи, контроль засоренности должен вестись по путям экологической оптимизации агрофитоценозов и агроэкосистем в целом при одновременном уменьшении использования химических веществ в сельском хозяйстве. Культурные растения должны быть устойчивыми к неблагоприятным факторам среды, к болезням, более конкурентоспособными по отношению к сорнякам и одновременно высокопродуктивными. Агрофитоценозы должны быть более разнообразными и насыщенными, для сорных растений в таких ценозах останется мало свободных экологических ниш.

УБОРКА УРОЖАЯ

Уборка урожая — важнейший, завершающий этап сельскохозяйственных работ. Своевременная уборка урожая каждой культуры, устранение всех видов потерь, предотвращение засорения полей — основные требования организации уборочных работ. Время уборки урожая определяется либо биологической, либо хозяйственной спелостью растений. Биологическая спелость (зрелость) представляет собой такое состояние растения, когда семена (или клубни) достигли зрелости и в дальнейшем из них может развиваться новое полноценное поколение растений. Хозяйственная спелость — такое состояние растений и их органов, когда они пригодны к использованию в пищу, на корм животным, для технической переработки и т. д. и достигли наибольшего урожая соответствующего качества.

В структуре земледелия зерновое хозяйство в нашей стране занимает ведущее место по сравнению с другими отраслями. Посевные площади под зерновыми культурами в 1986 г. составляли 116,5 млн га (из них под озимыми — 26,7 млн и под яровыми культурами — 89,8 млн га). Уборка этих культур полностью механизирована и производится различными способами в зависимости от спелости хлебов и погодных условий.

Зерновые хлеба могут быть молочной, восковой и полной спелости. В молочной спелости зерна хлебов зеленоватые, наполнены молокоподобной жидкостью, стебли зеленого цвета внизу слегка желтоватые. Процесс накопления пластических веществ в зернах еще не закончен. В состоянии молочной спелости уборку зерновых культур не проводят. При восковой спелости зерен поля имеют желтый цвет, стебли растений желтые, кроме двух-трех верхних междоузлий. Зерна также желтоватого цвета, они мягкие, разминаются, как воск, отсюда и такое название. Процесс накопления пластических веществ в зернах закончен, однако зерно имеет повышенную влажность (до 25%). В настоящее время при уборке зерна с повышенным содержанием влаги его досушивание производят на токах, в зерносушилках или на элеваторах. В состоянии восковой спелости хлеба убирают лишь раздельным способом. При полной спелости зерна растений твердые, стебли желтые, влажность зерна менее 10%. Уборка хлебов в таком состоянии спелости производится однофазным способом, прямым комбайнированием, поскольку период полной спелости хлебов очень короткий и зерна могут осыпаться.

При прямом комбайнировании одновременно скашивают, обмолачивают и отделяют зерно от соломы. Уборка таким способом

рекомендуется в случаях, когда хлеба находятся в состоянии полной спелости, а также полегших, низкорослых, изреженных хлебов; когда отмечаются сильные ветры, частые, кратковременные дожди.

Более высокий биологический и хозяйственный урожай зерновых культур отмечается при уборке их отдельным способом в период состояния растений от середины до конца восковой спелости зерен. При этом растения скашиваются и укладываются в валки на стерню. В валках в течение 3—5 дней зерна в колосьях достигают полной спелости, в них уменьшается содержание влаги за счет проветривания и просушивания. Через 4—6 дней хлеба обмолачивают. Раздельная уборка урожая рекомендуется для культур с легко осыпающимися зернами (в целях предотвращения потерь зерна), хлебов, склонных к полеганию, культур с неодновременно созревающими колосьями, при сильной засоренности посевов (поскольку сорные растения затрудняют прямое комбайнирование, и к тому же если сорные растения подкашиваются на несколько дней раньше, у многих из них семена не созревают).

При уборке урожая зерновых колосовых культур уборочные машины оказывают уплотняющее действие на почву, особенно сильно это сказывается на влажной почве. При раздельной уборке уборочная техника проходит по полю дважды: сначала жатка, затем подборщик, а часто в том и другом случае зерноуборочный комбайн (имеющий значительно большую массу), который в первый раз выполняет роль жатки, а во втором — молотилки.

Наилучшие сроки уборки трав на корм скоту: бобовых — в период от бутонизации до начала цветения, а злаковых — от выбрасывания метелки до начала колошения, что обычно составляет 5—7 дней.

Существенное влияние на физические свойства почв оказывает уборка корнеплодов и клубнеплодов, которая по своему воздействию на почву сравнима с основной обработкой. При использовании свеклоуборочных и картофелеуборочных комбайнов интенсивность воздействия на почву бывает выше, чем при вспашке. Именно поэтому при подготовке почв к посеву или посадке последующих сельскохозяйственных культур на данном поле ограничиваются мелкой или поверхностной обработкой.

СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

В каждой отрасли производства выбор приемов работы, система последовательности их выполнения играют важную роль в получении производимой продукции, а в такой сложной отрасли, как земледелие, это имеет особое значение. Систему земледелия обычно трактовали как способ разведения культурных растений на полях ради прибыли и называли ее системой хлебопашества, системой полеводства и т. д. В основу названия систем земледелия брались либо господствующий характер использования земли (выгонная, лесопольная и т. д.), либо наиболее распространенные возделываемые в посевах культуры (пропашная, зерновая, травопольная). Однако наиболее часто название системы земледелия связывалось с ведущим фактором или способом, который определял (или должен был обеспечивать) сохранение и повышение плодородия почвы и эффективность всех принятых на данном этапе систем мероприятий по возделыванию культур (сидеральная, паровая, залежная и т. д.). Долгое время многие системы земледелия не имели собственных названий и получили их впоследствии в результате анализа и стремления ученых представить процесс возделывания сельскохозяйственных культур в форме упорядоченной системы.

Впервые определение системы земледелия как особого понятия было дано А. В. Советовым. Под системой земледелия он понимал разные формы, в которых выражается способ землевозделывания, т. е. порядок возделывания различных культур в посевах и характер использования почвенного покрова. При этом А. В. Советов подчеркивал особую роль социально-экономических отношений в системах земледелия на разных этапах развития общества. В настоящее время под системой земледелия понимается комплекс взаимосвязанных агротехнических, мелиоративных и организационных мероприятий, направленных на наиболее производительное, эффективное использование всех сельскохозяйственных угодий, воспроизводство и повышение плодородия почв, рациональное использование природных и производственных ресурсов, охрану почв и окружающей среды в целом, создание благоприятных наземных условий для роста и развития растений и на получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. При этом весь комплекс указанных мероприятий охватывает не только пашню, но и все земли, которые могут быть использованы в сельскохозяйственном производстве: луга, пастбища, заболоченные и заросшие кустарником территории, засоленные почвы, неудобья и другие земли, которые могут быть приведены в пригодное для земледелия состояние.

Главными признаками любой системы земледелия являются способы использования земли, возделывания сельскохозяйственных культур и способы поддержания и повышения плодородия почвы как важнейшие условия для роста производительности труда в земледелии. Способы использования земли характеризуются соотношением земельных угодий и структурой существующих посевных площадей, а способы повышения плодородия почв — комплексом агротехнических и мелиоративных мероприятий, проводимых с учетом биологических особенностей возделываемых растений в соответствии с почвенными условиями их произрастания. Эти признаки тесно взаимосвязаны и определяют эффективность системы земледелия.

Общими составными частями систем земледелия являются:

- соотношение земельных угодий и структура посевных площадей;
- система обработки почвы;
- система севооборотов;
- система применения удобрений;
- система мероприятий по борьбе с сорными растениями, по защите культурных растений от вредителей и болезней;
- система семеноводства;
- система мероприятий по защите почвы от водной эрозии и дефляции.

Кроме того, в зависимости от конкретных почвенно-климатических условий в систему земледелия могут входить осушительные, оросительные и химические мелиорации, система создания лесополос и др.

1. РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Процесс развития систем земледелия в любой стране отражает основные этапы развития земледелия вообще. Характерными чертами первого периода этой отрасли сельского хозяйства при низком уровне развития производительных сил были использование природного плодородия почв и отсутствие каких-либо мероприятий по его восстановлению и повышению. Плодородие почвы восстанавливалось только посредством воздействия природных факторов в течение длительного периода времени, что было возможно лишь при наличии больших свободных земельных площадей.

В наиболее примитивных системах земледелия — залежной, переложной, подсечно-огневой и лесопольной — в обработке и под посевами находилась лишь незначительная часть пахотнопригодных земель. Пашню оставляли под залежь или перелог обычно после 3—4-летнего использования. Происходило это не потому, что почва истощалась, а прежде всего вследствие сильнейшего засорения посевов сорняками, с которыми земледelec не мог бороться в те времена, а также в результате распыления верхнего слоя почвы и ухудшения ее водно-физических свойств. При естественном зара-

станции заброшенных участков пашни они очищались от сорняков, в почве увеличивалось содержание органического вещества и питательных элементов, восстанавливалось ее структурное состояние. Те же процессы, но менее выраженно происходили и при зарастании полей лесом.

Залежная и переложная системы земледелия сложились в степных районах, где под пашню осваивались земли, занятые целинной растительностью и обладавшие высоким естественным плодородием. При залежной системе земледелия распаханнные целинные участки земли отводились в первую очередь под посевы зерновых культур. При повторных их посевах урожай постепенно снижались вследствие возрастающей засоренности полей, утраты почвой структурного состояния, снижения содержания в почве доступных растениям питательных элементов. Поэтому в дальнейшем было более выгодно осваивать под посевы новые участки, а прежние забрасывать. С увеличением численности населения появилась необходимость возвращаться к распашке прежних участков земли после восстановления их плодородия, что привело к замене залежной системы земледелия на переложную. Зброшенные участки земли в первые годы зарастали бурьяном, а затем на них через 20—40 лет появлялась характерная для данных мест естественная растительность и происходило восстановление плодородия почв, после чего эти участки земли вновь вовлекались в сельскохозяйственное использование.

В северных районах нашей страны, в лесной зоне Сибири при освоении земель из-под леса человек использовал стихию огня. К такому способу освоения земель человек пришел в результате наблюдений за развитием естественной растительности (которая была очень пышной) на оставшихся после лесных пожаров участках. Лес вырубался, раскорчевывался, остатки леса сжигались, и на этом участке культурные растения возделывались определенный период времени, после чего земля забрасывалась. Такая система земледелия получила название подсечно-огневой. На Руси выжиг леса называли лядом, кустарника — сыресека. Набор возделываемых культур на огнищах, или палах, был небольшим. В северных районах высевали ячмень, репу, южнее — рожь, овес, лен, а в более южных — даже яровую пшеницу. После сжигания леса в результате удобрения золой почва обогащалась элементами питания растений. Кроме того, зола способствовала нейтрализации кислой реакции почвенного раствора. Все это позволяло в первые 3 года получать хорошие урожаи зерновых культур и льна на бедных почвах без внесения удобрений и 4—5 лет на более богатых. После этого почва быстро утрачивала плодородие. Ухудшались ее физико-химические, водно-воздушные свойства, затухали микробиологические процессы. Чтобы продлить использование участков земли, в некоторых случаях поля оставляли на 1—2 года без посева культур, а также вносили навоз в той мере, в какой позволяло для того времени слаборазвитое животноводство. Когда урожаи культур падали до такого уровня, который не обеспечивал

даже минимального вознаграждения за вложенный труд, участок забрасывался и осваивался другой.

С увеличением численности населения и возникновением частной собственности на землю появилась необходимость возвращения к использованию прежде оставленных участков земли, где уже поднялся молодой лес. Это, а также стремление к использованию хозяйственно ценного лесоматериала привело к замене подсечно-огневой системы земледелия на лесопольную. Более поздняя лесопольная система земледелия, например в бывшей Вологодской губернии, помимо традиционных культур включала и травы. В последний год возделывания хлебов производился подсев трав (преимущественно тимофеевки), которые использовали в течение ряда лет. Урожайность их составляла 15—24 ц/га сена. А. В. Советов отмечает, что русское травосеяние зародилось именно в Вологодской губернии.

Длительность использования примитивных систем земледелия в разных странах была неодинаковой. Уже в период Римской империи в ряде стран Западной Европы их фактически не было. В России примитивные системы земледелия были господствующими на огромной площади вплоть до XV—XIV столетий, а в отдаленных районах — на юго-востоке, в Сибири и северных губерниях европейской части страны они сохранялись до Великой Октябрьской революции. До середины XIX в. огневая система земледелия применялась и в США. До настоящего времени примитивные системы земледелия сохранились в ряде земледельческих районов Центральной Африки, Индонезии, Южной и Центральной Америки.

На смену примитивным пришли более интенсивные по сравнению с ними системы земледелия. Причины перехода к новым системам земледелия в разных районах были различны. Одна из них — рост населения и ограниченная земельная территория, что не позволяло расширять площади под посевами. Другой существенной причиной отказа от подсечно-огневой и лесопольной систем земледелия была очень большая трудоемкость освоения земель из-под леса. Главными же причинами, определившими переход крестьян России к новым формам земледелия, были социально-экономические — крепостничество и частная собственность на землю. По мере роста крепостного права ограничивалось передвижение крестьян, неизбежное при залежной и огневой системах земледелия. Основная масса крестьян стала трудиться на постоянных участках.

Для лучшего использования земли и борьбы с сорной растительностью между посевами культур стала вводиться паровая обработка почвы. Так, между посевами зерновых появилось паровое поле и переложная система местами стала переходить в переложно-паровую, а чаще всего — непосредственно в паровую, когда перелог стал одногодичным, т. е. паром. Пар периодически рыхлили, запахивали сорную растительность и в лучшем случае, при возможности, такое поле удобряли.

Первоначально в паровой системе применялись двухпольные се-

вообороты (пар — зерновые), а затем трехпольные (пар — озимые — яровые). Распространение паровой системы земледелия сопровождалось переходом от возделывания исключительно яровых хлебов к возделыванию наряду с ними более урожайных озимых хлебов, в частности озимой ржи. При паровой системе земледелия рожь стала основной продовольственной культурой в лесной зоне России и в ряде стран Западной Европы.

При правильной и своевременной обработке поля в пару почва очищалась от сорных растений, а при регулярном внесении навоза повышалось и ее плодородие. Поскольку содержание почвы под паром было главным фактором повышения ее плодородия, логичным стало название применяемой системы земледелия — паровая.

Переход к паровой системе земледелия позволил резко расширить площади посевов и увеличить производство зерна. На такой же площади, что и при залежной и переложной системах земледелия, площади посевов стали в 3—4 раза больше. Именно поэтому в России и появилось товарное зерно, так как выросло его валовое производство, хотя урожайность зерновых фактически не возросла (в XVIII столетии она колебалась в пределах 5—7 ц/га). Получив широкое распространение в России с начала XVI в., паровая система земледелия оставалась господствующей вплоть до Великой Октябрьской революции. До настоящего времени эта система земледелия сохранилась в некоторых засушливых районах США, Канады и в ряде других стран, где она экономически себя оправдывает. Однако пар без должного ухода за ним, без внесения на поля удобрений не полностью восстанавливает плодородие почвы и недостаточно хорошо очищает поля от сорняков. Даже и при соблюдении необходимых агротехнических приемов паровая система земледелия имела ряд минусов, которые стали проявляться все отчетливей по мере развития общества. Под паром находилась сравнительно большая доля посевной площади, обычно от 30 до 50%, в посевах отсутствовали кормовые травы. Производство кормов базировалось исключительно на использовании природных кормовых угодий и сорной растительности, произрастающей на полях, отводимых под пар. Кормовые угодья были малопродуктивны.

Для улучшения кормовой базы постепенно стали распахиваться малопродуктивные луга и в ряде мест сформировалась выгонная, или, по выражению А. С. Ермолова (1901), многопольно-травяная, система земледелия. В многопольно-травяной системе земледелия не менее половины площади посевов занимали сеянными многолетними травами, а на остальной площади возделывали зерновые культуры. Многопольно-травяная система земледелия применяется и в настоящее время в многоземельных малонаселенных странах в приморских и горных районах. В России в чистом виде эта система не получила широкого распространения, но отдельные ее элементы применяются в кормовых и почвозащитных севооборотах.

Дальнейший рост населения, развитие капитализма, ведение

войн требовали от сельского хозяйства большой и разнообразной продукции. В XVII и XVIII столетиях в ряде стран Западной Европы и в отдельных имениях русских помещиков делаются попытки улучшить паровую систему земледелия. Постепенно стали изменять структуру посевов, сокращать площадь под чистыми парами, распахивать малопродуктивные луга. В посевы вводятся такие новые культуры, как травы, картофель, корнеплоды. Плодородие почв в паровой и многопольно-травяной системах земледелия поддерживалось природными факторами, направляемыми в той или иной мере человеком (обработка паров, посев трав) и в меньшей степени средствами производства, производимыми промышленностью. Поэтому эти системы постепенно переходили в улучшенную зерновую. Это происходило наряду с включением в состав посевов новых культур путем введения в зернопаровые севообороты многолетних трав, а в многопольно-травяных — путем сокращения площади посевов под многолетними травами и увеличения площади посевов под зерновыми культурами. Как правило, в улучшенных зерновых системах земледелия многолетние травы на пахотных землях использовались только два года, а чистый пар занимал площадь посевов не более 20—25%.

Улучшенная зерновая система земледелия с применением травосеяния нашла широкое применение в Нечерноземной зоне нашей страны. В зернотравяных севооборотах зерновые культуры занимали до 65% посевной площади, 15—25% пахотной земли отводилось под чистые пары и 20—30% — под многолетние травы. Плодородие почвы поддерживалось возделыванием многолетних трав, обработкой паров и применением удобрений, преимущественно навоза.

Дальнейшее развитие улучшенной зерновой системы земледелия шло путем сокращения площади пахотных земель, занятых парами, и замены чистых паров на занятые, а также введением в севообороты пропашных культур. В таком виде эта форма системы земледелия в настоящее время применяется в зерновых районах юга, юго-востока европейской части СССР, в меньшей степени — в Сибири и в Северном Казахстане и называется паропропашной. В паропропашной системе земледелия в севооборотах зерновые культуры занимают 50—70% площади пашни, под пропашные, зернобобовые и крупяные культуры отводится 15—20% площади посевов и под чистые пары — 15—25%. Поддержание плодородия почвы в этой системе земледелия осуществляется путем обработки полей, отводимых под чистые пары и занятых пропашными культурами, внесения удобрений, применения комплекса мер по сохранению и накоплению влаги в почве.

Разновидностью улучшенной зерновой системы земледелия является сидеральная система земледелия. Отличительный признак ее — посев в паровом поле растений, весь урожай которых запахивается в почву как зеленое удобрение. Отдельные элементы этой системы земледелия возникли еще в давние времена. В качестве сидератов в Древней Греции, Римской империи и в странах Востока

использовали люпин, рожь, горчицу, клевер, горох, сераделлу. Сидеральная система земледелия получила некоторое распространение на бедных песчаных и супесчаных почвах в странах с достаточно влажным климатом. Повышение плодородия таких почв достигалось за счет полной заправки сидеральных культур. В основном такой культурой служил однолетний горький люпин, который запахивался в почву в зеленом виде, при этом наблюдается лучшее соотношение углерода и азота, которое колеблется от 8 до 17, что свидетельствует об относительно большем содержании азота, чем, например, в навозе, где это соотношение составляет от 25 до 30, а в корневых и пожнивных остатках зерновых культур — 35—45 и более. При заправке зеленой массы люпина в почву заметно повышаются ее биологическая активность, содержание органического вещества и доступных для растений форм азота. Позже, когда появился безалколоидный люпин, его стали выращивать как кормовую культуру, а на зеленое удобрение высевать люпин или другую культуру после уборки зерновых, т. е. как пожнивную культуру. В связи с этим сидеральная система земледелия постепенно теряла свою самостоятельность, так как пожнивными культурами можно возделывать при любой системе земледелия, к тому же появились и другие способы поддержания и повышения плодородия почвы.

На основных полевых массивах нашей страны вплоть до начала нынешнего столетия господствовала паровая система земледелия. В условиях плохой агротехники, постепенного снижения плодородия почвы резкое отрицательное влияние на формирование урожая сельскохозяйственных культур, особенно в южных районах страны, стали оказывать неблагоприятные погодные условия, особенно засухи, приводившие к массовым недородам. Настойчивые попытки установить причины неудач в земледелии того времени и разработать предложения по их устранению предпринимались многими учеными. В результате продолжительных научных исследований В. В. Докучаев, П. А. Костычев, А. А. Измаильский установили решающее значение в улучшении водного режима на черноземах мелкокомковатой водопрочной структуры почвы. Было показано, что неустойчивость урожаев и их резкое снижение в засушливые годы объясняются, как правило, не абсолютным недостатком атмосферных осадков, а неспособностью распашной почвы накопить и сохранить выпадающие осадки для использования культурными растениями в течение их вегетационного периода. В связи с этим В. В. Докучаев говорил о необходимости в этих условиях решения двух основных задач: 1) восстановление агрономически ценной физической структуры почвы, разрушаемой в результате небрежной или неграмотной обработки почвы, и 2) максимальное сохранение для растений в почве выпадающих осадков, проведение мероприятий по накоплению и сохранению влаги (создание лесных насаждений, предотвращение стока вод и др.).

На основании работ В. В. Докучаева, П. А. Костычева, других

ученых и своих исследований В. Р. Вильямс сформулировал основные положения травопольной системы земледелия, одной из главных задач которой являлось создание мелкокомковатой водопрочной структуры почвы. Многолетние злаково-бобовые травосмеси в сочетании с ежегодной культурной вспашкой считались единственными и незаменимыми средствами поддержания почвы в хорошем структурном состоянии. Травосмеси в любых условиях рассматривались как наиболее надежное средство восстановления почвенного плодородия (обогащение почвы органическим веществом, азотом, оструктурирование, борьба с болезнями растений, дезинфекция почвы). Только на структурной почве считалось возможным получать устойчивые высокие урожаи сельскохозяйственных культур. А поскольку в естественных условиях процесс восстановления плодородия почв, ее структурного состояния весьма длителен, то был сделан вывод о том, что его можно ускорить путем посева смесей рыхлокустовых злаковых и бобовых трав. Возделывание же любых однолетних растений в полевых условиях связывалось с неизбежным ухудшением структурного состояния почвы, а следовательно, и снижением ее плодородия. Задаче поддержания почвы в мелкокомковатом и водопрочном состоянии подчинялись структура посевов, система обработки почвы и все другие агротехнические мероприятия.

Важным разделом травопольной системы земледелия являлось рациональное сочетание основных отраслей сельскохозяйственного производства — растениеводства и животноводства. В ряде районов нашей страны освоение травопольной системы земледелия оказалось эффективным. Однако повсеместно она не была и не могла быть внедрена. Для разных почвенно-климатических и экономических условий отдельных регионов страны невозможно создать универсальную систему земледелия, которая была бы везде одинаково высокоэффективной.

Структурное состояние почвы является важным, но не единственным показателем ее плодородия. К тому же в засушливых районах страны многие почвы в мелкокомковатом рыхлом состоянии (например, каштановые, бурые и др.) теряют большое количество влаги в результате сильных ветров и низкой относительной влажности приземного слоя воздуха из-за диффузии паров воды, и поэтому необходимо проводить дополнительные мероприятия по ее сохранению, например прикатывание верхнего слоя почвы.

В борьбе за повышение почвенного плодородия В. Р. Вильямс придавал большое значение биологическим факторам и недооценивал производственное воздействие человека на плодородие почвы. Минеральные удобрения оказывались эффективными не только на структурных почвах, но и там, где структура в понимании В. Р. Вильямса не выражена. К тому же, как показали дальнейшие исследования, улучшение структурного состояния почвы в определенных условиях может наблюдаться не только под воздействием многолетних бобовых и злаковых трав, но и под воздействием однолетних культур, особенно при позднем их созревании, при

обработке почвы в состоянии ее физической спелости, при внесении различных структурообразователей и т. д. Травопольная система земледелия в полном виде не нашла применения в земледелии нашей страны.

В странах Западной Европы в связи с бурным развитием капитализма и ростом городского населения, усилившимся спросом на продукты животноводства переход к более интенсивным системам земледелия происходил быстрее, чем в России. На полях стали возделывать пропашные культуры, такие, как турнепс, брюкву, репу, а затем и картофель. Таким образом, начала складываться плодосменная (плодопеременная) система земледелия. В свое время плодосменное земледелие существовало в окрестностях Рима. Однако положения римского плодосмена не были четко сформулированы и с течением времени оказались забытыми. Развитие плодосменной системы земледелия в Западной Европе началось с XVI—XVII столетий, и она быстро заняла господствующее положение в Англии, а затем во Франции и несколько позднее в Германии. Основные положения плодосменной системы земледелия были сформулированы во второй половине XVIII в. Юнгом, Тэром и другими агрономами того времени. Из русских ученых много сделали в развитии учения о плодосмене А. Т. Болотов, И. А. Ковов.

Важнейшими положениями плодосменной системы земледелия являлись следующие. Все естественные кормовые угодья, за исключением высокопродуктивных лугов, распахиваются и занимаются посевами. Чистые пары отсутствуют. На полях возделываются не только зерновые, но и пропашные и кормовые культуры, при этом не допускаются повторные посевы сельскохозяйственных культур одной и той же группы на одном поле. В севооборотах на полях чередуются культуры различных групп. Широко распространенным севооборотом плодосменной системы земледелия являлся уже приводимый выше норфолькский севооборот: клевер — озимая пшеница — кормовые корнеплоды — ячмень с подсевом клевера, в котором наиболее четко выражено типичное для плодосменной системы земледелия соотношение культур: зерновые — 50%, пропашные и бобовые — по 25% площади посевов. Строгий порядок чередования культур в посевах обеспечивал защиту растений от поражения многими болезнями и повреждения вредителями, создавал благоприятные условия для борьбы с сорными растениями и более рационального использования питательных элементов из почвы. При возделывании клевера, люцерны и других бобовых трав в почве увеличивается содержание связанного азота и органических веществ, а при возделывании пропашных культур улучшаются физические свойства верхнего пахотного слоя почвы, она очищается от сорняков и без включения в структуру посевных площадей чистого пара. Периодическая глубокая и тщательная обработка почвы, внесение удобрений способствовали поддержанию и повышению плодородия почвы. Урожайность зерновых за 70—80 лет применения плодосменной системы земледелия возросла в два раза.

Резко поднялось производство концентрированных, сочных и грубых кормов, что создало возможность развития высокопродуктивного животноводства.

Попытки освоить плодосменную систему земледелия в России предпринимались еще в конце XVIII и начале XIX столетия. Стронником этой системы был профессор И. М. Комов, в труде «О земледелии» (1788) он рекомендовал смелее осваивать новую систему, но не копировать ее по западноевропейскому образцу, а ставить опыты и учитывать местные природные и экономические особенности.

Одной из причин, препятствовавших внедрению плодосменной системы земледелия в России, было ее экономическое положение в мире, особенности товарооборота с западными странами. Основными товарными продуктами русского экспорта тогда являлись зерно и частично лен. Плодосменная система земледелия не обеспечивала роста посевных площадей под зерновыми культурами, а даже уменьшала их долю по сравнению с паровой (трехпольной) системой. В условиях экстенсивного земледелия неоправданным оказывалось и возделывание на большой площади пропашных культур. Серьезным препятствием к введению плодосменной системы земледелия являлись и более суровые природные условия, особенно часто повторяющиеся засухи в южных районах. В таких условиях нельзя было отказаться от чистого пара в севооборотах. На плохо обрабатываемых и неудобренных полях урожаи озимых пшеницы и ржи, посеянных после занятых паров, были очень низкими. Клевер, высеваемый семенами, завезенными в Россию из западноевропейских стран, погибал от засух и вымерзания. Впоследствии были созданы отечественные сорта клевера, приспособленные к местным, более суровым климатическим условиям.

Плодосменную систему земледелия более успешно осваивали в западных районах Белоруссии и Украины, в Прибалтике. В тех же районах России, где возделывались клевер и пропашные культуры, посевы в севооборотах, как правило, размещали не по принципам плодосмена. Многолетние травы использовались больше одного года, в севооборотах сохранялся чистый пар, допускались повторные посевы зерновых колосовых, а иногда и пропашных культур.

Плодосменная система земледелия позволяет наиболее совершенно разрешать задачи повышения плодородия почвы по сравнению с другими системами: этому способствуют внесение навоза, посевы бобовых трав, периодическая глубокая обработка почвы, борьба с сорными растениями. Однако эта система хорошо подходит для широкоспециализированных хозяйств и в меньшей степени для узкоспециализированных хозяйств с интенсивными технологиями производства продукции земледелия.

К высокоинтенсивным системам земледелия, характеризующимся высокой механизацией полевых работ, химизацией, широким использованием мелиоративных мероприятий, относится про-

пашная система земледелия. В ней не менее половины посевных площадей занято пропашными культурами (картофелем, хлопчатником, свеклой, кукурузой, подсолнечником и др.). Такая насыщенность полей пропашными культурами возможна лишь при их возделывании на равнинных территориях, не подверженных водной эрозии и дефляции. Попытки освоить пропашную систему земледелия в США на землях с пересеченным рельефом окончились неудачей вследствие резкого проявления эрозионных процессов. То же касалось и внедрения пропашной системы земледелия в ряде районов Сибири, Казахстана, Северного Кавказа, Среднего и Нижнего Поволжья.

В пропашной системе земледелия в севооборотах отсутствуют чистые пары, высеваются промежуточные культуры, пропашные культуры занимают большую часть площади посевов и высеваются два года подряд и более. Активными средствами повышения плодородия почв служат тщательная обработка почвы, внесение больших количеств органических и минеральных удобрений, орошение или осушение земель, проведение мероприятий по предотвращению проявления эрозионных процессов.

За последнее столетие особенно возросла роль науки в разработке мероприятий по повышению плодородия почв и получению высоких урожаев. История развития отечественного и зарубежного земледелия убедительно показывает, что процесс смены систем земледелия и их совершенствование неизбежны. Чем быстрее развивается наука, сельскохозяйственное производство, материально-техническая база земледелия, ее ресурсы, тем более дифференцированными и интенсивными становятся системы земледелия и менее продолжительным период, когда применяемая система земледелия оказывается оптимальной в неизменном виде.

Система земледелия должна строиться на основе глубокого анализа и всестороннего учета природных и экономических условий сельскохозяйственного производства. Конкретность систем земледелия, дифференциация отдельных их агротехнических приемов не означают, что каждое хозяйство должно иметь свою принципиально отличную систему земледелия, хотя такое и возможно в случае резко различных почвенных и ландшафтных условий даже в пределах одного района. В современных системах земледелия появились новые и значительно усовершенствовались старые приемы и средства повышения плодородия почвы.

Современная паровая (зернопаровая) система земледелия существенно отличается от дореволюционной зернопаровой более эффективными приемами обработки, более высокими дозами внесения удобрений, использованием более урожайных сортов растений, приемами лесомелиоративных и противозрозионных мероприятий. Она применяется в настоящее время в районах Северного Кавказа и степной части Сибири и может быть названа по предложению В. П. Нарциссова (1982), парозерновой почвозащитной сухого земледелия Северного Казахстана и степных районов Сибири. В этом названии отражены природная зональность, общая направ-

ленность (почвозащитная) системы земледелия и структура посевов.

Улучшенная зерновая система земледелия получила дальнейшее развитие и широкое распространение с применением посевов трав, заменой чистых паров занятыми, известкованием кислых почв, сокращением сроков использования многолетних трав, посевом лучших сортов культур, проведением противоэрозионных мероприятий. В севооборотах улучшенной зерновой системы земледелия многие хозяйства часть полей занимают пропашными культурами (картофелем, кукурузой). Такие системы земледелия применяются во многих хозяйствах Нечерноземной зоны, в степных районах Украины, в Центрально-черноземных областях, Среднем и Нижнем Поволжье, в засушливых районах Северного Кавказа.

В настоящее время широко используется плодосменная система земледелия в лесостепной зоне, густонаселенных промышленных районах центральной части таежно-лесной зоны, в ряде районов орошаемого земледелия.

Свое дальнейшее развитие получила и пропашная система земледелия при возделывании технических и кормовых культур в специализированных овощекartофельных хозяйствах, на орошаемых полях в южных районах страны. Для резко засушливых районов Средней Азии она может быть названа более подробно как система орошаемого земледелия пропашная для районов Средней Азии.

Как известно, водная эрозия и дефляция почв наносят огромный вред почвенному покрову и, как следствие, эффективности всего сельскохозяйственного производства. Поэтому в районах, подверженных в сильной степени эрозионным процессам, применяются не отдельные противоэрозионные мероприятия, а весь комплекс почвозащитных приемов, которые в целом и составляют почвозащитную систему земледелия.

2. ПОЧВОЗАЩИТНЫЕ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Основой почвозащитных систем земледелия являются мероприятия по повышению противоэрозионной устойчивости почв, снижению стока воды, увеличению устойчивости почв к выдуванию, уменьшению силы приземного ветра воздуха и др. Сюда относятся агротехнические приемы воздействия на почву путем травосеяния; внесение органических удобрений; соответствующая механическая обработка почвы; внесение структурообразующих веществ, способствующих созданию пористых водопрочных агрегатов. Комплекс всех взаимосвязанных мер по защите почв зависит от вида и характера проявления эрозии, от почвенных, климатических условий, рельефа местности, правильной организации и использования территории, структуры посевных площадей. В настоящее время все системы земледелия должны быть почвозащитного характера. Однако применение почвозащитной системы земледелия ставит

своей главной задачей именно предотвращение проявления эрозионных процессов, сохранение и повышение плодородия почвы, разумеется, с одновременным получением продукции земледелия.

На землях, подверженных водной эрозии, проведение почвозащитных мероприятий начинается с противозерозионной организации территории. Такая организация предусматривает прежде всего оценку всех почв хозяйства по степени эрозионной опасности. Затем уточняется общая специализация хозяйства, планируется использование площадей с учетом эрозионной опасности. Одни площади могут быть признаны непригодными под сельскохозяйственное использование, другие могут быть отведены только под луга или пастбища, на третьих возможно возделывание культур с применением определенных почвозащитных мероприятий, на четвертых возделывать сельскохозяйственные культуры можно без принятия специальных мер защиты почв и т. д. Нарезка полей на эрозионно опасных землях проводится таким образом, чтобы длинные их стороны располагались поперек склона.

Очень велика роль растительного покрова в предохранении почвы от эрозии. Растения связывают корнями почвенные отдельные части в поверхностном слое, стебли разделяют водный поток на мелкие струйки, снижают его скорость, что вызывает отложение материала, смытого выше по склону. В природных условиях почва, покрытая растительностью, практически не подвергается эрозии. Поэтому на эрозионно-опасных землях стараются применять севообороты, насыщенные промежуточными культурами, совместными посевами, посевами многолетних трав, применять по возможности безотвальную обработку почвы, при которой на поверхности остаются растительные остатки. При возделывании пропашных культур создаются наибольшие условия для проявления (развития) водной эрозии, так как большая часть поверхности поля остается не прикрытой растениями. На некрутых склонах можно ограничиться посевом или посадками пропашных культур и проведением обработки почвы поперек склона. Там, где эти меры не дают нужного эффекта, применяют полосное размещение культур севооборота в направлении, перпендикулярном направлению водного и твердого стока: между полосами пропашных культур располагают полосы растений, предотвращающих эрозию. Обработка почвы с оборотом пласта проводится также только полосами. Если, например, необходимо запахать дернину многолетних бобовых трав, то между обработанными участками оставляют полосы, занятые теми же травами, или хлебными злаковыми культурами, или их стерневыми остатками и т. д. Чем меньше ширина полос, тем выше противозерозионный эффект, однако на слишком узких полосах неудобно производить технологические операции по возделыванию растений, иногда создаются неблагоприятные условия для их развития. В связи с этим ширина полос подбирается с учетом интенсивности проявления эрозионных процессов, особенностей технологии выращивания культур и применяемой на полях техники.

Иногда на полях создают буферные полосы шириной несколь-

ко метров путем посева культурных растений или путем посадки кустарников и деревьев. Постоянные буферные полосы из кустарников и деревьев высаживаются обычно на самых опасных в эрозионном отношении местах склонов или по краям полей.

Для уменьшения стока талых вод и его скорости на эрозионно опасных полях может применяться полосное зачернение снега (присыпка его торфом, золой, землей и т. д.). На таких полосах таяние снега ускоряется на несколько дней по сравнению с незачерненными.

На эрозионно опасных землях посев сельскохозяйственных культур производят поперек склона. Однако на некрутых склонах определенный эффект дает и такой способ посева, когда одна половина нормы высева семян высеивается вдоль склона или под некоторым углом к нему, а вторая половина — поперек склона. В результате этого получается своеобразная ячеистая поверхность, которая препятствует развитию эрозии.

Плодородная почва, обладающая хорошими агрономическими свойствами, содержащая много органических остатков, обладает большей устойчивостью к эрозии, чем малоплодородная распыленная почва. Поэтому повышение плодородия почв является одновременно и одной из мер, направленных на уменьшение проявления эрозионных процессов. Особенно важны мероприятия, направленные на увеличение содержания пористых водопрочных агрегатов, наиболее устойчивых к размыванию и обеспечивающих хорошую дренированность почв. К таким мероприятиям относятся внесение органического вещества в почву, известкование кислых почв, гипсование солонцов, использование полимеров-структурообразователей (полиакраамид, латексные смеси, препараты на основе лигнина и др.).

Дефляция начинает проявляться при скорости ветра 3—4 м/с на сухих, распыленных, лишенных растительности почвах. Наиболее активно дефляция действует на ветроударных склонах, на вершинах возвышенностей, на плоских выровненных поверхностях. Разработка комплекса мер борьбы с дефляцией начинается с организационно-хозяйственных мероприятий, которые предусматривают планирование и размещение земельных угодий в соответствии с дефляционной опасностью территории. Длинные стороны полей севооборотов следует ориентировать поперек основного направления эрозионно опасных ветров.

По границам полей высаживаются лесные полосы, которые имеют большое значение в предотвращении дефляции. Они значительно снижают скорость ветра (ослабление проявляется на расстоянии, в 30—40 раз превышающем высоту лесных полос), зимой задерживают снег, оказывающий существенное влияние на тепловой и водный режимы почв, которое прослеживается на десятки метров по обе стороны от лесной полосы.

Наиболее надежно предохраняет почву от дефляции сплошной покров травянистой растительности на полях. Корни растений надежно скрепляют почвенные частицы, стебли значительно снижают

скорость ветра в приземном слое воздуха (в десятки раз при густом стеблестое). Поэтому при возделывании культур в севообороте стараются максимально использовать почвозащитные свойства растений. Культуры в севообороте размещают полосами, ориентированными перпендикулярно к активным ветрам. Полосы поочередно засеваются растениями, различающимися по противодефляционным свойствам, например многолетние травы и пропашные культуры. Ширина полос зависит от многих факторов: особенностей технологии растений, устойчивости почв против дефляции, скоростей ветра, которые характерны для данной местности. Обычно ширина полос составляет от нескольких десятков метров до сотен метров.

Наиболее легко подвергаются дефляции песчаные почвы, а также распыленные и слабоагрегированные почвы разного гранулометрического состава. Поэтому мероприятия, направленные на улучшение структурного состояния почвы, способствуют уменьшению дефляции. Наличие в поверхностном слое почвенных агрегатов диаметром больше 1 мм предотвращает дефляцию при ветрах средней силы (до 11 м/с), но считается, что в дефляционных районах структурные отдельности в верхнем слое не должны быть меньше 2 мм в диаметре. Повышение плодородия почвы сопровождается улучшением ее агрегатного состава, поэтому плодородные почвы менее подвержены дефляции. На почвах, не защищенных растительным покровом, для предотвращения дефляции можно применять полимеры-структурообразователи, такие же, какие используются для предотвращения водной эрозии.

Влажная почва не подвергается дефляции, поэтому меры, направленные на накопление и сохранение в ней влаги, являются одновременно и противодефляционными. Важное место в системе мер по предотвращению дефляции почв отводится снегозадержанию на полях. Предотвращению сдувания снега с полей способствуют сохранение стерни на поверхности, валки соломы, оставленные на полях, кулисы, лесные полосы.

Если имеются в составе севооборотов пары, то на таких полях специально проводят посев растений, образующих кулисы-полосы. Обычно кулисы состоят из высокостебельных растений или их высоких остатков (эффективны кулисы из посевов горчицы). Стерня и кулисы в зимнее время задерживают снег на полях, который предохраняет почву от выдувания, а в весеннее время на таких полях дольше сохраняется влага, что также предохраняет почву от дефляции и способствует повышению урожайности культурных растений. При угрозе проявления дефляции на поливных землях достаточно полить пересохшую почву для ее предотвращения.

Следует отметить, что водная эрозия и дефляция почв часто проявляются в одних и тех же районах, на одних и тех же почвах. Поэтому необходимо разрабатывать комплекс мер, направленных одновременно против этих видов эрозии. И в случаях опасности проявления водной эрозии и дефляции полностью применяют комп-

лексы мероприятий, рассмотренных выше в почвозащитных севооборотах и в противозерозионной обработке почв.

Непрерывный рост и достижения научно-технического прогресса во всех областях знаний, в том числе и в земледелии, определяют современные системы земледелия как развивающиеся, динамичные. Общетеоретической основой любой системы земледелия являются законы и агроэкологические принципы земледелия. Умелое их использование и соблюдение обеспечивает высокий агротехнический и экономический эффект не только отдельных звеньев, но и всей системы земледелия в целом.

3. ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЯЕМЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Любая система земледелия, применяемая в хозяйстве, должна обеспечивать не только продуктивное и рациональное использование всех сельскохозяйственных угодий при одновременном повышении плодородия почв и экологической безопасности окружающей среды, но и высокую производительность труда и рентабельность производства. Причем экономическая оценка, оценка состояния окультуренности почв, ее свойств должны даваться в двух вариантах: при существующем уровне технологии, техники и организации производства и на перспективу, учитывая развитие всех производительных сил. В экономические показатели оценки системы земледелия входят рациональное использование земли, производительность труда, фондоемкость производства (как отношение основных производственных фондов к стоимости валовой продукции земледелия), прибыль и рентабельность производства.

Сельскохозяйственная продукция, получаемая в земледелии и используемая на продовольственные, фуражные и другие цели, оценивается по государственным закупочным ценам. Оценка производится также по выходу сельскохозяйственных культур в расчете на 100 га посевных площадей, что отражает в определенной степени специализацию производства. Однако важно оценивать выход продукции в расчете на единицу площади имеющихся сельскохозяйственных угодий. (Поскольку на небольшой площади какого-либо севооборота или даже одного поля, например, может быть достигнута очень большая продуктивность, урожайность культур, а другие поля или сельскохозяйственные угодья могут использоваться слабо, неэффективно. И если оценивать систему земледелия по первому показателю, то они будут благополучными или даже высокими, а по второму — низкими.)

Продуктивность сельскохозяйственных культур и полученный урожай оцениваются и по выходу кормовых единиц, когда за основу принимается запас энергии, содержащийся в 1 кг овса или в приравненных к нему продуктах. Такой показатель, правда, не является универсальным, поскольку, например, продукцию конопли, льна, хлопчатника, табака и ряда других культур нельзя пере-

Основные параметры нормативно-программного земледелия Татарской АССР при приходе ФАР за вегетационный период люцерны 2,23 млрд ккал/га, за период вегетации озимых зерновых — 2, сахарной свеклы — 1,8 и яровых культур — 1,5 млрд ккал/га (А. А. Зиганшин, 1987)

Показатель уровня интенсификации	Уровни интенсификации (использование ФАР)					
	1 (1,0%)	2 (1,5%)	3 (2,0%)	4 (2,5%)	5 (3,0%)	6 (3,5%)
Урожай основной продукции полевых культур (ц/га)						
озимой ржи, зерно	23	35	46	58	69	80
яровой пшеницы, зерно	18	27	36	45	54	63
гороха, зерно	18	27	36	45	54	63
сахарной свеклы, корнеплоды	144	214	286	357	428	500
люцерны за два укоса, сено	54	82	109	137	164	192
картофеля, клубни	88	131	175	218	263	306
Обеспечение культур элементами питания за счет почвы, органических и минеральных удобрений (кг д. в. на 1 га) при соотношении N : P : K						
озимой ржи (1:0,36:0,83)	154	235	308	389	462	536
яровой пшеницы (1:0,3:0,62)	130	194	259	324	389	454
гороха (1:1,3:1,5)	130	194	259	324	389	454
сахарной свеклы (1:0,33:1,3)	219	325	434	543	651	760
люцерны (1:0,4:0,6)	257	390	518	651	779	912
картофеля (1:0,33:1,3)	141	210	280	349	421	490
Применение органических удобрений (т/га пашни)	3	6	9	10	11	12
Периодичность известкования (лет)	5—7	5	4—5	4—5	4—5	4—5
Примерная потребность в минеральных удобрениях (кг д. в. на 1 га пашни)	110	200	200	270	360	440
Удельный вес орошаемой пашни (%)	6	7	8	9	10	11
Удельный вес земель, эффективно защищенных лесными полосами и другими приемами противозонойной защиты (%)	15	75	100	100	100	100

вести в кормовые единицы. Да и в тех случаях, когда продукцию сельскохозяйственных культур можно перевести в эти условные единицы, не всегда можно получить объективное представление о ее ценности, поскольку при этом не учитывается содержание в них перевариваемого животными белка. Например, зерно пшеницы при оценке в кормовых единицах стоит ниже зерна ячменя (1,11 и 1,23 кормовых единиц в 1 кг соответственно), а по содержанию в них белка зерно пшеницы имеет питательную ценность выше, чем зерно ячменя (112 и 73 г в 1 кг зерна соответственно). Поэтому для устранения противоречия пользуются кормопротеиновыми коэффициентами, что позволяет сопоставлять и оценивать различную продукцию. Кормопротеиновый коэффициент представляет собой произведение содержания кормовых единиц в продукции на содержание перевариваемого протеина в кормовой единице, деленное на зоотехническую норму содержания протеина в одной кормовой единице. Денежную стоимость кормовых единиц или кормопротеинового коэффициента определяют по выходу продукции животноводства.

Системы земледелия должны быть нормативными, нормативно-программными, ориентированными на определенную урожайность сельскохозяйственных культур в конкретной почвенно-климатической зоне и на ее повышение по мере постепенного нарастания отдельных или совокупных факторов интенсификации земледелия. В повседневной практике такие системы можно характеризовать как системы земледелия первого, второго и т.д. уровней применительно к району, области, краю. Уровни предлагается устанавливать по степени использования растениями фотосинтетической активной радиации солнца как неисчерпаемого и не регулируемого человеком источника энергии. Интервал между такими уровнями может быть взят 0,5% коэффициента использования ФАР. Для Татарской АССР А. А. Зиганшин выделяет шесть уровней интенсификаций систем земледелия (табл. 28).

При таком подходе, например, на третьем уровне интенсификации системы земледелия, КИ ФАР составляет 2%, потребность в минеральных удобрениях составляет примерно 200 кг на 1 га пашни, в органических — 9 т/га, периодичность известкования — 1 раз в 4—5 лет. На этом уровне достигается полная защита почв от эрозии. Соответственно урожайность сельскохозяйственных культур будет составлять: озимой ржи 46 ц/га, яровой пшеницы — 36, сахарной свеклы 286 ц/га. Комплексы агротехнических и организационно-экономических мер по повышению КИ ФАР культурными растениями можно принять за уровни интенсификации земледелия на ближайшие годы и на перспективу. Безусловно, при этом должны вестись наблюдения за состоянием почвенного покрова и окружающей среды, чтобы не происходило их ухудшение.

При оценке различных систем земледелия недостаточно ограничиваться лишь экономическими показателями при оценке технологии возделывания сельскохозяйственных культур и других со-

ставных частей системы земледелия. В районах проявления водной эрозии и дефляции необходимо также учитывать почвозащитную эффективность систем земледелия. При исследовании почвозащитной и экономической эффективности трех технологий обработки почвы под кукурузу на силос после возделывания яровой пшеницы на Донецкой противозерозионной станции изучались эффективность отвальной технологии обработки почвы, когда вспашку производили на глубину 25—27 см, плоскорезной технологии обработки почвы культиватором-плоскорезом КПГ-250 на глубину 25—27 см и технологии с поверхностной основной обработкой культиватором КПЭ-3,8 на глубину 6—8 см (Бусыгин, 1987). В среднем за три года исследований экономическая эффективность различных технологий, по которым обычно оценивается деятельность сельскохозяйственного предприятия, оказалась такова, что по основным показателям отвальная обработка почвы имеет преимущества по сравнению с другими технологиями. Урожай зеленой массы кукурузы составил 314 ц/га, при плоскорезной обработке — 288 и при поверхностной — 301 ц/га. Выход продукции по кормовым единицам с 1 га составил 5960, 5470 и 5720 соответственно. Чистый доход продукции при отвальной технологии обработки почв составил 341,3 р/га, при плоскорезной обработке — 310,4 и при поверхностной — 325,4 р/га. Выше оказалась и рентабельность производства кукурузы при отвальной обработке почвы.

На основании исследований изменений агрофизических свойств почв, определяющих ее противозерозионную устойчивость, а также параллельного определения стока и смыва почвы в естественных условиях и на физических моделях С. Ю. Бусыгиным была выведена формула критерия противозерозионной устойчивости почвы. При ранневесеннем снеготаянии противозерозионная устойчивость почвы при плоскорезной ее обработке оказалась в пять раз выше, чем при обработке почвы по отвальной технологии. Однако в период выпадения ливневых осадков преимуществ в почвозащитной эффективности плоскорезной технологии обработки почв по сравнению с отвальной не отмечено. Расчет экономических показателей различных технологий обработки почвы с учетом прямого ущерба от эрозии почвы (косвенный ущерб, снижающий урожайность культур и ухудшающий свойства почвы, рассчитать трудно) показал, что уровень рентабельности возделывания кукурузы по плоскорезной обработке почвы выше, чем по отвальной. Исходя из этого, следует рекомендовать именно плоскорезную технологию обработки почвы при возделывании кукурузы на силос в тех условиях на основании учета не только экономической, но и почвозащитной эффективности этой технологии.

Помимо противозерозионной характеристики применения той или иной системы земледелия необходимо рассматривать и оценивать состояние почвенного покрова более широко, изменение свойств почв в динамике. С этой целью в ряде районов нашей страны создаются почвенные мониторинги, позволяющие решать эти задачи.

4. ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НЕКОТОРЫХ ЗОН СССР

Основные резервы увеличения продукции земледелия в настоящее время заключаются в правильном использовании имеющегося фонда сельскохозяйственных угодий, в повышении плодородия почв. Наиболее эффективное использование основных факторов интенсификации земледелия — применение удобрений и в целом расширение химизации сельского хозяйства, использование высокопродуктивных растений, мелиорация и механизация (возможна лишь при наличии почв с высоким уровнем плодородия).

Почва должна не только содержать достаточное количество питательных элементов для растений и воды, но и максимально воспринимать, аккумулировать и равномерно предоставлять их возделываемым растениям, а также обеспечивать условия оптимального воздушного, теплового, окислительно-восстановительного режимов. Почвы должны обеспечивать возможность использования высокопроизводительных машин и орудий и при этом не подвергаться деградационным процессам.

Почвы должны обладать хорошо выраженными фитосанитарными функциями, т. е. способностью устранять в минимальные сроки явления «почвоутомления» при возделывании культур в узкоспециализированных севооборотах.

Интенсификация земледелия предъявляет к почвам и ряд дополнительных требований. Почвы полей должны обладать выровненным в пространстве уровнем плодородия, а поля — иметь оптимальные размеры.

Для всех зон страны актуальными остаются вопросы оптимизации содержания гумуса в почве на базе вначале бездефицитного его баланса, а затем и постепенного повышения его содержания в почве; создания мощного пахотного горизонта путем его окультуривания с учетом свойств исходного пахотного и подпахотного слоев; сочетания приемов разноглубинной обработки почв; оптимизации процессов обработки почв — совмещения нескольких операций по проведению полевых работ при одном проходе агрегата, выполнения всех полевых работ в оптимальные агротехнические сроки и т. д.

Нечерноземная зона европейской части СССР

Климат зоны умеренно континентальный, причем континентальность усиливается с запада на восток, а продолжительность теплого периода года и количество выпадающих осадков, наоборот, уменьшаются. Так, если в западных районах зоны выпадает 700—740 мм осадков, а сумма активных температур в вегетационный период составляет 2000°, то в восточных районах среднегодовое количество осадков снижается до 400 мм, а сумма активных температур — до 1440°. Осадки в вегетационный период выпадают неравномерно. Часто в первой половине лета бывает их недостаток, а во второй — избыток. В восточных районах нередко наблю-

270

дается и недостаток для растений воды в почве — проявляется почвенная засуха.

Почвы, распространенные в данной зоне, весьма разнообразны. Преобладают подзолистые, дерново-подзолистые, которые на севере граничат с тундровыми, а на юге — с серыми лесными и выщелоченными черноземами. Зона характеризуется относительно невысокой площадью распаханности земельных угодий. Актуальны для данной зоны мероприятия по повышению плодородия почв, поскольку большая часть пахотных почв и других сельскохозяйственных угодий слабокультурена и не отвечает современным требованиям интенсивного земледелия. Почвы на больших площадях характеризуются невысокой гумусированностью, кислой и очень кислой реакцией, неблагоприятным водно-воздушным режимом, что связано с широким распространением почв избыточного увлажнения, песчаных и супесчаных почв с неустойчивым водным режимом, бедны доступными растениям элементами питания. Поля в основном мелкоконтурны и располагаются на расчлененном рельефе. Почвенный покров имеет пятнистость и комплексность. В первом случае это почвы обычно разной степени оподзоленности, а во втором — микрокомбинации автоморфных и полугидроморфных почв. В сочетании контуры пятнистости и комплексности создают значительную неоднородность отдельных участков полей по свойствам и уровню плодородия, что существенно сказывается на эффективности сельскохозяйственного производства. Мелкоконтурность и разобщенность (расчлененность) пахотных угодий существенно снижает возможности использования сельскохозяйственной техники, производительность труда и получение высоких устойчивых урожаев.

Пашня и многие кормовые угодья в Прибалтийских республиках, в северных, северо-западных и северо-восточных областях на огромной площади характеризуются каменистостью, что обуславливает особые требования к орудиям обработки почвы и посева, а также на организацию работ по уборке камней (культурмелиорация).

В этой зоне возделываются зерновые культуры (озимая рожь, озимая пшеница, ячмень и др.), картофель, травы, кукуруза на силос, овощи, ягоды, сосредоточено основное производство льна-долгунца, широко представлено молочное и мясное животноводство, промышленное птицеводство.

В соответствии с почвенно-климатическими и экономическими условиями данной зоны применяются следующие системы земледелия: плодосменная, которая существенно отличается от классической западноевропейской тем, что здесь на полях возделываются сельскохозяйственные культуры одной группы больше одного года и в полевые севообороты не всегда вовлекаются естественные кормовые угодья; улучшенная зерновая с возделыванием зерновых культур и многолетних трав (сюда же можно отнести льноводно-кормовую систему земледелия, выделенную В. П. Нарциссовым как самостоятельная); пропашная в интенсивных хозяйствах ово-

щекартофельного и других направлений на хорошо окультуренных почвах; почвозащитная и др.

Системы земледелия зоны должны обязательно предусматривать оценку требований отдельных групп сельскохозяйственных культур к почвенным условиям среды обитания. Это позволяет выявить почвы, которые могут быть использованы в земледелии без проведения на них специальных мероприятий по улучшению их параметров. В то же время, зная степень пригодности почв для возделывания тех или иных культур, можно решать вопросы рационального расширения площади пашни за счет других угодий и их мелиорации.

В зоне широко распространены почвы с избыточным увлажнением. Улучшение и более широкое использование заболоченных почв в земледелии являются важным звеном в системе по рациональному использованию почвенных ресурсов Нечерноземной зоны. В этом плане заслуживает внимания эколого-экономический подход в оценке целесообразности мелиорации почв различной степени увлажнения при различном их сельскохозяйственном использовании, предложенный Ф. Р. Зайдельманом (1969). При такой оценке почвы, испытывающие избыточное увлажнение, разделяются на три группы.

К первой группе относятся слабооглеенные почвы, на которых все сельскохозяйственные культуры независимо от влажности года дают более высокие урожаи, чем при их возделывании на неоглеенных почвах. Повышение плодородия этих почв должно осуществляться путем применения мероприятий, установленных для обычных автоморфных почв данного гранулометрического состава. Для повышения эффективности удобрений (особенно азотных и фосфорных) и других агротехнических мероприятий на почвах с явлениями избыточного увлажнения особое значение имеют агромелиоративные мероприятия, направленные на улучшение водно-воздушного режима почв: отвод избытка вод временными бороздами, планировка полей, землевание, почвоуглубление, создание мощного пахотного слоя почвы и др.

Вторую группу представляют глееватые и торфянисто-глеевые почвы. Они характеризуются резко неблагоприятным водным режимом, угнетающим развитие растений и приводящим к их гибели. К этой группе относятся также слабоглееватые почвы, развитые на тяжелых слабоводопроницаемых породах. На таких почвах во влажные и средние по увлажнению годы наблюдается вымокание сельскохозяйственных культур. Улучшение свойств и режимов этой группы почв должно основываться на их мелиорации с устройством закрытого дренажа.

Третью группу составляют широко распространенные в этой зоне глеевые почвы. Сельскохозяйственные культуры на таких почвах неодинаково реагируют на условия увлажнения в разные по влажности годы, и целесообразность осушительных мероприятий для почв этой группы должна определяться составом культур, т. е. конкретной структурой севооборотов. При высоком насыще-

нии севооборотов озимой пшеницей, картофелем, льном окупаемость дренажа происходит в относительно короткий срок, так как эти культуры чувствительно реагируют на условия избыточного увлажнения почв. При наличии в севообороте многолетних трав, овса, однолетних силосных культур в составе занятого пара срок окупаемости мелиоративных систем возрастает в 4—5 раз, и в этом случае строительство дренажа нерентабельно.

Успех мелиоративного преобразования часто обуславливается не только и не столько глубиной или степенью коренного изменения физических и химических свойств почв, сколько последующим улучшением и закреплением измененных свойств почв, созданных в процессе мелиоративных работ, агромелиоративными приемами. Поэтому в севооборотах на мелиорированных землях должны предусматриваться одно или несколько полей, на которых проводились бы агротехнические, культуртехнические или мелиоративные мероприятия по улучшению и коренному преобразованию почв, по повышению их плодородия (ликвидация мелкоконтурности, планировка поверхности, удаление камней, углубление пахотного слоя и внесение удобрений, известкование, борьба с сорными растениями и др.).

Песчаные и супесчаные почвы широко распространены в таежно-лесной зоне. Они характеризуются низким уровнем естественного плодородия: в них мало гумуса, низкое содержание валовых и подвижных соединений азота, фосфора и калия, незначительная емкость катионного обмена и буферность. Водный режим их неблагоприятен для растений, что обусловлено высокой водопроницаемостью и слабой водоподъемной способностью легких почв. Они быстро просыхают, и сельскохозяйственные культуры на таких почвах часто страдают от недостатка влаги. Вместе с тем песчаные и супесчаные дерново-подзолистые почвы быстрее прогреваются весной, чем тяжелые, что позволяет проводить на них полевые работы в более ранние сроки и возделывать раннеспелые культуры.

Для повышения плодородия песчаных и супесчаных почв важное значение имеет улучшение их водно-воздушных свойств путем увеличения влагоемкости и водоудерживающей способности, повышения содержания гумуса, элементов питания, емкости поглощения, устранения излишней кислотности. Это достигается внесением органических удобрений, торфа, возделыванием культур на сидеральные удобрения, глинованием, известкованием кислых почв.

Для многих районов, особенно для южной и юго-восточной частей зоны, большое значение имеют противоэрозионные мероприятия, направленные на предотвращение водной эрозии почв. Особенно эффективны специальные виды обработки почв — вспашка с щелеванием, лункование, бороздование, гребневание, почвоуглубление, безотвальная и разноглубинная вспашка, контурная обработка почвы и обработка поперек направления склонов. На почвах повышенной крутизны наряду с почвозащитными севооборотами применяется полосное размещение культур сплошного се-

ва поперек склона (многолетних и однолетних трав, озимых и яровых зерновых культур). Предотвращению проявления водной эрозии способствуют мероприятия по улучшению структурного состояния почвы — внесение органических удобрений, травосеяние, известкование и др. Мероприятия по окультуриванию и защите почв от эрозии детально разработаны по областям и республикам и являются важной составной частью современных систем земледелия.

Система применения удобрений в данной зоне строится на фоне известкования почв. Известкование кислых почв нейтрализует кислотность и способствует повышению эффективности использования растениями минеральных и органических удобрений примерно на 30—40%. Внесение органических удобрений повышает биологическую активность почв и ее буферность, снижает опасность заражения растений болезнями, что приобретает особое значение в условиях специализированных севооборотов.

Севообороты применяются в виде систем, отвечающих установленной структуре посевных площадей и учитывающих почвенные, климатические и организационно-хозяйственные особенности местности и хозяйств. В южной и юго-восточной частях зоны севообороты более насыщены зерновыми культурами, чем в северной и северо-западной. Озимые культуры, как правило, высевают по занятым парам, а также после многолетних трав, гороха, льна-долгунца. Чистые пары являются исключением и вводятся лишь как временная мера на слишком засоренных, каменистых и истощенных полях.

Система обработки почвы требует дифференцированного подхода в каждом конкретном случае, должна учитывать большое разнообразие почвенно-климатических условий территории зоны. Поскольку большая часть почв имеет малоплодородный и маломощный пахотный слой, легко подвергающийся водной эрозии, то окультуривание и углубление пахотного слоя производятся различными приемами обработки почвы в сочетании с внесением удобрений.

Центрально-черноземная зона

Крупным и очень важным районом интенсивного земледелия и животноводства является Центрально-черноземная зона, которая расположена в лесостепной и степной зонах и куда входят пять административных областей: Воронежская, Белгородская, Курская, Липецкая и Тамбовская. Распаханность территории очень высокая и составляет 82% общей площади сельскохозяйственных угодий. Природные условия зоны хотя и не одинаковы в различных районах, однако благоприятны для интенсификации земледелия. Климат умеренно континентальный с нарастанием континентальности с северо-запада на юго-восток. Годовое количество осадков постепенно убывает в таком же направлении с 615—550 до 450—400 мм в год. Засушливые годы бывают обычно 1 раз в

3—4 года. Почвенный покров представлен оподзоленными, выщелоченными и типичными черноземами, серыми лесными и частично дерново-подзолистыми почвами на северо-западе и в центральной части, обыкновенными и южными черноземами на юго-востоке. Большая часть территории характеризуется незначительной облесенностью и сильной расчлененностью рельефа, что способствует проявлению водной эрозии и образованию смытых почв.

В условиях Центрально-черноземной зоны возможно возделывание и получение высоких урожаев самых разнообразных сельскохозяйственных культур — зерновых, технических, кормовых и овощных. Под зерновыми занято 50—57% площади пашни. Возделываются ячмень, пшеница, рожь, зернобобовые, кукуруза, просо, гречиха. Основные технические культуры зоны — сахарная свекла и подсолнечник.

Система земледелия на большей части территории плодосменная. В отдельных районах с сильным проявлением эрозионных процессов система земледелия почвозащитная. Только 43,5% пашни зоны расположено на водораздельных равнинах и склонах крутизной менее 1°, 35,6% пашни занимают склоны крутизной от 1 до 3°, 13,9% — склоны 3—5° и 7% пашни — на еще более крутых склонах. Решающее значение для предотвращения эрозионных процессов имеет осуществление всего комплекса противоэрозионных мероприятий. В почвозащитных севооборотах удельный вес многолетних трав должен составлять 50% и более, должно проводиться облесение территории водосборов.

В процессе сельскохозяйственного использования черноземы потеряли в некоторых местах до 50% запасов гумуса в пахотном слое, а вместе с этим утратили значительную часть своего плодородия, поскольку уменьшилось содержание питательных веществ, ухудшились водно-физические свойства почв в результате распыления и уплотнения, снизилась противоэрозионная устойчивость. Поэтому актуальным является внесение на поля органических удобрений и проведение других мероприятий по стабилизации содержания гумуса в почве, а в дальнейшем постепенного его накопления.

Одной из важнейших проблем земледелия в этой зоне является проблема накопления и сохранения в почве влаги. Если на большей части территории зоны при строгом соблюдении агротехнических приемов и высокой культуры земледелия нет острой необходимости в чистых парах, то во многих южных, юго-восточных и восточных районах они необходимы. По мере возрастания аридности климата и дефицита влаги роль чистых паров в ее накоплении возрастает. Чистые пары эффективны, когда их хорошо обрабатывают, осуществляют надлежащий уход и вносят высокие дозы органических удобрений. Необходимость в чистых парах отпадает при орошении полей.

Несмотря на высокое естественное плодородие черноземов и серых лесных почв, и на них отмечается высокая эффективность

применения удобрений, особенно в западных и северо-западных районах.

Орошение дождеванием полевых и кормовых угодий не вызывает необходимости коренной перестройки структуры посевов и системы земледелия, хотя некоторые изменения в отдельных ее звеньях вполне возможны.

Система земледелия в этой зоне включает посадку полезащитных лесонасаждений, которые способствуют накоплению влаги в почве, уменьшают отрицательное действие суховеев.

Степная зона европейской части СССР

Площадь зоны 120 млн га, или 5,4% территории страны. Степную зону европейской части принято делить на 3 региона: 1) Украины и Молдовы, 2) Предкавказский и 3) Волжско-Уральский. Распаханность земель в первых двух регионах очень высокая — 62—64%, на Нижнем Поволжье и Южном Урале несколько ниже — 48—50%.

В европейской степной зоне с запада на восток возрастает континентальность и суровость климата, снижается теплообеспеченность, сокращается вегетационный период, ухудшаются условия увлажнения. Недостаток влаги характерен для всей зоны. Коэффициент увлажнения варьирует от 0,45 до 0,75. Сумма активных температур (выше 10°) уменьшается с запада на восток от 3400 до 1500°, вегетационный период сокращается от 180 до 100 дней.

В регионе Украины и Молдовы 85% пашни расположено на обыкновенных и южных черноземах, более 5% — на лугово-черноземных и луговых почвах, остальное — на солонцеватых черноземах, пойменных, каштановых и других почвах. Гранулометрический состав почв в основном тяжелый: тяжелосуглинистые и глинистые почвы составляют около 90%, 4—5% пашни расположено на солонцовых комплексах.

Количество осадков за год 375—500 мм, наиболее засушливые месяцы июнь и июль. Орошается 8—9% пахотных земель. Сумма активных температур (выше 10°) 2800—3400°, период с такими температурами составляет 170—190 дней. Большая часть пашни в той или иной степени подвержена водной эрозии, в некоторых районах наблюдается дефляция.

В Предкавказском регионе климат умеренный и среднеконтинентальный с продолжительным теплым летом и мягкой зимой, среднегодовое количество, осадков 400—500 мм, при приближении к горам Кавказа количество осадков увеличивается. В этом регионе влажность воздуха выше, чем в украинском, но и здесь растения часто страдают от недостатка влаги, особенно в августе и сентябре. Орошение применяется на 10—12% пашни. Сумма активных температур и продолжительность периода с такими температурами примерно такие же, как и в украинском регионе.

Промерзание почвы слабое и не ежегодное. Почвенный покров

под пашней на 75% представлен обыкновенными и мощными карбонатными черноземами, 15% пашни — на южных черноземах, остальное — луговые, лугово-черноземные и другие почвы. Гранулометрический состав почв в основном тяжелый (почти 90% площади). Преимущественно равнинный характер рельефа обуславливает относительно небольшие масштабы водной эрозии (на 10—12% пашни), но вместе с тем обширные площади подвержены дефляции.

Во лжско-Уральский регион обладает засушливым, умеренно теплым средне и резко континентальным климатом, среднегодовое количество осадков 275—350 мм, коэффициент увлажнения 0,35—0,45. Теплообеспеченность региона удовлетворительная, сумма активных температур составляет 2700—3200°, продолжительность периода с такими температурами 160—180 дней.

В почвенном покрове пашни преобладают темно-каштановые и каштановые почвы (почти 90%), часть из них солонцеватые. Небольшие площади имеют луговые, лугово-каштановые почвы и южные черноземы. Около трети пахотных земель расположено на солонцовых комплексах, около 5% — на солонцах, 2—3% — на засоленных почвах. Гранулометрический состав почв довольно разнообразен: 65% пахотной почвы имеют тяжелосуглинистый и глинистый состав, легко- и среднесуглинистых почв почти 30%, супесчаных — около 5%, каменистых — 1—2%. Орошается более 3% пашни. Рельеф преимущественно равнинный, водная эрозия заметно развита на 15% пашни, дефляция охватывает значительные площади.

Почвенно-климатические условия степной зоны европейской части СССР благоприятны для выращивания пшеницы, основным поставщиком которой в стране эта зона и является. Здесь получают высокие урожаи ценных сильных и твердых сортов пшеницы. В соответствии с различием в почвенно-климатических условиях зоны изменяется технология выращивания пшеницы. Полевые севообороты зоны различаются набором культур, долей чистых и занятых паров в своей структуре, всегда значительные площади в них занимает пшеница. В этих севооборотах доля пшеницы может составлять от 50 до 75%. В более увлажненных районах (северо-западная часть региона Украины и Молдовы, западная и предгорная части Предкавказского региона) озимая пшеница располагается по занятым парам, однолетним и многолетним травам, рано убираемым пропашным культурам. Пары занимаются чаще озимыми культурами и кукурузой на зеленый корм. Применение чистых паров здесь экономически невыгодно. Яровая пшеница здесь занимает значительно меньшую площадь, чем озимая, и высевается чаще после озимых и пропашных культур. В этих регионах из яровых колосовых большие площади занимает ячмень.

В более засушливых районах возрастает роль чистого пара как лучшего предшественника под озимую пшеницу. Применение чистого пара преследует как главную цель сохранение и накопление влаги в почве. Кроме того, в таком пару можно добиться уничто-

жения значительной части сорняков. В отсутствие вегетирующих растений в почве накапливаются питательные вещества в доступных растениям формах. Значение чистого пара в различных условиях увлажнения почв можно проследить на примере научных рекомендаций, данных для Волгоградской обл. Недостаток влаги в области наиболее велик в зоне каштановых почв Левобережья, на правом берегу Волги он меньше, наиболее благоприятные условия увлажнения на северо-западе области в зоне черноземных почв. Для последнего района доля чистого пара в структуре севооборота должна быть 24,3%; 70% озимых должны высеваться по этим парам. Для правобережья рекомендовано 31,2% площади пашни отводить под чистый пар, а озимые должны идти только по чистым парам. В севообороте доля чистых паров должна быть уже 37,7%.

По мере усиления континентальности и засушливости климата в восточном направлении доля озимых в севооборотах уменьшается в пользу яровых, уменьшается доля пропашных культур, севообороты имеют более короткую ротацию. Развитие озимых, а следовательно, и их перезимовке препятствует недостаток влаги в осеннее время. В данных условиях к соотношению посевов озимой и яровой пшеницы необходимо подходить гибко, в зависимости от погодных условий года; если условия увлажнения благоприятствуют развитию озимых, то высевают их, если нет — то на этом поле весной высевают яровые. В степных районах Волжско-Уральского района при выращивании озимых следует особое внимание уделять мероприятиям по снегозадержанию, из которых наиболее эффективными являются выращивание кулисных растений и оставление стерни на полях.

Степная зона европейской части является основной базой для выращивания кукурузы на зерно и подсолнечника на семена. Кукурузу в севообороте чаще размещают после зерновых озимых культур. Кукуруза служит хорошим предшественником для яровых зерновых. При выращивании подсолнечника следует учитывать, что почва после него в значительной степени иссушена, последующие культуры часто засоряет падалица, поэтому в относительно засушливых условиях подсолнечник располагают в конце севооборота, перед чистыми парами. Повторные посевы подсолнечника проводят обычно не ранее чем через 5—7 лет, так как на этом поле часто размножаются специфические вредители, возбудители болезней и паразитные сорняки. В условиях достаточного увлажнения подсолнечник может быть хорошим предшественником озимых, которые подавляют падалицу.

Сахарная свекла выращивается в этой зоне в районах, относительно обеспеченных влагой. Обычно посевы свеклы концентрируются в районах ближе к сахарным заводам, так как это культура малотранспортабельная. Почва в посевах сахарной свеклы сильно иссушается, что необходимо учитывать в использовании этой культуры как предшественника. В Поволжском районе распространены посевы ценной технической культуры — горчицы.

Благоприятные условия для выращивания бахчевых культур в европейской части СССР имеются в Поволжье — в Волгоградской и Астраханской обл., на Украине — в Херсонской обл. В засушливых условиях люцерну выращивают в основном в выводных полях. Бессменные посевы кукурузы располагают также на выводных полях. В некоторых районах зоны есть благоприятные условия для выращивания промежуточных культур. Особенно активно используют промежуточные культуры при орошении.

Практически все пахотные почвы зоны подвержены тем или иным видам эрозии. На западе зоны основной вред наносит водная эрозия, чаще под воздействием ливневых осадков. При продвижении на восток возрастает роль дефляции, и в Предкавказском и особенно в Волжско-Уральском районе она может нанести ощутимый вред, если не принять необходимых мер. В местах, где эрозия проявляется особенно активно, внедряются специальные почвозащитные севообороты, чаще травопольные со всем сопутствующим комплексом противоэрозионных мероприятий.

Ведущими задачами обработки почв в рассматриваемой зоне являются сохранение и накопление влаги в почве, защита ее от эрозии и дефляции. К мероприятиям по сохранению и увеличению плодородия почв относятся: внесение органических и минеральных удобрений; внедрение почвозащитных севооборотов; мелиорация солонцов с применением специальных обработок почвы, внесением гипса и использованием методов самомелиорации солонцов. При поливе необходимо строго придерживаться приемов, предотвращающих деградацию и засоление почв.

Степная зона Северного Казахстана и Западной Сибири

Климат этой зоны характеризуется как резко континентальный. На юге степной части Казахстана выпадает в среднем за год 200 мм осадков, а на севере — 350 мм. В степной части Сибири среднегодовое количество осадков составляет 240—300 мм. Зимой выпадает всего 15—20% годового количества осадков, мало их выпадает и в первую половину вегетационного периода развития растений. Средняя температура самого теплого месяца — июля — 20—25°С, а максимальная достигает 35—40°С, а на поверхности почвы нередко доходит до 50°С. Засухи и суховеи — частое явление сибирского и казахстанского земледелия. На большей части территории степной зоны Казахстана засухи бывают каждые четыре года из десяти. Иногда они повторяются два-три года подряд. По времени они бывают весенними, летними и осенними. Нередко засуха захватывает два и даже три этих периода. Наряду с засухами в этой зоне бывают годы с холодным и дождливым летом. В такие годы развитие растений замедляется и еще до их созревания наступают осенние заморозки. Безморозный период в среднем 110—120 дней, с колебаниями от 80 до 156 дней. Характерный признак степного климата Казахстана и Сибири — частые и силь-

ные ветры, которые вызывают пыльные бури, дефляцию почв, они особенно опасны в предпосевной и послепосевной периоды, когда почва с поверхности просохла, но еще не имеет растительного покрова.

Почвенный покров Северного Казахстана и степных районов Сибири представлен обыкновенными и южными черноземами, темно-каштановыми, каштановыми и светло-каштановыми почвами. Большие площади естественных кормовых угодий заняты черноземами, каштановыми почвами в комплексе с солонцами.

Главным направлением земледелия этих обширных территорий является производство зерна яровой пшеницы, а также кормов для удовлетворения потребностей животноводства. Из кормовых культур в некоторых районах возделывают многолетние и однолетние травы, кукурузу и подсолнечник на силос, а из технических — подсолнечник, горчицу и др.

В этой зоне преобладают почвозащитные зернопаровая и улучшенная зерновая системы земледелия.

Чистые пары обязательно входят в структуру севооборота. Они позволяют накапливать в почве влагу, проводить борьбу с сорными растениями, мобилизовать доступные для растений питательные вещества почвы. Чистые пары являются лучшими предшественниками для яровой пшеницы.

В условиях богарного земледелия в степных районах Сибири и Северного Казахстана установлено, что пары должны составлять 25% в степной зоне Казахстана и до 33% в сухостепной зоне на каштановых и светло-каштановых почвах. В степной части Сибири пары должны составлять 15—20% площади полевых севооборотов. На чистых от сорняков полях лучше иметь кулисные пары. Они имеют существенные преимущества перед чистыми парами: в них выше запас продуктивной влаги для растений, на них получают более высокие урожаи сельскохозяйственных культур. Кулисы делают 1—3-строчные из подсолнечника или 5-строчные из горчицы, их высевают, как правило, в начале июля. К концу вегетационного периода растения подсолнечника достигают 2 м. Размещают их поперек направления господствующих ветров, а на склонах крутизной 2° и более — поперек склонов. Поздний посев кулис позволяет провести в пару две-три сплошные обработки почв, очистить поля от сорняков и использовать влагу летних осадков для получения быстрых и дружных всходов сельскохозяйственных культур. Кулисы, расположенные через 6—12 м, обеспечивают равномерное распределение на полях снегового покрова высотой 45—55 см (вместо 8—10 см на полях без кулис), что позволяет накопить в почве необходимое количество влаги для растений. В результате снегозадержания почва промерзает на меньшую глубину, весной быстрее оттаивает и лучше впитывает талую воду. Весьма положительна роль кулис и в борьбе с дефляцией не только в парах, но и при возделывании яровых культур.

Характерной чертой севооборотов степных районов Сибири и Северного Казахстана является полосное размещение в почвоза-

щитных севооборотах паров, пшеницы и трав. Чем резче выражена опасность проявления дефляции почв, особенно на эрозионно неустойчивых почвах легкого гранулометрического состава, тем большее значение приобретает полосное размещение посевов и пара. Из многолетних трав для посева лучшей культурой является житняк, который может занимать поля до 5—7 лет подряд и тем самым защищает почву от дефляции, обогащает почву корневыми остатками, улучшая структурное состояние и повышая плодородие почвы. Житняк может оставлять 20—25 т корневых остатков на 1 га за три-четыре года в 20-сантиметровом слое почвы и ежегодно давать корма.

Одним из основных элементов систем земледелия данной зоны служит плоскорезная обработка почвы. Оставление стерни на полях после уборки зерновых предотвращает проявление дефляции почв, улучшает водный режим, поскольку зимой на полях задерживается снег, а летом уменьшается диффузное и капиллярное испарение воды из почвы. На полях, обработанных плоскорезами или глубокорыхлителями, предпосевная обработка и посев сельскохозяйственных культур должны обеспечивать максимальное сохранение жнивья. Закрытие влаги в почве весной проводится игольчатой бороной, которая удовлетворительно крошит почву и сохраняет стерню. Посев зерновых культур на таких полях проводится специальными стерневыми сеялками типа СЗС-2,1, обеспечивающими одновременно с посевом культивацию почвы на глубину заделки семян, внесение удобрений и прикатывание каждого рядка. На сильно засоренных полях предпосевная культивация хорошо обеспечивается культиватором КПЭ-3,8 со штангой.

Важнейшей составной частью системы земледелия является подбор наиболее урожайных и стойких к недостатку влаги и раннеосенним заморозкам сортов растений, а также применение удобрений. Почвы содержат достаточные количества питательных веществ для растений, однако многие из них находятся в недоступных или труднодоступных формах. Сельскохозяйственные культуры очень отзывчивы на внесение фосфорных удобрений. Удобрения не только улучшают питательный режим почвы, но и способствуют более продуктивному использованию растениями влаги. На почвах легкого гранулометрического состава с низким содержанием гумуса большое значение при возделывании пшеницы и других культур имеет применение навоза и компостов. Азотные удобрения повышают урожай и не затягивают период созревания зерновых лишь при правильном соотношении в почве доступных форм азота и фосфора.

Важное значение в земледелии степных районов Сибири и Северного Казахстана имеет система ползащитных лесонасаждений, особенно в таких почвенно-климатических условиях, где они по условиям увлажнения могут успешно развиваться.

В настоящее время в системах земледелия зоны большое место занимают мероприятия по защите почв и посевов от засоренности, болезней и вредителей сельскохозяйственных культур. При отсут-

ствии необходимых мер борьбы с сорняками, урожайность зерновых снижается на 25—50%. Наиболее полное и быстрое очищение полей от сорных растений достигается при сочетании правильно построенных севооборотов, соблюдении требований к обработке почвы, сроков посева культур и применении быстро инактивирующихся химических средств борьбы с сорняками. Высокоэффективным гербицидом против всех видов сорных растений является реглон, при внесении которого на парах уменьшается количество обработок почвы и обработка может проводиться на меньшую глубину. В борьбе с овсягом эффективны гербициды карбин, вносимый по всходам культур, триаллат, который вносится в верхний слой почвы перед посевом семян. Против двудольных сорных растений применяются гербициды производные 2,4-Д.

Важной составной частью систем земледелия являются мелиоративные мероприятия по улучшению свойств солонцов, встречающихся в степных районах Сибири и Северного Казахстана на пахотных почвах и на естественных кормовых угодьях. На солонцовых пятнах применяется землевание с использованием органических удобрений (навоза) и гипса в системе глубокообрабатываемого черного пара.

Действенным средством борьбы с засухами и дефляцией почв в условиях данной зоны является искусственное орошение, правильное использование для этих целей вод местного стока (лиманное орошение).

Дальний Восток

Дальний Восток занимает очень большую территорию в северных и средних широтах и имеет много различных природно-климатических зон: от тундры на севере до лугово-лесной зоны с преобладанием в древостое широколиственных пород на юге. В зоне тундры и тайги земледелие развито очень слабо, пахотные земли расположены в основном в лугово-лесной зоне Приморского края, а также в Амурской области и частично в Хабаровском крае.

Лугово-лесная зона занимает площадь более 15 млн га, площадь пашни 2,5 млн га (1,1% пашни в стране). Рельеф зоны преимущественно равнинный, местами пологоволнистый с заболоченными понижениями. В почвенном покрове преобладают бурые лесные почвы, они часто оглеены. В низменных равнинах широко распространены лугово-черноземовидные и луговые почвы тяжелого гранулометрического состава, на которых расположена основная часть пашни (до 65%), остальная часть пашни (до 30%) расположена на бурых лесных почвах также тяжелого гранулометрического состава. Под пашню используются также пойменные аллювиальные почвы легкого гранулометрического состава и осушенные лугово-болотные почвы. Пахотные почвы имеют на большей площади (>60%) кислую реакцию, бедны подвижным фосфором и гумусом, часто оглеены. Свыше 12% пашни осушено, около 4% — орошается.

Климат зоны муссонный с обильными осадками, за год выпадает 700—1000 мм, коэффициент увлажнения 1,0—1,3. Весной обычно выпадает мало осадков, а во второй половине лета они часто выпадают в виде ливней. Лето умеренно теплое, зима достаточно снежная и холодная. Сумма активных температур (выше 10°) 2100—2600°, период с такими температурами 125—150 дней.

Достаточная обеспеченность теплом позволяет в этой зоне выращивать зерновые культуры, сою, а в южных районах и рис. Пахотные земли более северных районов Дальнего Востока используются в основном для выращивания кормовых культур, а также картофеля и овощей. Соя занимает в общей структуре посевных площадей зоны большое место (>25%). В районах возделывания площадь, занятая соей, в севообороте может достигать 43% (три поля из семи). Соя легче других культур переносит избыток влаги, поэтому ее можно размещать на тяжелых почвах, склонных к переувлажнению. Одновременно с ней в севообороте можно выращивать зерновые культуры, клевер и однолетние травы, которые до наступления периода дождей успевают закончить вегетацию. На Дальнем Востоке подбирают скороспелые сорта зерновых, которые можно высевать весной в ранние сроки.

На легких почвах кроме зерновых культур и сои в севооборот включаются более чувствительные к переувлажнению культуры — картофель, сахарная свекла, кукуруза. Многолетние травы часто выращиваются в выводных полях. Всего в структуре посевных площадей зоны кормовые культуры занимают около 30%. В приморских севооборотах выращивают различные силосные культуры, кормовые корнеплоды, многолетние и однолетние травы.

Среди зерновых культур, которые занимают до 40% пашни, преобладают яровая пшеница и ячмень. Рис в этой зоне выращивается в специальных рисовых севооборотах. Рисовые поля здесь чередуются с посевами сои, клевера, зерновых культур. Соя в этих севооборотах используется и как сидеральная культура.

В связи с почвенно-климатическими условиями Дальнего Востока имеет свои особенности система обработки почв. На тяжелых переувлажненных почвах большое значение имеют глубокая обработка почв и увеличение мощности пахотного горизонта. На почвах с маломощным гумусовым горизонтом применяются приемы углубления, характерные для дерново-подзолистых почв: постепенное припахивание подпахотного слоя, подпахотные рыхление и т. д. Используются также все приемы обработки посадки и посева культур, рекомендуемые для избыточно увлажненных земель. Под яровые зерновые культуры проводят раннюю зяблевую вспашку, а весной, не дожидаясь оттаивания всего пахотного горизонта, обрабатывают верхнюю его часть и высевают культуру.

Основные мероприятия по повышению плодородия почв включают в себя: известкование кислых почв; проведение мелиораций, предусматривающих двустороннее регулирование водного режима; внесение органических и минеральных удобрений; выращивание промежуточных культур на сидеральное удобрение.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Агрофитоценоз 74
Альгициды 230
Арборициды 230
- Бороздование почвы 173
— — прерывистое 175
Боронование почвы 159
- Взмет пласта 149
Вид севооборота 112
Виды вспашки 149
— обработки почвы 143
Вспашка почвы 144
— — культурная 149
— — профилирующая узкозагонная 173
— — ступенчатая 175
— — узкозагонная 173
Выравнивание поверхности почвы 140
- Гребневание 174
Грядование 174
- Десиканты 230
Дефолианты 231
- Закон незаменимости факторов жизни растений 88
— минимума, оптимума и максимума 88
— совокупного действия факторов жизни растений 90
Закон убывающего плодородия почвы 60
Звено севооборота 115
- Качество обработки почвы 165
Корпус плуга 144
Коэффициент использования пашни 117
Коэффициент хозяйственной эффективности 40
Кротование 171
Крошение почвы 135
Культиватор - плоскорез-глубококоры-литель 157
Культивация 157
Культура бессменная 98
Культуры зерновые 109
— зернобобовые некропашные 109
— некропашные технические 108
— промежуточные 117
— — озимые 118
— — подсевные 118
— — пожнивные 118
— — поукосные 118
— — кропашные 108
- Лемех 144
Лункование 176
Лушение 156
Лушительник дисковый 156
— лемешный 156
- Минимализация обработки почвы 183
Монокультура 98
Мульчирование почвы 48
- Оборачивание почвы 138
Обработка почвы 135
— — контурная 175
— — мелкая 143
— — основная 143
— — поверхностная 143
— — попереk склона 175
Окультуривание почвы 78
Оптимизация обработки почвы 182
Отвал корпуса плуга 144
- Пар 105
— занятый 106
— кулисный 106
— ранний 106
— сидеральный 106
— черный 106
— чистый 105
Перемешивание почвы 136
Пестициды 230
Плодородие почвы 59
— — естественное 59
— — искусственное 59
— — природное 59
— — эффективное 59
Плодосмен 114
— двоянный 114
Плотность сложения почвы 71
— — — оптимальная 71
— — — равновесная 136
Площадь питания растений 129
Плуг 144
— балансный 151
— безотвальный 151
— дисковый 153
— клавишный 150
— комбинированный 155
— лемешный 144
— оборотный 150
— поворотный 150
— ротационный 155
— трехъярусный 169
— челночный 151
— чизельный 152
Поле 96
— выводное 98
— сборное 98

Посев бороздковый 132
— гнездовой 132
— гребневой 132
— квадратно-гнездовой 133
— ленточный 131
— перекрестный 131
— подпокровный 133
— пунктирный 132
— разбросной 130
— рядовой 131
— — сплошной 131
— — широкорядный 131
— треугольно-гнездовой 133
— широкорядный 132
Посевы повторные 98
Предплужник 147
Предшественники 105
Приемы обработки почвы 143
Прикатывание почвы 161

Растения сорные 201
— — засорители 206
— — специализированные 204
— сорно-полевые 206
— — антропохоры 206
— — апофиты 207
— — рудеральные 209
— — сегетальные 209
Ретарданты 231
Ротация севооборота 97
Рыхление почвы 135

Связность почвы 142
Севооборот 96
— зернопаровой 113
— зернопаропропашной 113
— зернопропашной 113
— зернотравяной 113
— зернотравянопропашной 114

— кормовой 112
— плодосменный 114
— полевой 112
— почвозащитный 112
— прифермский 112
— пропашной 114
— сдвоенный 114
— сенокосно-пастбищный 112
— сидеральный 115
— специальный 112
— травопольный 115
— травянопропашной 113
Система земледелия 252
— — залежная 253
— — лесопольная 253
— — многопольно-травяная 256
— — паровая 255
— — паропропашная 257
— — переложная 253
— — плодосменная 260
— — подсечно-огневая 253
— — почвозащитная 263
— — пропашная 261
— — сидеральная 257
— — травопольная 259
— — улучшенная зерновая 257
Система обработки почвы 186
Спелость почвы физическая 142
Схема севооборота 97

Таблица ротационная 97
Террасирование склонов 176
Тип севооборота 112

Уплотнение почвы 136

Фреза 153

Щелевание почвы 176

Оглавление

От авторов	3
Глава I. Земледелие как отрасль сельскохозяйственного производства и как наука	
1. Основные отрасли сельского хозяйства и их взаимосвязь	4
2. Особенности земледелия как отрасли производства	6
3. Особенности почвы как основного средства производства в земледелии	7
4. Земельные ресурсы	9
5. Пути интенсификации земледелия	13
6. Основные факторы интенсификации земледелия	16
7. Земледелие как наука и ее связь с почвоведением	21
Глава II. Краткая история развития земледелия как производственной деятельности человека и как науки	
Глава III. Научные основы земледелия	
1. Факторы жизни растений и приемы их регулирования в земледелии	38
2. Плодородие почв и почвенные условия среды обитания растений	59
3. Агрофитоценоз и его отличия от естественного фитоценоза	74
4. Характеристика почв, используемых в земледелии	77
5. Законы и экологические принципы земледелия	87
Глава IV. Севообороты	
1. Севооборот, основные понятия и определения	96
2. Теоретические основы учения о севооборотах	98
3. Характеристика паров и отдельных групп сельскохозяйственных культур как предшественников	105
4. Проектирование, классификация и построение севооборотов	110
5. Промежуточные культуры и влияние их на плодородие почв	117
6. Почвозащитные севообороты	120
7. Оценка севооборотов. Книга истории полей. Паспорт земельного участка	125
Глава V. Способы посева и посадки сельскохозяйственных культур	
1. Показатели качества семян и подготовка их к посеву	127
2. Способы посева и посадки сельскохозяйственных культур	129
3. Глубина заделки семян в почву	133
Глава VI. Обработка почвы	
1. Задачи обработки	135
2. Технологические операции при обработке почвы	135
3. Физико-механические свойства почвы	141
4. Виды и приемы обработки почв	143
5. Обработка почвы при внесении удобрений	164
6. Скорость обработки почвы	165
7. Оценка качества обработки почвы	165
8. Углубление пахотного горизонта	166
9. Обработка переувлажненных почв	170

10. Обработка почв, подверженных водной эрозии	175
11. Обработка почв в дефляционно опасных районах	177
12. Обработка почв на орошаемых землях	178
13. Обработка почв осваиваемых территорий	179
14. Оптимизация обработки почв	182
15. Системы обработки почв	186
16. Влияние обработки на свойства почв	196

Глава VII. Сорно-полевые растения

1. Вред, причиняемый сорными растениями земледелию	201
2. Биологические особенности сорных растений	203
3. Классификация сорных растений	206
4. Представители отдельных биологических групп сорно-полевых растений и их характеристика	209
Однолетние сорные растения	209
Двулетние сорные растения	211
Многолетние сорные растения	212
Паразитные и полупаразитные сорные растения	218
5. Мероприятия по предупреждению засорения сельскохозяйственных угодий	220
6. Оценка засоренности сельскохозяйственных угодий и вредности сорных растений	223
7. Механические и физические меры борьбы с сорными растениями	227
8. Химические меры борьбы с сорными растениями	230
9. Биологические методы и комплексные мероприятия в борьбе с сорными растениями	245

Глава VIII. Уборка урожая

Глава IX. Системы земледелия

1. Развитие систем земледелия	252
2. Почвозащитные системы земледелия	262
3. Показатели оценки эффективности применяемых систем земледелия	266
4. Особенности систем земледелия некоторых зон СССР	270

Предметный указатель	284
--------------------------------	-----

Учебное издание

В и т я з е в Виктор Генрихович

М а к а р о в Игорь Борисович

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

Зав. редакцией **Н. М. Глазкова**

Редактор **О. В. Апенъева**

Художественный редактор **Л. В. Мухина**

Художник **Б. С. Вехтер**

Технический редактор **Г. Д. Колоскова**

Корректоры **И. А. Мушникова, Л. С. Клочкова**

ИБ № 4191

Сдано в набор 22.03.91

Подписано в печать 13.08.91

Формат 60×90¹/₁₆ Бумага тип. № 2

Гарнитура литературная. Высокая печать

Усл. печ. л. 18,0 Уч.-изд. л. 20,64

Тираж 7000 экз. Зак. 61 Изд. № 1448

Цена 4 р. 95 к.

Ордена «Знак Почета» издательство Московского университета.

103009, Москва, ул. Герцена, 5/7.

Типография ордена «Знак Почета» изд-ва МГУ.

119899, Москва, Ленинские горы