

Р

Учебники и учебные пособия для средних
сельскохозяйственных учебных заведений

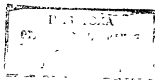
В. В. ГРИЦЕНКО, В. Е. ДОЛГОДВОРОВ



ОСНОВЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ УРОЖАЕВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР



Допущено Главным управлением высшего и среднего
сельскохозяйственного образования Министерства сель-
ского хозяйства СССР в качестве учебного пособия для
учащихся средних сельскохозяйственных учебных за-
ведений по агрономическим специальностям



МОСКВА АГРОПРОМИЗДАТ 1986

ББК 41 47

Г85

УДК 631 559(075.3)

Рецензенты доктор сельскохозяйственных наук профессор *А М Гаврилов*, доктор сельскохозяйственных наук профессор *А Ф Иванов*, кандидат сельскохозяйственных наук *В И Филин*, преподаватели *В В Фортуна*, *З П Фортуна*

Гриценко В. В., Долгодворов В. Е.

Г85 Основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур. — М. Агропромиздат, 1986 — 56 с, ил. — (Учебники и учеб пособия для сред с-х учеб. заведений).

В учебном пособии даны теоретические основы программирования урожая сельскохозяйственных культур, описаны методы его определения, способы расчета оптимальных норм внесения удобрений Рассмотрены биологические и агротехнические факторы, способствующие получению программируемого урожая Приведена методика ведения практических занятий Для учащихся агрономических специальностей

Г 3803010302—049 195—86
035(01)—86

ББК 41.47

Владимир Васильевич Гриценко, Владимир Егорович Долгодворов

ОСНОВЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ УРОЖАЕВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Заведующий редакцией *Ю И Демин*
Редактор *Е М Боровкова*
Художественный редактор *О М Сорокина*
Технический редактор *М Б Терентьева*
Корректор *Н И, Клочкова*

ИБ № 4323

Сдано в набор 17 09 85 Подписано к печати 27 11 85 Т 17094 Формат 84X108¹/₃₂ Бумага тип № 3 Гарнитура литературная Печать высокая
Усл печ л 2,94 Усл кр-отт 3,15 Уч-изд л 3,02 Изд № 302 Тираж 19000 экз Заказ № 4178 Цена 10 коп

Ордена Трудового Красного Знамени ВО «Агропромиздат», 107807, ГПС, Москва, Б 53, ул Садовая-Спасская, 18

170000, г Калинин, Студенческий пер, 28 Областная типография

© ВО «Агропромиздат», 1986

ПРЕДИСЛОВИЕ

Стабильному росту урожайности сельскохозяйственных культур, более эффективному использованию материальных, трудовых и почвенно-климатических условий способствует применение интенсивных технологий, базирующихся на полном удовлетворении потребности растений в жизненно важных факторах внешней среды.

Программирование урожаев — это разработка комплекса взаимосвязанных мероприятий, своевременное и высококачественное выполнение которых обеспечивает получение запланированного урожая. Данное направление в агрономии синтезирует достижения большого числа смежных наук — физиологии растений, земледелия, растениеводства, почвоведения, агрохимии, метеорологии, агрофизики, а также математики, кибернетики и экономики. Основная цель его состоит в том, чтобы перейти к широкому использованию в агрономии количественных моделей и электронно-вычислительной техники, позволяющей быстро обработать большую информацию о факторах, влияющих на рост растений, и наметить оптимальный вариант агрономических мероприятий, направленных на получение запрограммированных урожаев.

Программирование урожаев требует предварительной обработки всей накопленной смежными науками информации, разработки стройной системы мер по получению заданного, максимально возможного по почвенно-климатическим ресурсам урожая, а при достаточной влагообеспеченности — полного использования генетического потенциала возделываемых сортов.

Составная часть быстро развивающейся науки об управлении — программирование. Первые опыты по этой проблеме были проведены известным селекционером-картофелеводом А. Г. Лорхом. Еще до Великой Отечественной войны он разработал систему выращивания 50,0 т/га картофеля в условиях Подмосковья. Фактически получали урожайность 52,8 т/га. Суть програм-

мы состояла в следующем. на основании длительных наблюдений составляли график нарастания биологической массы картофеля, затем в соответствии с этим регулировали питание, водоснабжение и углекислотный обмен растений. Программа возделывания полностью соответствовала биологическим особенностям роста и развития картофеля. Позднее А. Г. Лорх разработал систему выращивания 70,0 т/га картофеля.

В те же годы проводил опыты с озимой пшеницей М. С. Савицкий. На опытном поле Всесоюзной сельскохозяйственной выставки он получил по 9,98 т/га зерна. М. С. Савицкий заранее составил структурную формулу урожая, которая включала густоту стояния растений, число продуктивных стеблей, колосьев, зерен в колосе, массу 1000 зерен. Дальше он рассчитал норму удобрений на заданный урожай. Не было забыто и орошение. Фактический урожай оказался близким к программируемому.

Позднее в разработке проблемы программирования урожаев принимает участие большое число ученых. Создание точных приборов, контролирующих рост и развитие растений, способствовало обогащению программы новыми элементами. Оснащение сельского хозяйства электронно-вычислительной техникой уже сейчас позволяет разработать машинные программы для обоснования оптимальной технологии получения заданных урожаев.

Ученые социалистических стран совместно с советскими исследователями целенаправленно и комплексно работают над созданием таких технологий, которые позволят экономично и эффективно использовать каждый гектар пашни, каждый центнер минеральных удобрений, каждый рубль затрат, вкладываемых на подъем сельского хозяйства.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ УРОЖАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Программирование урожаев предусматривает определение потенциально возможного урожая (ПУ); определение действительно возможного урожая (ДВУ),

выявление причин несоответствия между фактически получаемыми и действительно возможными урожаями, расчет доз минеральных и органических удобрений, вносимых под программируемый урожай для каждого поля севооборота с учетом агрохимических показателей почвы и биологических особенностей культуры,

составление технологических карт и сетевых графиков, включающих все необходимые агротехнические мероприятия, способы и сроки их выполнения;

своевременное и качественное выполнение агротехнических мероприятий, предусмотренных технологической картой,

учет урожая и условий выращивания сельскохозяйственных культур на каждом поле с целью накопления информации, необходимой для систематического уточнения расчетов, осуществляемых при определении потенциально возможных урожаев, а также выявления факторов (показателей), лимитирующих получение действительно возможных урожаев, заложенных в генетическом потенциале каждого сорта

С помощью этого метода возможно заранее рассчитать норму посева, густоту стояния растений, площадь листьев, фотосинтетический потенциал для посевов заданной продуктивности с учетом климатических условий, особенностей сорта, естественного плодородия почвы и уровня обеспеченности хозяйства материальными и трудовыми ресурсами

Основные факторы жизнедеятельности растений, определяющие их продуктивность. Одним из главных принципов ведения современного сельскохозяйственного производства является применение интенсивных методов ведения сельского хозяйства с целью повышения

урожайности сельскохозяйственных культур и качества продукции

Получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур возможно лишь при создании оптимальных условий для превращения и обмена веществ в растительном организме, начиная от фотосинтеза и кончая образованием конечных продуктов жизнедеятельности растений. Обеспечение непрерывного процесса образования органического вещества — необходимое условие получения высокого урожая с хорошими качественными показателями

Для непрерывной работы зеленых листьев растений необходим постоянный приток энергетических средств: света, различных элементов минерального питания, воды, тепла, углекислого газа и кислорода. Необходимо также оптимальное сочетание внешних факторов плодородия почвы, приемов возделывания, влажности и температуры почвы, позволяющих растениям реализовать свои потенциальные возможности

Уровень питания растений, используемые сорта, агротехнические приемы возделывания почвы, погодные условия находятся в тесной взаимосвязи, определяющей величину урожая. Резкое отклонение любого фактора от нормы может оказаться решающим и ограничить получение высоких урожаев.

Получение максимально возможного урожая чаще всего зависит от нерегулируемых или труднорегулируемых факторов (свет, тепло), которые могут ограничивать рост и развитие растений

Познание законов формирования урожаев, требований к условиям внешней среды позволяет определить главные пути воздействия на урожай, который определяется комплексом факторов, находящихся в сложном взаимодействии (рис 1).

При разработке системы агротехнических мероприятий, направленных на получение программированных урожаев сельскохозяйственных культур, необходимо руководствоваться основными законами растениеводства и земледелия равнозначности и физиологической незаменимости всех жизненно необходимых условий или факторов (света, тепла, воздуха, влаги и элементов питания), возврата питательных веществ, плодосмена, минимума, оптимума, максимума, совокупного действия факторов жизни растений.

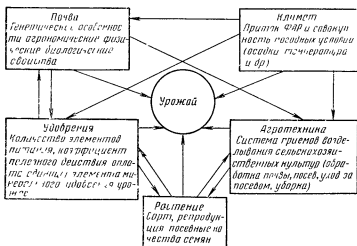


Рис 1 Взаимодействие факторов роста, влияющих на урожайность сельскохозяйственных культур

Планирование, прогнозирование и программирование урожаев.

Программирование урожая следует отличать от прогнозирования и планирования. В программировании принимают во внимание только решающие факторы, влияющие на формирование урожайности: удобрения, технологию возделывания, орошение, сорт, защиту растений от болезней, вредителей, сорняков и полегания. Разработка проблемы программирования во всей ее сложности возможна в будущем при учете большого объема сведений об управлении формированием урожая как в количественном, так и в качественном отношении.

Планирование урожая — это первый этап программирования. Оно базируется на средних статистических данных по урожайности в данном хозяйстве или на данном поле за много лет с превышением на определенный процент, учитывающий уровень агротехники, механизации и организации труда, а также запросы населения страны в продуктах питания и промышленности в сырье.

Планирование состоит из долгосрочных (связанных с перспективами развития), текущих (затрагивающих

процессы в период одного года) и оперативных (реализуемых на каждом этапе формирования урожая) задач

Прогнозирование представляет собой расчет теоретически возможного нарастания урожая, обеспечиваемого климатическими, почвенными и материально-техническими ресурсами. Оно дает возможность предсказать конечный результат по возделыванию культуры в определенных почвенно-климатических условиях. Цель прогнозирования — дать научное обоснование величины урожая при разработке планов производства сельскохозяйственной продукции.

При программировании, кроме научного прогноза величины и качества урожая, заранее намечается предстоящий ход его формирования, то есть рост и развитие растений по этапам органогенеза или фазам роста и развития. При этом целенаправленно осуществляется оптимизация основных факторов формирования урожая.

Программирование урожая — это научно обоснованное прогнозирование поэтапного его формирования, оптимизация основных факторов роста и развития и управление процессом формирования урожая на основе априорной и оперативно-текущей информации, быстро обрабатываемой на электронных вычислительных машинах (ЭВМ) по специальным программам.

При программировании урожайности сельскохозяйственных культур необходимо иметь соответствующие математические (функциональные) модели, надежные машинные программы для ЭВМ, заданные режимы технологии возделывания сельскохозяйственных культур, уметь пользоваться ЭВМ для быстрого оперативного определения потребных агротехнических приемов для получения программируемой урожайности.

Принципы программирования урожая. Многолетние экспериментальные исследования и обобщение результатов работ по фотосинтезу, минеральному питанию, водному режиму, продуктивности культурных растений, использованию посевов фотосинтетически активной радиации (ФАР) позволили академику И. С. Шатилову в 1970 г. обосновать экологические, биологические и агротехнические основы программирования урожая. Он предложил 10 принципов программирования.

Первый состоит в учете гидротехнического показателя продуктивности фитомассы.

Гидротермический показатель — сово-

купность двух метеофакторов — теплового и влажностного, которые определяют размеры и качество урожая.

Урожай фитомассы — понятие относительное и в различных районах земного шара выражается по-разному. Накопление биомассы находится в самой тесной связи с фотосинтетически активной радиацией (ФАР). Так, годовой прирост сухой биомассы для тундры составляет 0,5—1,5 т/га, для лугов средней зоны он возрастает до 12—15 т/га, а в зоне тропических лесов — до 30—40 т/га. Отмечается, что общая биомасса растений увеличивается при продвижении от полюсов земли к экватору в 30—35 раз и зависит от радиационного баланса. Зная приход ФАР за вегетационный период, можно рассчитать возможную урожайность культуры (сорта).

Второй принцип основан на определении урожайности по коэффициенту использования растениями фотосинтетически активной радиации.

А. А. Ничипорович отмечает, что посевы сельскохозяйственных культур по использованию ФАР можно разделить на следующие группы: обычные — 0,5—1,5%, хорошие — 1,5—3,0%, рекордные — 3,5—5,0% и теоретически возможные — 6—8%.

Чем выше коэффициент использования ФАР, тем выше урожай биомассы. К причинам снижения коэффициента использования ФАР можно отнести слабое развитие растений из-за плохой обеспеченности элементами питания, недостаток и избыток влаги, нарушение агротехники возделывания культур (сорта) — загущенные или изреженные посевы, засоренность полей, поражение болезнями и повреждение вредителями.

Для более полного использования энергии необходимо формировать такие посевы, которые способны аккумулировать большее количество ФАР.

Третий принцип состоит в определении потенциальных возможностей культуры (сорта) применительно к тем условиям, где предполагается получить высокие урожаи.

В каждой зоне Советского Союза потенциальные возможности культуры (сорта) проявляются по-разному. Для определения потенциальной возможности сорта необходимо использовать данные сортоучастков и научных учреждений, где более высокий уровень агротех-

ники и потенциальные возможности сорта проявляются лучше

Четвертый принцип состоит в том, чтобы на поле, занятом растениями, сформировать соответствующий фотосинтетический потенциал (ФП).

Получить высокую урожайность возможно при условии, если растения сформируют такой ФП, который обеспечит рассчитанные уровни урожайности

По данным академика И. С. Шатилова, в условиях Подмосковья каждая тысяча единиц ФП обеспечивает 2,5—3 кг зерна. Для получения 5,0—5,5 т зерна озимой пшеницы необходимо сформировать ФП, равный 2,0—2,5 млн $\text{м}^2/\text{га} \cdot \text{дн}$

Фотосинтетический потенциал неразрывно связан с чистой продуктивностью фотосинтеза, характеризующей производительность работы площади листьев. Средняя чистая продуктивность фотосинтеза составляет 4—7 г $\text{м}^2/\text{сут}$. Чем выше чистая продуктивность фотосинтеза, тем выше урожайность культуры

Пятый принцип состоит в необходимости правильного применения основных законов земледелия и растениеводства.

Урожайность определяется не только биологическими особенностями культур (сорта), но и условиями их выращивания. При программировании урожайности необходимо учитывать критические периоды у растений по отношению к влаге, элементам минерального питания. Так, например, у всех культурных растений критический период по отношению к фосфору приходится на ранние фазы развития, и если в этот период растения испытывают резкий недостаток фосфора, то в более поздний период обеспечение растений фосфором не ликвидирует фосфорного голодания и отрицательно сказывается на формировании урожая.

Шестой принцип состоит в разработке системы удобрения с учетом эффективного плодородия почвы и потребности растений в питательных веществах, обеспечивающих получение запланированного урожая высокого качества

Удобрения — мощный фактор повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Система удобрения должна строиться с учетом непрерывного повышения плодородия почвы и охраны окружающей среды. При разработке системы удобрения необходимо знать

количество элементов питания, идущее на формирование единицы продукции, содержание элементов питания в почве, коэффициенты использования элементов питания из почвы и удобрений, сроки и способы внесения удобрений с учетом особенностей поступления питательных веществ в разные фазы развития растений

Седьмой принцип программирования урожайности заключается в разработке комплекса агротехнических мероприятий, исходя из требований культуры (сорта). Система обработки почвы (глубина, сроки, способы) должна быть такой, чтобы для развития корневой системы были созданы наиболее благоприятные условия. Неправильно установленная норма высева, нарушение глубины заделки семян, несвоевременный посев всегда приводят к получению изреженных посевов и резкому снижению урожаев

Восьмой принцип состоит в том, чтобы в орошаемом земледелии обеспечить растения водой в оптимальном количестве, а на богаре исходить из сложившихся климатических условий

За последние годы накоплен большой экспериментальный материал по водопотреблению различных сельскохозяйственных культур, выявлены оптимальная влажность почвы для нормального развития растений, коэффициенты водопотребления различных культур. Все это дает возможность по-научному подойти к режимам орошения посевов

Для большинства сельскохозяйственных растений оптимальная влажность почвы — 65—80% от наименьшей влагоемкости почвы

В условиях неорошаемого земледелия водный режим почвы определяют на основе данных метеорологических станций и с учетом этого рассчитывают уровень урожайности. Хотя погодные условия будут непременно сказываться на уровне урожайности, тем не менее расчетный метод ее определения дает возможность правильно использовать эффективное плодородие почвы и применение удобрений

Девятый принцип состоит в том, чтобы обеспечить выращивание здоровых растений, исключить отрицательное влияние вредителей и болезней на рост, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур

Получение высоких, устойчивых урожаев невозмож-

но без разработки комплекса мер по защите растений от вредителей, болезней и сорняков.

Десятый принцип требует соответствующих экспериментальных данных, использования ЭВМ и математического аппарата, который позволит наиболее точно определить оптимальный вариант комплекса мероприятий

Первые пять принципов программирования урожая предназначены для определения потенциального урожая, остальные пять представляют схему разработки технологии получения программируемого урожая

Волгоградскими учеными разработаны и применяются три типа машинных программ для получения заданного урожая: прогностическая, оперативно-текущая и корректирующая

Первый тип — прогностическая программа определяет предполагаемое или планируемое нарастание органической массы урожая по этапам органогенеза (фазам развития) — от всходов до полного созревания урожая

Прогностическую оценку формирования урожая проводят на электронных цифровых вычислительных машинах (ЭЦВМ) по математически ожидаемым отдельным учитываемым факторам (погодные условия, физиологические особенности культуры (сорта), наличие минеральных и органических удобрений, почвенные условия данной зоны, наличие механизации и т. д.)

Расчеты проводят по динамической модели нарастания абсолютно сухой органической массы урожая в течение вегетационного периода в зависимости от основных учитываемых факторов. По каждому этапу органогенеза вычисляют формирование абсолютно сухого вещества, площадь листьев и другие показатели, определяющие формирование урожая, и затем строят график хода формирования урожая, как это показано на рисунках 2 и 3

Прогностическая оценка формирования урожая может быть построена на основании данных научно-исследовательских учреждений зоны по ходу формирования высоких урожаев сельскохозяйственных культур

Второй тип — оперативно-текущая программа представляет фактический процесс нарастания массы урожая по этапам органогенеза (фазам развития) на ос-

новании разработанной и применяемой технологии выращивания программируемого урожая

Для расчета используют фактически полученные данные по нарастанию массы урожая за прошедший этап органогенеза. Значение нарастания массы урожая зависит от погодных условий и может значительно отличаться от значений прогностической программы.

Расчетные значения оперативно-текущей программы контролируются «пробным снопом», что позволяет определить фактическое нарастание массы урожая и иметь оперативную сводку о состоянии посевов в любое время.

Третий тип — корректирующая программа применяется в случаях расхождения данных на том или ином этапе органогенеза (фазы развития) по формированию урожая, предусматриваемого прогностической программой и фактически получаемого по оперативно-текущей программе. Она необходима для оперативного корректирования (поправок) урожая.

В случае расхождения (свыше 10%) фактически формирующегося урожая с заранее рассчитанным на каждом этапе органогенеза агроном должен использовать прием агротехники, наиболее доступный в данных условиях, чтобы ликвидировать расхождения в формировании урожая.

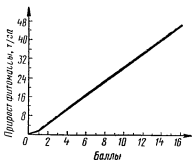


Рис. 2 Динамика накопления сухого вещества озимой пшеницы

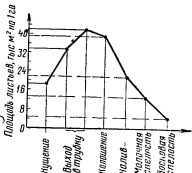


Рис. 3 Динамика площади листьев озимой пшеницы

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОГРАММИРУЕМОЙ УРОЖАЙНОСТИ

УРОВЕНЬ УРОЖАЙНОСТИ ПРИ ПРОГРАММИРОВАНИИ

Программирование урожайности начинается с обоснования величины возможного урожая, на который необходимо ориентироваться. Урожай формируется в процессе фотосинтеза. Уровень урожайности зависит от биологических свойств культуры или сорта, количества прихода ФАР, количества элементов питания в почве, уровня агротехники и метеорологических условий.

При программировании урожая любой сельскохозяйственной культуры обычно определяют три уровня урожайности: 1) потенциальный урожай (ПУ) — по приходу фотосинтетически активной радиации, 2) действительно возможный урожай (ДВУ) — по биоклиматическим показателям и условиям влагообеспеченности; 3) урожай в производстве (УП) — уровень урожайности, получаемый в производстве.

Потенциальный урожай (ПУ) — это теоретически возможный максимальный урожай, который можно получить в идеальных метеорологических условиях (достаточно воды, тепла, света). Он зависит от прихода ФАР и потенциальной продуктивности культуры или сорта.

Действительно возможный урожай (ДВУ) — это максимальный урожай, который может быть получен при реальных среднесезонных климатических условиях. На основании обобщения результатов многолетних опытов Х. Г. Тооминг отмечает, что ДВУ составляет 60—80% ПУ.

Определение ДВУ часто называют и прогнозированием урожайности. Прогнозирование урожайности с учетом агрохимических показателей почвы и ресурсов органических и минеральных удобрений детально разработано академиком Т. Н. Кулаковской и нашло широкое производственное использование в Белоруссии.

Урожай в производстве (УП) значительно ниже ДВУ. Это объясняется тем, что ФАР и метеорологические условия максимально не используются для формирования урожая. Причины этого — неудовлетвори-

тельный прогноз погоды, недостатки в агротехнике и организации производства, наличие болезней, вредителей и сорняков в посевах сельскохозяйственных культур

Основная задача программирования урожая — приближение УП к ДВУ и ДВУ к ПУ. Программирование урожая должно быть направлено к осуществлению следующих переходов УП→ДВУ→ПУ. Для этого необходимо провести мероприятия по улучшению согласованности потребностей растений с условиями внешней среды, при этом следует иметь в виду и экономическую эффективность использованных мероприятий.

Качество программирования урожая в производстве следует оценивать не по абсолютному значению полученного урожая, а по разности между ДВУ и УП. Эта разность является величиной урожая, недополучаемого из-за неполного использования потенциальных возможностей повышения урожая. Эффективность программирования урожая тем выше, чем меньше разность между ДВУ и УП, т. е. меньше недобор урожая. В идеальном случае УП должен быть равен ДВУ.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ УРОЖАЙНОСТИ ПО ПРИХОДУ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИ АКТИВНОЙ РАДИАЦИИ

Известно, что 90—95% сухой биомассы растений составляют органические вещества, образующиеся в процессе фотосинтеза. Поэтому основной путь повышения урожайности — повышение фотосинтетической продуктивности растений и также коэффициентов использования солнечной радиации. Фотосинтетически активная радиация (ФАР) — часть солнечной радиации с длиной волны в пределах 0,38—0,71 мкм, принимающих участие в фотосинтезе.

При оптимальном почвенном питании растений и агротехнике коэффициент полезного действия (КПД) приходящей ФАР для зерновых культур может достигать 4,5—5%. В среднем каждый килограмм сухой органической массы аккумулирует 4 тыс. ккал энергии.

При расчете потенциальной урожайности по приходу фотосинтетически активной радиации пользуются формулой А. А. Ничипоровича

$$Y_{\text{биол}} = \frac{\Sigma Q_{\text{ФАР}} K}{10^5 g}, \quad (1)$$

где $У_{\text{биот}}$ — биологическая урожайность абсолютно сухой растительной массы, т/га, $\Sigma Q_{\text{ФАР}}$ — количество приходящей ФАР за период вегетации культуры в данной зоне, млрд ккал/га, K — запланированный коэффициент использования ФАР, %, g — количество энергии, выделяемое при сжигании 1 кг сухого вещества биомассы, ккал/кг, 10^5 — для перевода в т

Например, посевами ячменя запрограммировано усвоить 3% ФАР За период вегетации в условиях Московской области на посевы ячменя приходится 2,0 млрд ккал/га, тогда

$$У = \frac{2 \cdot 10^9}{4000} \cdot \frac{3}{10^5} = 15 \text{ т/га}$$

Из общей массы урожая ячменя на долю зерна приходится около 45%, таким образом, выход его составит 6,95 т/га Следовательно, приход ФАР в настоящее время не ограничивает получение высокой урожайности.

Таким образом, определив широту местонахождения хозяйства, можно рассчитать максимально возможную урожайность Ниже приведена биологическая урожайность при 5%-ном использовании ФАР (табл 1)

1 Сумма фотосинтетически активной радиации на разных географических широтах (по Каюмову, 1977)

Географическая широта, град	Приход ФАР, млрд ккал/га	5% возможного прихода млн ккал/га	Возможная биологическая урожайность, т/га
0—10	9—6	450—300	113—75
10—20	8—5	400—250	100—62
20—30	7—4,8	350—240	88—60
30—40	4,8—3,2	240—160	60—40
40—50	3,2—2,0	160—100	40—25
50—60	2,2—1,8	110—90	27—23
60—70	2,0—1,2	100—60	25—15

Величины приходящей ФАР очень сильно различаются на территории в зависимости от длины вегетационного периода, что и обуславливает разное количество возможного накопления биомассы Но и эти столь большие значения не предельны, так как теоретически возможен коэффициент использования ФАР — 6—8% и выше Максимальные урожаи, рассчитанные по коэффициенту использования ФАР, можно получить при оптимальном сочетании водного, питательного и воздушного режимов, при этом в различных зонах страны факторы, ограничивающие продуктивность растений, могут быть различными.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ВОЗМОЖНОЙ УРОЖАЙНОСТИ ПО ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОСЕВОВ

Уровень урожаев и намечаемый комплекс агротехнических мероприятий для их достижения в значительной мере зависят от влагообеспеченности посевов и использования ими влаги в течение вегетационного периода.

Влагообеспеченность посевов рассчитывают по формуле

$$K = \frac{W + P}{E}, \quad (2)$$

где K — влагообеспеченность; W — запас продуктивной влаги в слое почвы h перед посевом яровых культур или возобновлением вегетации озимых, мм, P — сумма осадков за вегетационный период культуры, мм, E — суммарное водопотребление растений, равное $0,65 \Sigma D$, мм (по А. М. Алпатьеву)

Суммарное водопотребление ($\text{м}^3/\text{га}$) (расход воды на испарение почвой и на транспирацию) определяют по формуле

$$E = K_b N, \quad (3)$$

где N — урожайность, $\text{т}/\text{га}$, K_b — коэффициент водопотребления, м^3 на 1 т урожая (транспирация + испарение с поверхности почвы)

В орошаемом земледелии и в зоне достаточного увлажнения возможную урожайность можно приблизительно определять по среднемноголетней влагообеспеченности посевов. Так, если в первом агроклиматическом районе Московской области за год выпадает 650 мм осадков, а непроизводительные расходы на сток и испарение с поверхности почвы составляют 30% (195 мм), то количество продуктивной воды для растений будет равно 455 мм, или 4550,0 $\text{т}/\text{га}$. Тогда возможная урожайность сухого вещества у озимой пшеницы при коэффициенте водопотребления 400 будет составлять 4500,0 $\text{т}/\text{га}$ $400 = 11,4 \text{ т}/\text{га}$.

Количество среднемноголетних осадков и коэффициент стока уточняют в ближайшей от хозяйства агрометеорологической станции. При отсутствии этих данных приблизительно возможную урожайность Y ($\text{ц}/\text{га}$) определяют так

$$Y = 100(W + P) : K_b \quad (4)$$

Массу абсолютной сухой биомассы переводят на стандартную влажность (14%) по формуле

$$X = \frac{A}{100 - B_c} \cdot 100, \quad (5)$$

где X — урожайность биомассы при стандартной влажности, т/га, A — урожайность абсолютно сухого вещества, т/га, B_c — стандартная влажность, %

В нашем случае урожайность биомассы озимой пшеницы при стандартной влажности составит $11,486 \times 100 = 13,25$ т/га. Если учесть, что в биомассе озимой пшеницы соотношение зерна к соломе составляет 1 1,5, то вероятная урожайность зерна 5,3 т/га и соломы — 7,95 т/га.

Среднее соотношение основной продукции к побочной у возделываемых сортов зерновых культур составляет у озимой пшеницы 1 1,5, ячменя — 1 1,1, овса — 1 1,3.

Коэффициент водопотребления в зависимости от погодных условий, плодородия почвы, системы удобрения и других факторов может значительно изменяться.

В годы с недостаточным количеством осадков влага расходуется особенно непродуктивно. Агротехническими приемами в определенной мере возможно сократить непроизводительный расход за счет правильного применения органических и минеральных удобрений, опти-

2 Коэффициенты водопотребления сельскохозяйственных культур (K_v) для районов европейской части Нечерноземной зоны РСФСР, м³/т сухой биомассы (по Каюмову, 1977)

Культура	Характер года		
	влажный	средний	засушливый
Озимая пшеница	375—450	450—500	500—525
Озимая рожь	400—425	425—450	450—550
Яровая пшеница	350—400	400—465	435—500
Ячмень	375—425	435—500	470—530
Овес	435—480	500—550	530—590
Кукуруза (зеленая масса)	174—250	250—350	350—406
Картофель	167—300	450—500	550—659
Свекла	240—300	310—350	350—400
Лен	240—250	300—310	370—380
Многолетние травы (сено)	500—550	600—650	700—750
Многолетние травы (пастбища)	125—140	150—165	175—190

мальной густоты стояния растений и создать для посевов лучший водный режим, снизить коэффициент водопотребления

Коэффициент водопотребления имеет важное значение при расчете уровня возможной урожайности

Для Нечерноземной зоны наиболее характерны следующие коэффициенты водопотребления основных полевых культур (табл 2)

На разных полях одного и того же хозяйства эти коэффициенты могут колебаться в значительных пределах, их необходимо уточнять на ближайших опытных станциях и в научно-исследовательских учреждениях, а также учитывать количество осадков в каждом хозяйстве. Все это позволит повысить точность расчета уровня урожайности сельскохозяйственных культур

Урожайность основной продукции Y_3 (ц/га) при стандартной влажности B_c определяют по формуле

$$Y_3 = \frac{100^2 (W + P)}{K_b S (100 - B_c)}, \quad (6)$$

где S — сумма составных соотношений основной продукции к побочной, у озимой пшеницы $S=1$ 1,5, или 2,5 части

Академик И. С. Шатилов предлагает действительно возможный урожай биомассы по влагообеспеченности рассчитывать по следующей формуле

$$ДВУ = \frac{100W}{K_b}, \quad (7)$$

где W — запасы продуктивной влаги, мм, K_b — коэффициент водопотребления

В таблице 3 приведены величины возможных урожаев основных полевых культур для Московской обла-

3 Возможная урожайность полевых культур, рассчитанная по запасам продуктивной влаги (т/га) (по Чухнину, Пелехову, 1981)

Культура	Дерново-подзолистая почва		
	суглинистая	супесчаная	песчаная
Озимая пшеница	5,0—5,5	4,0—4,5	3,0—3,5
Озимая рожь	4,5—5,0	3,5—4,0	2,0—3,0
Ячмень	5,5—6,0	4,5—5,0	3,5—4,0
Овес	4,5—5,5	3,5—4,5	2,5—3,5
Картофель	30,0—35,0	25,0—27,5	22,5—25,0
Кормовая свекла	55,0—60,0	50,0—52,5	47,5—50,0

сти, рассчитанных по среднегодовой влагообеспеченности.

Расчеты урожайности по влагообеспеченности следует вести применительно к конкретной области, району и хозяйству с учетом местных агрометеорологических условий

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ВОЗМОЖНОЙ УРОЖАЙНОСТИ ПО БИОГИДРОТЕРМИЧЕСКОМУ ПОТЕНЦИАЛУ

Существует тесная связь между приходом солнечной радиации, коэффициентом скрытой теплоты испарения и необходимым количеством воды, на основании которой можно рассчитать величину урожая

Солнечная радиация, влагообеспеченность и почвенные условия составляют единый комплекс по влиянию на величину урожая А М Рябчиков предложил формулу, которая позволяет определить продуктивность фитомассы

$$K_p = \frac{WT}{36R}, \quad (8)$$

где K_p — биогидротермический потенциал продуктивности, балл, W — запас продуктивной влаги, мм, 36 — число декад в году, R — радиационный баланс за этот период (ккал/см²), T — период вегетации (декады)

Основные показатели, входящие в эту формулу, находят в сборниках «Агроклиматические ресурсы»,

выпущенные Гидрометеоиздатом, и для каждого конкретного случая определяют потенциальные климатические возможности местности в формировании урожая биомассы.

Например, в Московской области посевы озимой пшеницы имеют запас продуктивной влаги 420 мм, радиационный баланс за период вегетации

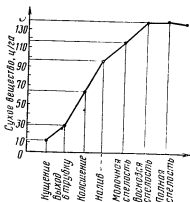


Рис 4 Гидротермический потенциал продуктивности фитомассы

составляет 25,5 ккал/см², число декад от весеннего от-
растания до созревания 10

Подставив эти значения в формулу (8), получим

$$K_p = \frac{420}{36} \frac{10}{25,5} = 4,5 \text{ балла}$$

Рассчитав балл продуктивности фитомассы по гра-
фику, находим величину биологической массы, которая
составляет 11,5 т/га, при влажности 14%—13,11 т/га,
при соотношении зерна к соломе 1 1,5 урожайность
зерна составит 5,24 т/га (рис 4)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ВОЗМОЖНОЙ УРОЖАЙНОСТИ ПО КАЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКЕ ПОЧВЫ

Урожайность любой сельскохозяйственной культуры
находится в прямой корреляции с агрохимическими и
агрофизическими свойствами почвы, хотя иногда может
быть и обратная корреляция. Урожайность значитель-
но повышается по мере приближения агрохимических
показателей почвы к оптимальным (нейтральная кис-
лотность почвы, достаточное содержание гумуса, нали-
чие подвижных форм фосфора, калия).

4 Шкала бонитировки дерново-подзолистой суглинистой почвы (Б_п) (по Семенову, 1970)

рН	Содержа- ние P ₂ O ₅ , мг на 100 г почвы	Баллы бонитета				
		яровые зерновые	озимая рожь	много- летние травы	картофель	кормовые корне- плоды
4,5	10	30—34	26—30	32—36	38—42	14—18
	10—20	42—46	38—42	40—44	42—46	18—22
	20	50—54	42—46	44—48	46—50	22—26
4,5—5,0	10	42—46	42—46	48—52	46—50	28—32
	10—20	50—54	58—62	62—66	50—54	32—36
	20	58—62	66—70	66—70	54—58	36—40
5,0—6,5	10	54—58	54—58	66—70	54—58	36—40
	10—20	66—70	70—74	82—86	58—62	44—48
	20	74—78	82—86	86—90	62—66	52—66
6,5	10	62—66	50—54	68—72	50—54	36—40
	10—20	74—78	66—70	86—90	54—58	44—48
	20	82—86	74—78	90—94	58—62	52—56

Расчет действительно возможной урожайности мож-
но вести по формуле

$$ДВУ = Б_p \downarrow Ц_6 \text{ и } K, \quad (9)$$

где ДВУ — действительно возможная урожайность, т/га, Б_п — бонитет почвы, балл, Ц_{бп} — урожайная цена балла почвы, кг, К — поправочный коэффициент на агрохимические свойства почвы

Бонитет пашни следует брать по данным бонитировки почв хозяйства В качестве примера можно привести шкалу бонитировки дерново-подзолистой суглинистой почвы, разработанной В А Семеновым (табл 4).

Урожайную цену балла пашни определяют для конкретных условий зоны путем статистического анализа данных урожайности по каждой культуре Безусловно, цена балла пашни зависит от уровня плодородия почвы, ее агрохимических и агрофизических свойств

5 Урожайная цена балла пашни, кг продукции на 1 балл (Ц_{бп})

Культура	Дерново-подзолистая почва				
	суглинистая	суглинистая на песке	суглинистая на мореле	песчаная	торфяно-болотная
Озимая рожь	33	36	33	30	44
Озимая пшеница	36	23	34	25	36
Ячмень	39	35	38	25	43
Овес	33	30	30	28	35
Картофель	260	245	250	240	262

6 Поправочные коэффициенты к цене балла пашни на агрохимические свойства почвы (К) при содержании К₂O 14,1—16,0 мг на 100 г почвы (по Каюмову, 1977)

рН	Содержание P ₂ O ₅ мг на 100 г почвы							
	5,1—7,0	7,1—9,0	9,1—11,0	11,1—13,0	13,1—15,0	15,1—17,0	17,1—19,0	>19,0
<4,5	0,85	0,87	0,91	0,95	0,97	0,99	1,00	1,01
4,51—4,7	0,90	0,92	0,96	1,00	1,02	1,05	1,05	1,06
4,71—4,9	0,94	0,96	1,00	1,04	1,06	1,08	1,09	1,10
4,91—5,1	0,98	1,00	1,01	1,08	1,10	1,12	1,13	1,14
5,11—5,3	1,02	1,04	1,08	1,12	1,14	1,16	1,17	1,18
5,31—5,5	1,05	1,07	1,11	1,15	1,17	1,19	1,20	1,21
5,51—5,7	1,08	1,10	1,14	1,18	1,20	1,22	1,23	1,24
5,71—5,9	1,10	1,12	1,16	1,20	1,22	1,24	1,25	1,26
>5,9	1,12	1,14	1,18	1,22	1,24	1,26	1,27	1,28

Пример расчета ДВУ ячменя по качественной оценке почвы
Почва дерново-подзолистая суглинистая, рН=4,8, P₂O₅ — 18,3 мг

на 100 г почвы, K_2O — 14 мг на 100 г почвы (см табл 4, 5, 6)
 $ДВУ = 52,39 \cdot 1,09 = 2,21$ т/га

При данных агрохимических свойствах почвы без внесения удобрений можно получить урожайность ячменя 2,21 т/га

Цена балла пашни может изменяться от агротехники чем более совершенна применяемая агротехника и выше ее уровень, тем выше будет цена балла почвы

Поправочные коэффициенты при других показателях K_2O можно взять в «Справочнике по программированию урожаев» (М К Каюмов — М Россельхозиздат, 1977)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ВОЗМОЖНОЙ УРОЖАЙНОСТИ ПО КОЛИЧЕСТВУ ВНОСИМЫХ УДОБРЕНИЙ

Исследования академика Т Н Кулаковской показали, что в зоне достаточного увлажнения при выполнении необходимого комплекса агротехнических мероприятий урожайность в основном определяется свойствами почвы и количеством вносимых органических и минеральных удобрений Зная нормы внесения удобрений и их окупаемость, можно достаточно точно рассчитать величину действительно возможной урожайности Расчет ведется по следующей формуле

$$ДВУ = B_n \cdot Ц_{бп} K + D_{мн} O_{мн} + D_{ор} O_{ор}, \quad (10)$$

где $D_{мн}$ — норма минеральных удобрений, кг д.в. на 1 га, $O_{мн}$ — окупаемость минеральных удобрений, кг продукции на 1 га азота, фосфора и калия, $D_{ор}$ — норма органических удобрений т/га, $O_{ор}$ — окупаемость 1 т органических удобрений основной продукцией, кг/т, ДВУ, B_n , $Ц_{бп}$ и K — даны в формуле 9

Таким образом, расчет действительно возможной урожайности можно вести различными методами В хозяйствах целесообразно провести расчет действительно возможного урожая и сравнить его с фактическим и при расхождении выявить причины его снижения, устранить их и добиваться неуклонного повышения уровня урожайности, приближая его к действительно возможному.

8 Использование питательных веществ минеральных удобрений и навоза в год внесения удобрений на дерново-подзолистой почве (по Каюмову, 1977)

Культура	Из минеральных удобрений, %			Из навоза, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая пшеница	44—85	13—35	30—75	20—30	30—50	50—70
Яровая пшеница	45—75	15—35	55—85	20—25	25—40	50—60
Рожь озимая	51	32	67	20—30	30—50	50—70
Овес	80	27	74	20—25	25—40	50—60
Ячмень	60—65	20—22	60—70	20—25	25—40	50—55
Горох	50—80	30—40	70—80	—	—	—
Кукуруза (зерно)	80	35	90	30—40	45—50	65—70
Кукуруза (силос)	60	20	80	30—35	40—45	60—65
Картофель	40—95	15—25	50—85	25—30	35—40	50—70
Кормовые корнеплоды	50—60	20—25	50—60	30—40	45—50	60—70
Клевер луговой	75—90	30—40	75—90	—	—	—

Следует учитывать и то, что органические удобрения оказывают последствие, т.е. повышают урожайность последующих культур после его внесения. Так, в среднем за 3 года в севообороте из навоза растения могут использовать 50—65% азота, 50—70% фосфора и 65—90% калия (табл. 9).

9 Использование растениями питательных веществ из минеральных и органических удобрений, % (по Каюмову, 1977)

Год внесения удобрений	Азот	Суммарный фосфор	Калийная соль	Навоз		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Первый	80—90	20—25	70	25	30	50
Второй	—	20—25	20	20	25	20
Третий	—	20—25	10	10	10	15
Четвертый	—	20—25	—	—	—	—

Высокие нормы суперфосфата и калийной соли также повышают урожайность второй и третьей культуры после их внесения, а азотные удобрения используются первой культурой.

Коэффициенты использования питательных веществ

из минеральных удобрений в значительной мере зависят от способа их внесения. Так, при локальном внесении минеральных удобрений значительно повышается использование питательных веществ по сравнению с разбросным (табл. 10).

10 Коэффициент использования питательных веществ из удобрений растениями гороха, % (по Чухнину, Пелехову, 1981)

Способ внесения удобрений	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Вразброс N ₆₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	30,2	8,0	11,8
Локально N ₆₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ через 22 см	56,2	12,7	21,9
Локально N ₄₅ P ₁₀₅ K ₁₀₅ + в рядки при посеве N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	78,5	15,3	29,4

11 Использование питательных элементов из почвы и минеральных удобрений на дерново-подзолистой почве (по Каюмову, 1977)

Культура	Питательный элемент	Содержится в почве		Вынос питательного вещества		Доля NPK (Д _у)	Вынесено из удобрений (В _{уд})	Использовано питательных веществ, %	
		мг/100 г почвы	кг/га (С _д)	с урожаем (В _о)	в том числе из почвы (В _с)			из почвы (К _д)	из удобрений (К _у)
Озимая пшеница	N	11,0	330	129,0	61,1	147	67,9	18,5	46,2
	P ₂ O ₅	7,8	234	45,7	12,6	275	28,9	5,4	12,0
	K ₂ O	11,9	357	79,4	41,4	82	38,0	11,6	46,3
Ячмень	N	10,2	306	113,9	77,1	60	36,8	25,2	61,3
	P ₂ O ₅	7,5	235	49,8	12,2	200	37,6	5,2	18,8
	K ₂ O	14,5	435	76,7	54,8	35	21,9	12,6	62,6
Овес	N	8,7	261	110,0	71,5	60	38,5	27,4	64,2
	P ₂ O ₅	5,0	150	48,5	7,5	200	41,0	5,0	20,5
	K ₂ O	18,7	561	92,8	70,7	35	22,1	12,6	63,1
Картофель	N	9,6	288	107,5	65,7	65	41,8	22,8	64,3
	P ₂ O ₅	10,0	300	49,9	15,6	210	34,3	5,2	16,3
	K ₂ O	21,4	642	195,5	140,0	88	55,8	21,8	63,4
Кормовая свекла	N	8,2	246	147,2	72,6	103	74,6	29,5	72,4
	P ₂ O ₅	3,0	90	47,6	4,3	29,1	43,1	5,0	14,5
	K ₂ O	18,4	552	181,9	122,0	88	59,9	22,1	68,1
Многолетние травы	N	9,2	276	102,0	50,8	159	51,2	18,4	82,2
	P ₂ O ₅	9,1	273	29	13,6	95	15,4	5,0	16,2
	K ₂ O	12,7	381	77,7	63,9	20	13,8	16,8	69,0
Кукуруза на силос	N	9,0	270	50,5	30,0	20,4	20,5	11,1	10,0
	P ₂ O ₅	10,0	300	20,2	12,0	76	8,2	4,0	15,8
	K ₂ O	11,7	351	74,7	44,4	88	30,3	12,6	34,4

Таким образом, мы располагаем действенным средством повышения коэффициентов использования питательных элементов удобрений, которые в значительной степени могут варьировать в зависимости от влажности и кислотности почвы, способа внесения удобрений

Наиболее точные коэффициенты использования питательных веществ получают при проведении полевых опытов для каждой конкретной почвы (культуры, участка) При этом необходимо иметь данные по содержанию питательных веществ в почве перед посевом и после уборки культуры, о выносе питательных веществ выращенным урожаем, в том числе из запасов почвы и внесенных удобрений В таблице 11 приведены необходимые показатели для расчета коэффициентов использования $НРК$ и сами коэффициенты

В производственных условиях использование растений $НРК$ из почвы и удобрений определяют разными методами вычислением выноса питательных веществ урожаем на небольших участках без внесения удобрений и прибавкой урожая при внесении удобрений В первом случае рассчитывают коэффициент использования основных элементов питания из естественных запасов почвы, во втором — из внесенных удобрений. Для расчета используют формулы

$$K_n = 100 \frac{B_{\delta n}}{C_n} \quad (11) \quad \text{и} \quad K_y = 100 \frac{B_{np}}{D_y}, \quad (12)$$

где K_n — коэффициент использования питательных элементов из почвы, %, $B_{\delta n}$ — вынос питательного вещества с урожаем на участке без удобрений, кг/га, C_n — содержание питательного вещества в почве (показатель картограммы умножают на 30), кг/га, K_y — коэффициент использования питательного элемента из удобрений, %, B_{np} — вынос элемента питания с прибавкой урожая, кг/га, D_y — доза питательного вещества в удобрении, кг/га

СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ НОРМ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ПЛАНИРУЕМУЮ УРОЖАЙНОСТЬ

Определение оптимальных норм внесения удобрений на планируемый урожай занимает центральное место в сельскохозяйственной практике, так как с этим связано получение более высоких и устойчивых урожаев

В основе определения оптимальных норм удобрений лежит балансовый метод расчета по каждому элементу питания.

Методы расчета оптимальных норм удобрений условно подразделяют на 4 группы

1) расчет норм внесения на запланированную урожайность по выносу питательных веществ с учетом эффективного плодородия почвы и использования их из вносимых удобрений,

2) расчет норм внесения на планируемую прибавку, когда известна урожайность без внесения удобрений (т.е. за счет эффективного плодородия почвы),

3) расчет норм внесения удобрений по показателям первой и второй группы, но с учетом дальнейшего повышения плодородия почвы (т.е. без учета последствий вносимых удобрений и пожнивных остатков),

4) расчет норм по балльной оценке почвы, цене одного балла в продукции определенной культуры и возможной прибавки от удобрений

Наиболее доступный и точный метод расчета норм внесения удобрений — метод по выносу NPK урожаями с учетом коэффициентов использования питательных веществ из почвы и вносимых удобрений. Схема расчета по озимой пшенице приведена в таблице 12

12 Расчет норм внесения удобрений на запланированную урожайность озимой пшеницы (5,3 т зерна с 1 га)

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Выносятся с урожаем, кг/га	172	61	106
Имеется в пахотном слое почвы			
мг/100 г	10	9	11
кг/га	300	270	330
% использования из почвы	25	10	15
Будет использовано из почвы, кг/га	75	27	42,5
Требуется внести с минеральными удобрениями, кг/га	97	34	56,5
Использование из удобрений, %	60	25	60
Необходимо внести на планируемую урожайность с учетом использования из удобрений, кг/га	162	136	94,2
Действующее начало минеральных удобрений, %	34	19	40
Количество минеральных удобрений, которое следует внести в туках, ц/га	4,8	7,2	2,4

РАСЧЕТ НОРМ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ПЛАНИРУЕМУЮ ПРИБАВКУ УРОЖАЙНОСТИ

При расчете норм внесения удобрений на планируемую прибавку урожая учитывают урожай в среднем за 3—5 лет, который можно получить при хорошей агротехнике без удобрений

Определив исходную величину урожая, соответствующую плодородию этого участка, вычитают ее из запланированного урожая. Далее все расчеты ведут на запланированную прибавку урожая с учетом выноса НРК и коэффициентов использования питательных веществ растениями из вносимых туков

Расчет норм внесения удобрений на планируемую прибавку урожайности приводится в таблице 13

13 Расчет потребности в удобрениях по выносу НРК планируемой прибавкой урожайности озимой пшеницы на дерново-подзолистой почве

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Примерный вынос на 1 ц урожая основной продукции, кг	3,25	1,15	2,0
Вынос прибавкой урожая, кг/га	97,5	34,5	60,0
Коэффициент использования питательных веществ из минеральных удобрений в первый год, %	60	25	60
Необходимо внести питательных веществ, кг/га	162,5	138	100
Содержание питательных веществ, туки	34	19	40
Количество минеральных удобрений, которое следует внести в туках, ц/га	4,8	7,3	2,5

Примечание Планируемая урожайность 5,30 т/га, урожайность культуры на полях без удобрений, средняя за 3 года, 2,30 т/га, планируемая прибавка урожайности 3,00 т/га

РАСЧЕТ НОРМ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ПО БАЛЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ ПОЧВЫ

Расчет норм внесения удобрений на получение планируемой урожайности по балльной оценке почвы основан на обеспечении растений элементами питания за счет почвенных запасов и вносимых удобрений. Зная балл пашни и цену балла, можно рассчитать урожайность, которая будет получена за счет эффективного плодородия почвы. Вычитают эту величину от заплани-

рованной урожайности и все расчеты ведут как и на планируемую урожайность

Расчет норм внесения удобрений на планируемую урожайность по балльной оценке почвы приводится в таблице 14

14 Расчет норм внесения удобрений на запланированную урожайность озимой пшеницы по балльной оценке дерново-подзолистой суглинистой почвы

Показатель	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Вынос на 1 т основной продукции, кг	32,5	11,5	20,0
Вынос прибавкой урожайности, кг/га	97,5	34,5	60
Коэффициент использования питательных веществ из удобрений	60	25	60
Необходимо внести питательных веществ, кг/га	162,5	138	100
Содержание питательных веществ в туках, %	34	19	40
Доза внесения минеральных удобрений в туках, ц/га	4,8	7,3	2,5

Примечание. Планируемая урожайность 5,3 т/га балл пашни 58, цена балла пашни 36 кг продукции на 1 балл, поправочный коэффициент к цене балла пашни 1,09, урожайность за счет плодородия почвы 2,30 т/га, прибавка, которая будет получена за счет внесения удобрений, 3,00 т/га

Для более точного определения норм внесения удобрений при планировании урожайности их расчет рекомендуется вести двумя способами — балансовым и на планируемую прибавку урожая. Сравнивая полученные результаты, можно более точно определить нормы внесения удобрений на заданный урожай

БИОЛОГИЧЕСКИЕ И АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАПЛАНИРОВАННОЙ УРОЖАЙНОСТИ

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ФОТОСИНТЕЗА

Урожай любой сельскохозяйственной культуры формируется в процессе фотосинтеза. Для получения высоких урожаев необходимо создать посевы оптимальной структуры, наиболее полно поглощающие и использующие солнечную радиацию. Основными органами поглощения солнечной энергии являются листья. Поэтому

необходимо создавать посе́вы с оптимальной площадью листьев. Как при недостаточной, так и при излишке развитой площади листьев наблюдается снижение использования солнечной энергии.

Исследованиями А. А. Ничипоровича показано, что возрастание площади листьев до 35—40 тыс м²/га связано со значительным повышением коэффициента поглощения солнечной радиации, при дальнейшем увеличении площади листовой поверхности использование энергии повышается незначительно. Это дало основание сделать вывод, что оптимальной структурой обладают те посе́вы, в которых площадь листьев быстро возрастает до 40 тыс м²/га и по возможности долго сохраняется на этом уровне в активном состоянии, в конце вегетации значительно уменьшается или полностью отмирает, отдавая накопленные пластические вещества репродуктивным органам, т. е. хозяйственно ценной части урожая.

Многими исследованиями показано, что урожай биомассы находится в прямой зависимости от площади листьев. В наших опытах наиболее высокая урожайность зерна озимой пшеницы — 5,2—5,6 т/га, яровой пшеницы — 4,0—4,5 т/га были получены при площади листьев соответственно 47—55 и 45—50 тыс м²/га. Но иметь значительные размеры площади листьев еще недостаточно, нужно, чтобы листовая поверхность формировалась быстро и возможно долго активно функционировала, т. е. фотосинтетический потенциал должен быть высоким.

Фотосинтетический потенциал (ФП) характеризует возможность использования для фотосинтеза солнечной радиации посевами сельскохозяйственных культур в течение вегетации и выражается интегральной площадью листовой поверхности растений (м²/га) в продолжение периода активной работы листьев. Он объединяет два показателя: площадь листьев и время их работы. Рассчитывают фотосинтетический потенциал по формуле

$$\text{ФП} \left(\frac{Л_1 + Л_2}{2} \right) T + \left(\frac{Л_2 + Л_3}{2} \right) T + \text{и т. д.}, \quad (13)$$

где ФП — фотосинтетический потенциал, тыс м²/га, дн, Л₁, Л₂, Л₃ — площадь листьев в начале и конце периода, тыс м²/га, Т — продолжительность периода, дн.

Фотосинтетический потенциал является обобщающим показателем, характеризующим эффективность действия всех приемов технологии возделывания сельскохозяйственной культуры. ФП может быть различным у культур и сортов разной скороспелости. Чтобы перейти к определению возможного урожая при определенном ФП, необходимо знать чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ). ЧПФ — количество абсолютно сухого вещества, синтезируемого 1 м² листовой поверхности за сутки.

Чистую продуктивность фотосинтеза определяют по формуле

$$\text{ЧПФ} = \frac{B_2 - B_1}{\frac{L_1 + L_2}{2}}, \quad (14)$$

где ЧПФ — чистая продуктивность фотосинтеза, г/м² сут, B_1 , B_2 — абсолютно сухая масса урожая в конце и начале периода определения.

Обычно в продуктивно работающих посевах ЧПФ достигает 5—7 г/м²·сут. При такой продуктивности фотосинтеза, для получения биологической урожайности 13,0—15,0 т/га, которая будет соответствовать урожайности озимой пшеницы 5,0—5,5 т/га, необходимо, чтобы посев озимой пшеницы имел ФП 2,2—2,4 млн м²/га дн.

Площадь листовой поверхности и ФП зависят от числа растений и размеров площади листьев каждого из них, поэтому суммарная площадь листьев определяется густотой стояния растений и степенью их развития. Запланированных урожаев сельскохозяйственных культур можно достичь лишь при формировании оптимальной площади листьев, максимальном и эффективном использовании растениями солнечной радиации. Для увеличения урожайности растений необходимо повышать их фотосинтетическую активность и коэффициент использования продуктов фотосинтеза для создания хозяйственно ценной части урожая.

Проведение фитометрических измерений в посевах, использование многолетних данных государственной сортосети, научных учреждений и соответствующие расчеты позволят в конечном счете создать посева, представляющие «идеальную» фотосинтетическую систему, используемую с наибольшей эффективностью благоприятные условия для формирования высокой урожайности.

Так, например, для озимой пшеницы в опытах кафедры растениеводства ТСХА одна тысяча фотосинтетического потенциала в оптимальных посевах образует 2,2—2,4 кг зерна. В этом случае для формирования урожайности озимой пшеницы в 5,3 т/га необходимо в течение весенне-летнего периода вегетации сформировать фотосинтетический потенциал 2410 тыс $\text{м}^2/\text{га}$ дн.

Для этого прежде всего необходимо обеспечить формирование оптимальной листовой поверхности растений 40—50 тыс м^2 на 1 га и функционирование ее как фотосинтезирующей системы в течение длительного времени.

А. А. Ничипорович предложил оптимальные графики формирования площади листьев и фотосинтетического потенциала для растений с различной длиной вегетационного периода.

Скороспелые культуры и сорта должны быстро наращивать площадь листьев. На 30-й день после появления всходов площадь листьев должна достигать 30 тыс $\text{м}^2/\text{га}$, а наибольшая площадь в 40 тыс $\text{м}^2/\text{га}$ — на 50-й день. Фотосинтетический потенциал — 2 млн $\text{м}^2/\text{га}$ дн.

Растения с длинным периодом вегетации площадь листьев наращивают медленнее — на 30-й день 15 тыс $\text{м}^2/\text{га}$, на 70-й день — 50 тыс $\text{м}^2/\text{га}$. Фотосинтетический потенциал — 2,5 млн $\text{м}^2/\text{га}$ дн.

Для озимой пшеницы в Нечерноземной зоне динамика формирования площади листьев должна идти примерно следующим образом: в фазе весеннего кущения — 20 тыс $\text{м}^2/\text{га}$, выхода в трубку — 40 тыс $\text{м}^2/\text{га}$, колошения — 50—60 тыс $\text{м}^2/\text{га}$, молочной спелости — 40 тыс $\text{м}^2/\text{га}$ и начала восковой спелости — 20 тыс $\text{м}^2/\text{га}$. Такой график позволит в течение 90—95 дней в весенне-летнюю вегетацию сформировать у озимой пшеницы фотосинтетический потенциал около 2,5 млн $\text{м}^2/\text{га}$ дн.

Однако для обеспечения высокой продуктивности посевов необходимо не только сформировать оптимальный по размерам и длительности работы фотосинтетический аппарат, но и обеспечить наиболее полное использование продуктов фотосинтеза для формирования хозяйственно ценной части урожая.

Решение всех этих вопросов по оптимизации процессов фотосинтеза тесно связано с выбором наиболее продуктивного для данной зоны и хозяйства сорта.

Сравнительные данные о показателях фотосинтетической деятельности посевов озимой пшеницы, полученные на кафедре растениеводства ТСХА, показывают, что фотосинтетический потенциал у сорта Мироновская юбилейная несколько выше, чем у Мироновской 808 (табл 15)

15 Характеристика сортов озимой пшеницы по фотосинтетической деятельности и продуктивности в Нечерноземной зоне (по данным кафедры растениеводства ТСХА)

Сорт	Площадь листовой поверхности, м ² /га	Фотосинтетический потенциал, ч/га дн	Чистая продуктивность фотосинтеза, г м ² сут	Урожай посевов, т/га	Кхот	Урожайность, т/га (средняя за 2 года)
Мироновская 808	38,3	2,30	4,74	10,91	0,457	4,99
Мироновская юбилейная	40,3	2,11	4,89	11,78	0,443	5,26

Таким образом, для условий Московской области наиболее продуктивным сортом озимой пшеницы оказалась Мироновская юбилейная, обеспечивающая получение запрограммированного урожая в 5,30 т/га

СТРУКТУРА ПОСЕВОВ ПЛАНИРУЕМОЙ УРОЖАЙНОСТИ

Биологической моделью будущего урожая любой сельскохозяйственной культуры является структурная формула, предложенная М. С. Савицким. Структура урожая показывает, из каких элементов он складывается, при какой доле их участия формируется высокий урожай.

Для планирования заданной урожайности необходимо определить оптимальные показатели основных элементов структуры урожая, формирование которых должно быть обеспечено комплексом агротехнических мероприятий. Элементы структуры урожая зерновых культур (и их производные) по характеру воздействия на формирование урожая условно сгруппированы в шесть групп.

I Основные элементы, из которых складывается любой урожай: число растений на единице площади при уборке урожая, продуктивная кустистость, число колосков в колосе, число зерен в колоске и колосе (метелке), масса 1000 зерен при стандартной влажности. Эти эле-

менты непосредственно влияют на биологическую урожайность, которую можно определить по формуле

$$Y = \frac{PKPA}{100\,000}, \quad (15)$$

где Y — биологическая урожайность зерна, т/га, P — количество растений на 1 м² при уборке урожая, K — коэффициент продуктивной кустистости, Π — число зерен в колосе (произведение числа колосков в колосе на число зерен в колоске), A — масса 1000 зерен, г, 100 000 — для перевода урожая в т/га

По данному принципу может быть составлена структурная формула для любой группы сельскохозяйственных культур

II Элементы, формирующие число растений на единице площади при уборке урожая норма высева, полевая всхожесть семян, число перезимовавших растений (для озимых культур), число сохранившихся растений к уборке, общая выживаемость растений

Полевая всхожесть — число растений в фазе полных всходов, выраженное в процентах к количеству высеянных всхожих семян.

Сохраняемость растений — число растений к уборке, выраженное в процентах от числа полных всходов на единице площади

Выживаемость растений — число растений, сохранившихся к уборке урожая, выраженное в процентах к числу высеянных всхожих семян

III Элементы, определяющие продуктивный стеблестой на единице площади при уборке урожая число растений на разных этапах их роста и развития и при уборке урожая, общая кустистость, продуктивная кустистость, выживаемость продуктивных стеблей, густота продуктивного стеблестоя

IV Элементы продуктивности колоса (метелки) число колосков в колосе (развитых и недоразвитых), число зерен в колоске, масса зерна в колосе (метелке)

V Элементы и их производные, необходимые для определения биологического урожая зерна число колосьев (метелок) на единице площади при уборке урожая, масса зерна в колосе (метелке)

Биологическую урожайность можно определить по формуле

$$Y = \frac{CB}{100}, \quad (16)$$

где $У$ — биологическая урожайность зерна, т/га, $С$ — число продуктивных (колосоносных) стеблей на 1 м^2 при уборке урожая, $В$ — масса зерна в колосе, г, 100 — для перевода урожая в т/га

VI Элементы и их производные, определяющие выход зерна фактическая урожайность, т/га, урожайность соломы, т/га, процент выхода зерна в общей массе урожая, потери зерна при уборке урожая (разница между биологическим и фактическим урожаем)

При разработке технологии возделывания, направленной на оптимальное развитие каждого элемента, необходимо учитывать, что урожай формируется за счет различных элементов, степень выраженности которых может быть разной. Слабое развитие одного элемента структуры урожая может быть компенсировано за счет других. Так как элементы урожая формируются одновременно на различных этапах органогенеза, то для лучшего их развития необходимо воздействовать на растение в «критические» периоды, когда формируются те или иные элементы структуры урожая.

Урожайность сельскохозяйственных культур в значительной степени зависит от числа растений на единице площади. Данные многих научно-исследовательских учреждений свидетельствуют о том, что с увеличением числа растений на единице площади до оптимального предела урожай растет, при дальнейшем повышении густоты стояния растений снижается, в соответствии с этим и рекомендованы для различных регионов оптимальные нормы высева семян. Для условий центральных районов Нечерноземной зоны желательно иметь при уборке 400—450 растений озимой ржи, пшеницы, овса и 250—350 растений ячменя на 1 м^2 .

Оптимальный стеблестой озимой пшеницы в Нечерноземной зоне должен быть не менее 600 продуктивных стеблей на 1 м^2 . Более густые посевы во влажные годы полегают, а в засушливые сильнее страдают от недостатка влаги.

Продуктивная кустистость для озимой пшеницы сорта Мироновская юбилейная чаще составляет 2,0. В этом случае оптимальная густота стояния растений при уборке составит 300 растений на 1 м^2 (600 : 2). Конечно, густота стояния растений может значительно изменяться в зависимости от уровня агротехники, почвенно-климатических условий и норм высева семян. Число продуктивных стеблей зависит и от сортовых особенностей.

Как правило, сорта с высокой степенью кущения должны иметь меньшую густоту стояния растений. Способность к продуктивному кущению является не только наследственным свойством культуры и сорта, но в значительной степени зависит от уровня агротехники и почвенно-климатических условий.

В условиях высокого уровня агротехники при обеспечении растений в достаточном количестве элементами питания и влагой дополнительные побеги могут давать до 30—50% от общего урожая зерна.

Полевая всхожесть и выживаемость растений оказывают существенное влияние на густоту стояния растений, которая значительно изменяется от условий возделывания.

Полевую всхожесть можно прогнозировать в лабораторных условиях. Для этого определяют силу роста семян в сосудах с почвой с полкой, где будет проведен посев с соответствующей глубиной заделки семян. Проращивают семена при соответствующих температурных условиях. По массовым данным государственных сортоучастков, полевая всхожесть семян зерновых культур в Нечерноземной зоне характеризуется следующими показателями (табл. 16).

16 Полевая всхожесть семян (по данным кафедры растениеводства ТСХА)

Подзона	Озимые		Яровые		
	рожь	пшеница	пшеница	овес	ячмень
Северная	63,0	64,2	69,5	71,4	74,1
Северо-Западная	56,8	60,5	70,0	72,5	72,5
Прибалтийская	72,0	73,0	74,5	82,0	81,0
Западная	75,8	76,4	77,9	82,5	84,0
Центральная	65,0	67,8	67,5	74,3	78,0
Северо-Восточная	66,0	75,0	74,0	81,6	77,5
Среднее	66,4	69,6	72,2	77,3	77,3

Выживаемость озимой ржи и пшеницы составляет 76,1 и 69,5%, а яровых пшеницы, овса и ячменя соответственно 84,5%, 86,4% и 81,1%.

Довольно устойчивым сортовым признаком является масса 1000 семян, которая незначительно изменяется в связи с изменением уровня урожайности. О зависимости между урожайностью и массой 1000 семян различных

зерновых культур свидетельствуют данные, полученные П. В. Денисовым в результате обработки многочисленных опытов государственного сортоиспытания (табл. 17).

17 Связь между урожайностью и массой 1000 семян
(данные сортоучастков Нечерноземной зоны)

Сельскохозяйственная культура	Низкая урожайность, т/га	Масса 1000 семян, г	Средняя урожайность т/га	Масса 1000 семян г	Высокая урожайность т/га	Масса 1000 семян г
Озимая рожь	1,57	25,7	2,54	27,4	3,55	29,0
Озимая пшеница	1,04	36,6	2,09	37,6	2,98	38,6
Яровая пшеница	1,13	30,0	2,00	32,2	3,00	35,4
Овес	1,26	31,4	2,30	32,6	3,94	34,5
Ячмень	1,35	41,7	2,30	44,0	4,14	43,8

Таким образом, чтобы получить планируемую урожайность озимой пшеницы 5,3 т/га, следует обеспечить формирование такой структуры урожая в формулу (15) М. С. Савицкого подставляем наиболее вероятные показатели, которые получены при проведении многолетних опытов в научно-исследовательских учреждениях, государственных сортоиспытательных участках, расположенных в данной зоне, и которые можно рассчитывать

$$Y = \frac{PKPA}{100\ 000}, \quad 5,3 = \frac{300 \cdot 2 \cdot P \cdot 38,6}{100\ 000},$$

где P — 22,9

После этого можно рассчитать массу зерна в колосе по формуле

$$B = \frac{AP}{1000}, \quad (17)$$

где A — масса 1000 зерен, P — число зерен в колосе

$$B = \frac{38,6 \cdot 22,9}{1000} = 0,88 \text{ г.}$$

Для получения запланированной урожайности (5,3 т/га) при данной структуре элементов урожая должна быть следующая норма высева

$$N_{\text{ч}} = \frac{10\ 000Y}{BKЖП_{\text{в}}}, \quad (18)$$

где $N_{\text{ч}}$ — числовая норма высева, млн. всхожих семян на 1 га, Y — планируемая урожайность, т/га, B — масса в колосе, г, K — коэффициент продуктивной кустистости, $Ж$ — выживаемость растений, %, $P_{\text{в}}$ — полевая всхожесть семян, %

Подставляя в формулу соответствующие показатели, получим числовую норму высева озимой пшеницы

$$H_{\text{ч}} = \frac{10\,000 \cdot 5,3}{0,88 \cdot 2 \cdot 69,5 \cdot 69,6} = 6,2 \text{ млн всхожих семян на 1 га}$$

Используя данные контрольно-семенной лаборатории по качеству семян, можно рассчитать весовую норму высева семян

Например, семена озимой пшеницы имеют всхожесть 96%, семена основной культуры (чистота) — 99,5% и масса 1000 семян составляет 38,6 г

$$H_{\text{в}} = \frac{100AH_{\text{ч}}}{\text{ПГ}}, \quad (19)$$

где $H_{\text{в}}$ — весовая норма высева, кг/га, A — масса 1000 семян, г, $H_{\text{ч}}$ — числовая норма высева, млн всхожих семян на 1 га, ПГ — посевная годность семян, %

Посевную годность можно определить по формуле

$$\text{ПГ} = \frac{B_{\text{с}} \cdot \text{Ч}}{100}, \quad (20)$$

где $B_{\text{с}}$ — всхожесть семян, %, Ч — чистота семян, %.

$$\text{ПГ} = \frac{99,6 \cdot 95,0}{100} = 95,6\%$$

Подставляя в формулу соответствующие показатели, получим следующую весовую норму высева

$$H_{\text{в}} = \frac{38,6 \cdot 6,2 \cdot 100}{95,6} = 244,0 \text{ кг/га}$$

Таким образом, для получения планируемой урожайности озимой пшеницы Мироновская юбилейная (5,3 т/га) при данных показателях элементов структуры урожая и качества семян необходимо производить посев с нормой высева 244 кг/га

АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЛАНИРУЕМОЙ УРОЖАЙНОСТИ

Высокие урожаи сельскохозяйственных культур возможно получать при оптимальном сочетании всех факторов, влияющих на формирование урожайности, поэтому агротехнические мероприятия должны быть строго конкретизированы для определенных почвенно-климати-

ческих условий, культуры (сорта) Это позволит растению максимально использовать солнечную радиацию, почвенное плодородие, влагу и устранить в некоторой степени кратковременные перебои в их использовании

Важнейшей составной частью индустриальной технологии возделывания должны быть следующие мероприятия 1 Правильный выбор предшественника и системы обработки почвы 2 Рациональное применение удобрений 3 Система борьбы с сорняками 4 Своевременный, качественный посев и уход за посевами 5 Оптимальная густота стояния растений 6 Своевременная уборка, сушка и очистка зерна

Очень важным организующим моментом при программировании урожайности является составление технологической карты возделывания культуры, где должны быть отражены сроки выполнения и качественные показатели работы, все основные элементы индустриальной технологии возделывания данной культуры, а также постоянный контроль за их выполнением

Применение индустриальной технологии возделывания сельскохозяйственных культур, особенно сахарной свеклы, подсолнечника, кукурузы, — важное условие получения программируемых урожаев При индустриальной технологии в комплексе применяются гербициды, инсектофунгициды, высококачественные семена интенсивных сортов (неполегающие — для зерновых, одновременно вызревающие — для подсолнечника, приспособленные для механизированной уборки — для сахарной свеклы), оптимальные (рассчитанные на планируемый урожай) нормы органических и минеральных удобрений, десикантов, высокопроизводительная и совершенная техника, выполнение работ в точно определенные сроки, тщательное соблюдение агротехнических требований

При программировании урожайности сельскохозяйственных культур необходимо использовать сорта с высокой потенциальной продуктивностью, различные по скороспелости, соответствующие почвенно-климатическим условиям зоны, устойчивые к комплексу неблагоприятных условий (засухоустойчивость, морозоустойчивость) Сорта должны быть устойчивы к болезням, вредителям и полеганию

В связи с тем что основные вопросы технологии возделывания сельскохозяйственных культур довольно

подробно рассмотрены в учебниках по растениеводству, земледелию, агрохимии, энтомологии, фитопатологии и др., в данном разделе остановимся только на основных моментах агротехники, на которые необходимо обратить внимание при программировании урожайности сельскохозяйственных культур.

Среди агротехнических мероприятий, направленных на получение программируемой урожайности, важная роль принадлежит севообороту, размещению культур по лучшим для них предшественникам

Большое значение в получении высоких урожаев имеет система обработки почвы. Правильное использование приемов обработки почвы с учетом природных особенностей и возделываемой культуры — важное условие регулирования водно-воздушного и питательного режимов почвы, создания оптимальной плотности почвы, обеспечения растений влагой, питательными веществами и борьбы с сорной растительностью.

Обработка почвы в зависимости от почвенно-климатических условий, возделываемой культуры и предшественника может включать основную и предпосевную обработку почвы

Основная обработка почвы (для центральных районов Нечерноземной зоны) состоит из лущения стерни, глубокой зяблевой вспашки плугом с предплужником на полную глубину пахотного слоя. При обработке почвы очень важно создать глубокий культурный пахотный слой. Для этого необходимо использовать все известные способы углубления пахотного слоя: припахивание нижележащего слоя почвы, применение плугов с почвоуглубителями, рыхление чизель-культиваторами и др.

В зимний период в районах недостаточного и неустойчивого увлажнения необходимо провести снегозадержание.

Предпосевная обработка почвы состоит из ранневесеннего боронования и 1—2 культиваций, в зависимости от культуры. Для создания лучших условий для посева и ухода за посевами необходимо выровнять поверхность почвы. После вспашки поля обязательно разравнивают валы и борозды. Весной при наступлении физической спелости почвы зябь выравнивают волокушами или выравнивателями ВП-8 под углом 45° к направлению вспашки. Выравнивание почвы — обязательный прием индустриальной технологии. Оно способствует более

равномерному распределению гербицидов на поверхности почвы и создает условия для качественного проведения последующих операций.

Срок посева — один из важнейших элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур, который должен быть обусловлен биологическими особенностями культуры, почвенно-климатическими и погодными условиями года. Посев должен быть проведен в лучшие агротехнические сроки при физической спелости почвы. Нарушение оптимальных сроков посева приводит к резкому снижению урожая за счет ухудшения условий прорастания семян, освещенности, увлажнения и температуры. Потери при затягивании сроков посева, по данным Т. Н. Кулаковской, достигают 0,8—1,5 ц/га на каждый день запаздывания. Поэтому соблюдение оптимальных сроков посева — важное условие при получении планируемой урожайности.

Прогрессивные способы посева сельскохозяйственных культур способствуют лучшему использованию солнечной энергии, своевременному проведению ухода за посевами и получению более высоких урожаев. Большое значение имеет направление рядков при посеве — их следует располагать с севера на юг. В этом случае растения лучше используют наиболее ценные утренние и вечерние лучи солнца, а в полуденные часы меньше страдают от перегрева, в результате процессы фотосинтеза и накопления органических веществ идут более интенсивно.

Получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур возможно лишь при полной обеспеченности растений элементами минерального питания, при создании положительного баланса питательных веществ, ведущего к повышению плодородия почвы. Нормы, сроки и способы внесения удобрений нужно определять с учетом биологических особенностей культуры, планируемой урожайности и плодородия почвы. Использование питательных веществ растениями в значительной степени зависит от правильного применения системы удобрения, известкования кислых почв и обеспеченности их микроэлементами.

Система удобрения — это план применения органических и минеральных удобрений, в котором предусматриваются нормы внесения удобрений (рассчитанные на планируемый урожай), сроки их применения (основное

или допосевное, припосевное, послепосевное или подкормки) и способы заделки. Одна из главных задач системы удобрения — обеспечение растений питательными веществами в то время, когда они наиболее чувствительны к их недостатку и в период наибольшей их потребности.

При внесении удобрений необходимо прежде всего равномерно распределять их по полю.

Норма высева семян — важный фактор в формировании густоты стояния растений на единице площади, от которой в значительной степени зависит формирование урожайности сельскохозяйственных культур. Она должна строго сочетаться с биологическими особенностями культуры (сорта) и плодородием почвы. Как заниженные, так и завышенные нормы высева оказывают существенное влияние на формирование площади листьев и использование фотосинтетически активной радиации.

В связи с этим оптимальные нормы высева способствуют получению высоких урожаев.

Для получения дружных всходов сельскохозяйственных растений большое значение имеет глубина заделки семян, которая зависит от срока посева, влажности, механического состава почвы и возделываемой культуры. Семена должны быть заделаны на оптимальную глубину для каждой культуры и во влажный слой почвы.

Успешная работа по получению программируемой урожайности может быть выполнена при своевременном и тщательном уходе за посевами. По уходу за посевами составляют план мероприятий, в котором предусматривают такие приемы, как прикатывание, боронование, междурядные обработки, подкормки, орошение, агротехнические, химические и биологические меры борьбы с вредителями, болезнями и сорняками. Для этих целей наиболее полно должны быть использованы карты засоренности полей севооборота, прогнозы службы защиты растений. В период вегетации должны быть использованы агротехнические приемы, способствующие повышению качества сельскохозяйственной продукции: некорневые подкормки, применение ретардантов в борьбе с полеганием зерновых культур, десикация у подсолнечника, чеканки у хлопчатника и др.

Уборка урожая — завершающий этап в технологии

возделывания сельскохозяйственных культур. Выбор наиболее оптимальных сроков и способов уборки — важное условие предотвращения потерь урожая и сохранения качества продукции. При уборке урожая необходимо использовать прогрессивные способы уборки. Так, например, на уборке зерновых культур применять однофазный, двухфазный способы уборки с использованием уборочно-транспортных комплексов, на картофеле — поточный или комбинированный, на сахарной свекле — поточный или поточно-перевалочный.

Придавая высокое значение агротехническим факторам выращивания сельскохозяйственных культур, следует подчеркнуть, что они наиболее легко регулируются земледельцем и поэтому должны соответствовать внешним условиям и требованиям растений и не ограничивать их рост и развитие.

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ ПОЛУЧЕНИЮ ПРОГРАММИРУЕМОЙ УРОЖАЙНОСТИ

В получении программируемых урожаев сельскохозяйственных культур большое значение имеет проведение организационно-технических мероприятий. Для этого в хозяйстве должны быть организованы специализированные бригады (звенья). За бригадой постоянно закрепляют определенную площадь пашни, культуры, необходимую технику с учетом требований индустриальной технологии возделывания. Бригаде своевременно и в необходимом количестве выделяют семена, удобрения, пестициды и ретарданты.

Для более равномерного использования рабочей силы и техники за бригадой может быть закреплено несколько культур: озимые и яровые зерновые, картофель или корнеплоды, многолетние травы, которые значительно отличаются по срокам созревания. Это дает возможность снизить напряженность во время уборки.

На основании точных расчетов бригаде дается задание по получению программируемой урожайности сельскохозяйственных культур, выдаются технологические карты получения программируемых урожаев, календарные планы работы, графики хода формирования урожая и другие планы, связанные с получением программируемой урожайности.

Эффективность программирования урожайности сельскохозяйственных культур в значительной степени зависит от уровня организации труда, знаний членов бригады, оплаты труда, материального и морального стимулирования членов бригады в увеличении производства, улучшении качества продукции и снижении себестоимости.

Бригада заключает трудовое соглашение с администрацией хозяйства по получению планируемой урожайности и оплате труда

Для более качественного выполнения работы из числа бригады могут быть созданы специализированные звенья (группы) по обработке почвы, внесению удобрений, уходу за посевами, защите растений, уборке урожая. Правильная организация производства способствует ликвидации обезлички, повышению ответственности членов бригады за использование земли, техники и других материальных ценностей, обеспечивает повышение заинтересованности членов бригады в конечных результатах производства.

Каждый член бригады должен точно знать агротехнические требования и качественные показатели выполняемой работы и четко представлять, что от него требуется и что он должен делать не только на следующий день или в определенный период вегетации, а и в году. Для этого с членами бригады проводят занятия по вопросам технологии возделывания культур, применению удобрений, гербицидов, пестицидов и охраны окружающей среды.

Бригада должна продолжительное время работать без существенного переформирования, тогда она более успешно справится со своими задачами по получению программируемых урожаев.

В течение всего вегетационного периода нужно проводить постоянный контроль за выполнением комплексных планов программирования и ходом формирования урожая, в случае расхождения с ранее намеченной программой вносить некоторую поправку (коррекцию) условий выращивания. Коррекции или технологические поправки к программе могут быть вазваны изменением погодных условий или допущенными неточностями при составлении программы. Такой контроль за ходом формирования урожаев сельскохозяйственных культур позволяет значительно усовершенствовать технологию воз-

делывания сельскохозяйственных культур и на этой основе добиться высоких урожаев и значительно повысить эффективность материальных затрат

РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ И ПРАКТИКИ ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПРОГРАММИРУЕМОЙ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Научно-исследовательскими учреждениями проведено много экспериментов и накоплен значительный материал по получению программируемых урожаев

Исследования, проведенные в Московской сельскохозяйственной академии им К. А. Тимирязева (ТСХА), Волгоградском СХИ, Белорусском НИИ почвоведения и агрохимии и во многих других научно-исследовательских учреждениях, показали, что программирование урожайности — важнейшее условие дальнейшего совершенствования технологии возделывания сельскохозяйственных культур в получении высоких и устойчивых урожаев

В опытах, проведенных ТСХА на Опытной станции полеводства в кормовом севообороте (1952—1971 гг.), были получены близкие к запланированным урожаи озимой ржи на зеленый корм — 26,2 т, вико-овсяной смеси на зеленый корм — 25,5 т, сена многолетних трав — 7,7 т, кормовой капусты — 70,4 т, кукурузы на силос — 37,7 т и сахарной свеклы — 28,4 т с 1 га

В учхозе «Горная поляна» Волгоградского СХИ при орошении программировали урожай зеленой массы кукурузы ВПР 156—100,0 т/га, в среднем за 1964—1972 гг. получили 93,36 т/га, озимой пшеницы — 6,0 т/га, фактически получили по сорту Безостая 1 6,26 т, Мироновская 808 — 6,41 т с 1 га

В совхозе «Южный» Калмыцкой АССР на площади 80 га урожайность зерна кукурузы в среднем за 3 года составила 10,85 т/га при программировании 12,0 т/га.

Урожайность озимой пшеницы в совхозе «Победа» Херсонской области на площади 144 га при программировании 5,3 т/га получено 4,91 т/га, в совхозе «Авангард» Николаевской области на площади 145 га получено 5,59 ц/га при программировании 5,5 т/га

На машинно-испытательной станции Московской области Подольского района при планировании урожайности озимой пшеницы 4,0 т/га фактически в среднем

за 7 лет получено 4,04 т/га, ярового ячменя соответственно 3,9 и 4,01 т/га, овса — 3,4 и 3,68 т/га, картофеля — 17,5 и 17,7 т/га, свеклы кормовой — 51,0 и 48,3 т/га

В хозяйстве НПО «Селекция» Молдавской ССР при программировании урожайности зерна озимой пшеницы 5,5—6,0 т, кукурузы — 7,0—7,5 т с 1 га фактически в среднем за 1973—1976 гг получили озимой пшеницы 5,81 т, кукурузы — 7,34 т с 1 га при средней урожайности в хозяйстве соответственно по культурам 4,18 и 5,29 т/га

На опытном поле Марийского государственного университета при программировании урожайности гороха на зеленую массу 50,0 т, картофеля — 30,0 т, гороха на зерно — 4,0 т с 1 га фактически получено 51,0 т, 31,6 т и 4,13 т с 1 га

Урожайность озимой ржи при обработке препаратом ТУР в учхозе Башкирского СХИ составила 4,45 т/га при программировании 4,5 т/га

В течение многих лет Белорусский НИИ почвоведения и агрохимии, основываясь на качестве почв и их потенциальной возможности в формировании урожая, ведет прогнозирование урожайности зерновых культур в 117 районах Белорусской ССР. В среднем за 1971—1975 гг по республике при сравнении расчетных урожаев с фактическими разница составила 0,35 т/га (14,9%), в 33 районах урожайность была практически равна расчетной, разница составила менее 0,14 т/га (5—7%), в 43 районах она была на 10—12% и в 41 районе — на 19—23% ниже прогнозируемой.

В степных районах Украины при орошении озимой пшеницы на площади 50 тыс га урожайность составила 5,2 т/га при программировании 5,0 т/га. В Молдавии на площади более 200 тыс га были получены высокие урожаи зерна озимой пшеницы, кукурузы, люцерны и других культур

В 1981 г. в учхозе «Михайловское» Тимирязевской сельскохозяйственной академии при программировании урожая картофеля 30,0 т/га на площади 130 га, кукурузы на зеленую массу 50,0 т/га на площади 310 га фактически было получено соответственно по 27,2 и 47,0 т с 1 га

Приведенные результаты по программированию урожайности сельскохозяйственных культур показывают,

что в настоящее время имеются все возможности для дальнейшей разработки и внедрения мероприятий по получению планируемой урожайности

Получение программируемых урожаев требует строгой производственной дисциплины при выполнении всех операций, только в этом случае можно управлять формированием заданного урожая и добиться высоких показателей

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ОПТИМАЛЬНОГО УРОВНЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОГРАММИРУЕМОЙ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ КОНКРЕТНОГО ХОЗЯЙСТВА ЗОНЫ

1 Рассчитать потенциальную урожайность (ПУ) по приходу ФАР и при заданном коэффициенте использования солнечной радиации по формуле 1, используя данные таблицы 1

Сделать перерасчет абсолютно сухого вещества на стандартную влажность по формуле 5 и определить урожайность основной и побочной продукции.

Полученные данные занести в форму 1

2 Определить действительно возможную урожайность (ДВУ) по влагообеспеченности по формуле 7, используя данные таблицы 2 и «Агроклиматический справочник» по области, а также данные анализа метеорологических условий метеостанции, расположенной в данной зоне

Результаты занести в форму 1

Форма 1

Расчетная урожайность сельскохозяйственной культуры, т/га

Показатели	Потенциальная урожайность (ПУ) по приходу ФАР	Действительно возможная урожайность (ДВУ)		Урожайность в производстве (УП)	Программируе- мая урожайность	Биологическая урожайность абсолютно сухой массы		
		по влаго- обеспе- ченности	по биологическому потенциалу			урожай- ность стандарт- ной влаж- ности	основной продукции	побочной продукции

3 Рассчитать действительно возможную урожайность (ДВУ) по биогидротермическому потенциалу по формуле 8, найти биологическую массу по рисунку 4

Данные занести в форму 1

4 Определить действительно возможную урожайность (ДВУ) по качественной оценке земли и количеству вносимых удобрений по формуле 10, используя данные, приведенные в таблицах 4, 5, 6 и 7.

Полученные результаты занести в форму 1

5. Определить среднюю урожайность культуры в производстве (УП) за 3—5 лет, используя данные годовых отчетов хозяйства

Результаты занести в форму 1

Стандартная влажность для зерновых культур принята за 14%, клубней картофеля — 80% и ботвы — 85%, зеленой массы кукурузы — 80%. Соотношение основной к побочной продукции у озимой пшеницы 1 1,5, озимой ржи 1 2, овса 1 1,3, ячменя 1 1,1, картофеля 1 1

Провести анализ данных, вскрыть причины недобора урожая в хозяйстве по сравнению с действительно возможным урожаем и по нерегулируемому фактору (например, влагообеспеченность, отсутствие удобрений и др.), определить программируемую урожайность сельскохозяйственной культуры.

РАСЧЕТ НОРМ УДОБРЕНИЙ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКОВ И СПОСОБОВ ИХ ВНЕСЕНИЯ

1 Анализ почвенных условий (данные следует взять в хозяйстве из почвенных картограмм).

Номер поля _____

Предшественник _____

Площадь, га _____

Конфигурация поля (прямоугольная, квадратная и др.) _____

Рельеф (угол и направление склона, выравненность поверхности) _____

Тип почвы _____

Балл оценки по свойствам почвы _____

Балл оценки по урожайности _____

Мощность пахотного слоя, см _____

Кислотность почвы, pH солевой вытяжки _____

Гидролитическая кислотность, м-экв _____

Сумма поглощенных оснований, м-экв _____

Содержание доступного фосфора, мг/100 г почвы _____

Содержание доступного калия, мг/100 г почвы _____

Содержание легкогидролизуемого азота, мг/100 г почвы _____

2 Расчет норм удобрений на программируемый урожай ведут по схеме, представленной в форме 2 или по формуле

$$D_y = \frac{100P_y B - 30C_n K_n - H_n C_n K_n}{C_y K_y},$$

где D_y — норма удобрений, т/га, P_y — программируемая урожайность, т/га, B — вынос питательных веществ на 1 т основной продукции, кг, C_n — содержание N, P_2O_5 и K_2O в почве, мг на 100 г почвы, K_n — коэффициент использования N, P_2O_5 и K_2O из почвы, %, H_n — норма внесения органических удобрений, т/га, C_n — содержание N, P_2O_5 и K_2O в органических удобрениях, %, K_n — коэффициент использования N, P_2O_5 и K_2O из органических удобрений, %, C_y — содержание N, P_2O_5 и K_2O в минеральных удобрениях, %, K_y — коэффициент использования N, P_2O_5 и K_2O из минеральных удобрений, 30 — для перевода содержания питательных веществ в пахотном слое

Для расчета использовать данные таблиц 7, 8, 9 и 11.

Форма 2

Расчет норм удобрений на программируемый урожай

Показатели	Элементы питания		
	N	P_2O_5	K_2O
Программируемая урожайность (P_y), т/га			
Количество питательных веществ, выносимых на 1 т основной продукции (B), кг			
Количество питательных веществ, выносимых с урожаем ($B_{об} = P_y B$), кг/га			
Содержание питательных веществ в почве (C_n), мг/100 г почвы			
Содержание питательных веществ в пахотном слое почвы ($C_n \cdot 30$), кг/га			
Коэффициент использования питательных веществ из почвы (K_n), %			
Количество питательных веществ, которое будет использовано из почвы ($B_n = 30C_n K_n$), кг/га			
Количество питательных веществ, вносимых в почву с органическими удобрениями ($H_n C_n$), кг/га			
Коэффициент использования питательных веществ из органических удобрений (K_n), %			
Количество питательных веществ, которое будет использовано из органических удобрений ($B_n = H_n C_n K_n$), кг/га			
Количество питательных веществ, которое будет использовано из почвы и органических удобрений ($B = B_n + B_n$), кг/га			

Показатели	Элементы питания		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O

Количество питательных веществ, которое необходимо внести на программируемый урожай ($P = V_{\text{общ}} - V_n - V_k$), кг/га

Вид используемого минерального удобрения

Содержание питательных веществ в минеральных удобрениях (C_y), %

Коэффициент использования питательных веществ из минеральных удобрений (K_y), %

Норма внесения минеральных удобрений в туках ($D_y = 100P / C_y K_y$), т/га

Форма 3

Сроки и способы внесения удобрений

Сроки внесения удобрений (основное предпосевное, припосевное подкормки)	Виды и формы удобрений	Норма внесения	Способ внесения

**ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ,
ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ
МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ
ПРОГРАММИРУЕМОЙ УРОЖАЙНОСТИ**

1 Выбор и обоснование системы обработки почвы ведут по форме 4

Форма 4

Наименование работ (основная, предпосевная, уход за посевами)	Состав агрегата		Агротехнические требования	
	марка трактора	марка машины	сроки выполнения	качественные показатели

2 Определение структуры посевов для получения программируемой урожайности сельскохозяйственных культур

а) рассчитать числовую норму высева зерновых культур по формуле 18, используя данные, приведенные

в таблице 16, результаты работы научно-исследовательских учреждений или данные анализа структуры урожая,

б) рассчитать весовую норму высева зерновых культур по формуле 19 Для расчета использовать данные контрольно-семенной лаборатории по качеству семян

3 Система защиты растений от болезней, вредителей, сорняков и полегания.

Засоренность поля многолетними сорняками _____ шт/м²,
основные виды _____

многолетними сорняками _____ шт/м², основные виды _____

Заселенность вредителями _____ экз, _____ основные виды _____

Зараженность почвы _____

Распространенные болезни культур в хозяйстве (зоне) _____

Исходные данные следует взять в хозяйстве из карт засоренности полей, прогнозов службы защиты растений.

Форма 5

Система защиты растений

Мероприятия	Состав агрегата		Агротехнические требования	
	марка трактора	марка машины	сроки выполнения	качественные показатели

Агротехнические меры борьбы с сорняками

Химические меры борьбы с сорняками

Ликвидация сорняков на участках, прилегающих к полю

Борьба с болезнями

Борьба с вредителями

Борьба с полеганием

УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

- Афендулов К П, Лаптухова А И Удобрения под планируемый урожай — М Колос, 1978
- Каюмов М К Справочник по программированию урожаев — М Россельхозиздат, 1977
- Каюмов М К Программирование урожаев — М Московский рабочий, 1981
- Кулаковская Т Н Программирование высоких урожаев сельскохозяйственных культур — Минск Ураджай, 1975
- Кулаковская Т Н Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев — Минск Ураджай, 1978
- Листопад Г Е, Климов А А, Иванов А Ф и др Программирование урожая (Сущность метода) — Волгоград, 1975
- Листопад Г Е, Климов А А, Иванов А Ф и др Программирование урожаев (Разработка и внедрение программированных технологий в производство) — Волгоград, 1978
- Синица Н И, Гольцберг И А, Струнников Э А Агроклиматология. — Л Гидрометеиздат, 1973
- Тооминг Х Г Солнечная радиация и формирование урожая — Л Гидрометеиздат, 1977
- Шатилов И С, Чудновский А Ф Агрофизические, агрометеорологические и агротехнические основы программирования урожая — Л Гидрометеиздат, 1980
- Шевелуха В С Периодичность роста сельскохозяйственных растений и пути ее регулирования — М Колос, 1980

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Предисловие</i>	3
Теоретические основы программирования урожая сельскохозяйственных культур	5
Методы определения программируемой урожайности . .	14
Уровень урожайности при программировании	14
Определение потенциальной урожайности по приходу фотосинтетически активной радиации	15
Определение действительно возможной урожайности по влагообеспеченности посевов	17
Определение действительно возможной урожайности по биогидротермическому потенциалу	20
Определение действительно возможной урожайности по качественной оценке почвы	21
Определение действительно возможной урожайности по количеству вносимых удобрений	23
Агрохимические основы программирования урожайности .	24
Использование питательных веществ растениями	24
Способы определения оптимальных норм внесения удобрений на планируемую урожайность	28
Расчет норм внесения удобрений на планируемую прибавку урожайности	30
Расчет норм внесения удобрений по балльной оценке почвы	30
Биологические и агротехнические факторы получения запланированной урожайности	31
Оптимизация процессов фотосинтеза	31
Структура посевов планируемой урожайности	35
Агротехнические условия получения планируемой урожайности	40
Организационно-технические мероприятия, способствующие получению программируемой урожайности	45
Результаты научно-исследовательских учреждений и практики по получению программируемой урожайности сельскохозяйственных культур	47
Практические занятия	49
<i>Указатель литературы</i>	55



000004065