

В 19

**Э. Г. ВУХРЕР
М. У. АБДУЖАЛАЛОВА
Д. Г. МАХМУДОВА
Е. М. ГОЙХЕНБЕРГ**

**МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ
И БИОХИМИЧЕСКАЯ
АКТИВНОСТЬ
ПУСТЫННЫХ ПОЧВ
НАРШИНСКОЙ СТЕПИ
И ЕЕ РОЛЬ
В ПЛОДОРОДИИ**

„ФАН“

ТС-70

631.4

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА УЗБЕКСКОЙ ССР
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И АГРОХИМИИ

Э. Г. ВУХРЕР, М. У. АБДУЖАЛАЛОВА,
Д. Г. МАХМУДОВА, Е. М. ГОЙХЕНБЕРГ

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ
И БИОХИМИЧЕСКАЯ
АКТИВНОСТЬ
ОСНОВНЫХ
ПУСТЫННЫХ ПОЧВ
КАРШИНСКОЙ СТЕПИ
И ЕЕ РОЛЬ В ПЛОДОРОДИИ

Губченко Франсискому
Виктору Александровичу
в знак благодарного признания
15/11/79
Э. Вухрер

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ФАН» УЗБЕКСКОЙ ССР

ТАШКЕНТ—1977

УДК 631.46+631.45(575.192)

Э. Г. Вухерер, М. У. Абдужалалова, Д. Г. Махмудова, Е. М. Гойхенберг. Микробиологическая и биохимическая активность основных пустынных почв Каршинской степи и ее роль в плодородии. Ташкент, Издательство «Фан» УзССР, Табл.—31, рис.—9, библ.—144 назв., стр.—72.

В работе приводятся данные о распространении основных групп почвенных микроорганизмов, участвующих в разложении растительных остатков, образовании гумуса или в минерализации органических и минеральных веществ; показаны зависимость ферментативной активности и трансформация азота в основных пустынных почвах Каршинской степи: такырных, серо-бурых и пустынных песчаных.

Книга рассчитана на почвоведов и агрохимиков.

Ответственный редактор
докт. биол. наук М. У. УМАРОВ

© Издательство «Фан» УзССР, 1977 г.

ВВЕДЕНИЕ

Задача крутого подъема производства сельскохозяйственной продукции в Узбекской республике решается в настоящее время на основе интенсификации сельского хозяйства и освоения новых земель.

Крупным районом нового орошения является Каршинская степь. Более 1 млн. га неосвоенных земель могут быть использованы для посевов тонковолокнистых сортов хлопчатника и других сельскохозяйственных культур. В связи с перспективой освоения значительных массивов пустынных земель здесь необходимо разработать ряд теоретических и практических вопросов, в том числе выяснить взаимосвязь микробиологических процессов, определяющих почвенное плодородие.

Микроорганизмы — неотъемлемая часть почвы. Без них почва была бы мертвым субстратом. В результате жизнедеятельности микроорганизмов и растений синтез и минерализация органического вещества находятся в определенном равновесии. Оно может нарушиться, если процессы минерализации преобладают. Органические вещества при этом постепенно исчезают, и почва истощается.

Изучение биологических процессов, протекающих в почве, и связанной с ними микрофлоры — главнейшее звено в познании закономерностей почвообразования и плодородия. Поэтому выявление состава микроорганизмов и связанных с ними биотических веществ (ферменты, аминокислоты и др.) имеет важное теоретическое и практическое значение.

Интенсивность почвенных процессов зависит от обеспеченности микроорганизмов энергетическим материалом и питательными веществами, источником которых являются гумус, органические остатки и корневые выделения растений, органические и минеральные удобрения.

Любая почва формируется под действием своеобразного сочетания высших и низших организмов и характеризуется определенным составом и активностью ферментов, аминокислот, витаминов и др. Биологически активные вещества указывают на протекание

в почве разнообразных процессов, изучение многообразия и характера которых позволит шире и глубже познать деятельность микроорганизмов и ферментов в почве, их роль в повышении плодородия.

До настоящего времени мы располагали немногочисленными данными о биологической активности и плодородии почв Каршинской степи, в частности о микробиологических и биохимических процессах, происходящих в них. За последние годы нами проведены исследования по микробиологической и ферментативной активности, по групповому и фракционному составу гумуса и форм азота основных пустынных почв Каршинской степи: такырных, серо-бурых и пустынных песчаных.

В данной работе обобщаются имеющиеся и приводятся новые материалы, которые необходимы для определения плодородия пустынных почв и путей его повышения.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ ПУСТЫННЫХ ПОЧВ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Наиболее ранние сведения по биодинамике различных почв Узбекистана содержатся в работах М. М. Кононовой (1925, 1930). Исследуя распространение азотобактера в целинных и орошаемых почвах, она отметила, что этот микроорганизм широко распространен в орошаемых почвах в слоях не глубже 50 см. В целинных почвах он не обнаружен.

В почвах Голодной степи обитают разные микроорганизмы: клостридиум Пастерианум, актиномицеты, грибы, гнилостные, азотобактер, нитрифицирующие, денитрифицирующие, дисульфурлирующие, аэробные и анаэробные целлюлозоразрушающие бактерии. Окультуренные почвы более богаты микробами, чем целина (Рокицкая, 1928).

М. П. Корсакова (1929), используя метод Виноградского, определила, что в 1 г почвы недренированного участка (с высокой степенью засоления) находится 1064 млн., а дренированного—2669 млн. бактерий. Под влиянием засоления азотобактер угнетается.

Микрофлора пустынных почв Средней Азии, особенно такыров и такырных почв (долины и дельты рек Амударьи и Мургаба), изучена более полно, чем серо-бурых и пустынных песчаных.

П. П. Самсонов (1929, 1930) установил, что в пустынных почвах Каракумов, в том числе и такырах, имеются основные группы почвенной микрофлоры, принимающей участие в превращениях азота. В песках были обнаружены представители всех главных групп микроорганизмов: аммонифицирующие, нитрифицирующие и азотфиксирующие бактерии. В такырах общее число микроорганизмов незначительное, отсутствуют такие группы, как нитрифицирующие бактерии, азотобактер, актиномицеты.

В песках Репетека (Каракум) групповой состав почвенной микрофлоры беден, но встречаются аммонификаторы (Шелоумова, Берг, 1931).

На состояние микрофлоры в основном влияет засоление. О. Г. Елкина (1938, 1954), О. Г. Елкина и Я. Ф. Низаметдинова (1958) указывают на ограниченность энергетических процессов в

целинных светлых сероземах и такырах, где активная микрофлора сосредоточена только в верхних слоях. По их данным, отрицательное влияние засоления на жизнедеятельность азотобактера зависит от состава солей.

Е. А. Разнищина (1947) в результате исследований на светлых и темных сероземах Вахшской станции обнаружила, что в условиях орошения микробиологические процессы протекают интенсивно в течение всей вегетации, а на неорошаемых почвах наблюдается сезонность. В засушливые периоды при высоких температурах микроорганизмы резко подавляются или погибают.

По данным Е. И. Квасникова, А. А. Жвачкиной (1953), микрофлора Юго-Западных Кызылкумов бедна. При исследовании почв Голодной степи отмечено отрицательное влияние засоления на количественный состав микрофлоры.

Всестороннее изучение микрофлоры целинных и окультуренных почв, а также видового состава микроорганизмов в различных почвах Средней Азии произведено С. Ф. Лазаревым (1954, 1955, 1957). По его наблюдениям, такыры и засоленные почвы мало содержат микроорганизмов, характеризуются низкой нитрификационной способностью. Азотобактер почти отсутствует. При освоении такыров содержание органических веществ в них повышается и биологическая жизнь почвы активизируется. Значительнее развита микрофлора в такырах северной части КК АССР.

С. А. Эфендиева (1944), установила, что в почвах Голодной степи (Пахтаарал) азотобактер проявляет чувствительность к солям уже при концентрации 0,3—0,4%.

Аналогичное явление отмечено в такырах древней дельты Амударьи (Селитренникова, 1955). Микрофлора такыров и такырных почв древней дельты зависит от вида, свойств и возраста почв. Такырные почвы содержат основные физиологические группы, но активность микроорганизмов низка. При освоении почв их жизнедеятельность повышается. (Первушина-Грошева, 1961).

По данным Л. Н. Палецкой и Н. Т. Киселевой (1959, 1961); Л. Н. Палецкой и др. (1963), в целинных такырах биологически активным является поверхностный слой почвы 0—6 см. В нижележащих горизонтах микробиологические процессы протекают менее интенсивно.

В целинных такыровидных почвах преобладает *Bac. mesentericus* и олигонитрофилы, а из грибов виды родов *Penicillium* и *Aspergillus*.

Исследуя почвы Прикопетдагской подгорной равнины, Т. Е. Попова (1959, 1966) отметила, что наибольшее количество микроорганизмов наблюдается в горизонте 0—8 см, а в слое 28—30 см они не обнаружены.

Микроорганизмы наиболее активны весной; осенью и зимой, летом их активность снижается. В такырных почвах зафиксирован азотобактер, из спорообразующих преобладают *Bac. mesentericus* и *Bac. idosus*.

В пустынных серо-бурых почвах Киргизии нитрификационный процесс или не проявляется или проявляется, но очень слабо (Вухрер, 1966). Весной бурно развиваются бактерии, грибы, летом и осенью их жизнедеятельность снижается. Актиномицеты, наоборот, активизируются летом. М. Эгамкулов (1970), М. Эгамкулов и П. Т. Малахова (1969), изучив биологическую активность почв Юго-Западных Кызылкумов, дали микробиологическую характеристику серо-бурых и такырных почв, определили активность некоторых ферментов и потенциальную биологическую активность этих почв. Проведены довольно большие исследования и по выяснению влияния высших растений на микрофлору.

Микрофлора почв Каршинской степи изучена слабо.

А. З. Генусов, А. В. Дабкина и Б. И. Стимбан (1956), исследуя микробиологические процессы в такырах Кашкадарьинской равнины, не обнаружили азотобактер. Установлена относительно высокая потенциальная азотфиксирующая способность такырных почв, которая обусловлена деятельностью олигонитрофилов.

По мнению Г. М. Конобеевой (1956), изучавшей разные такыры Кунадарьинской равнины, численность и состав микроорганизмов зависят от абсолютного возраста, степени засоления и разновидности такыров.

В условиях пустынной зоны стимулирующее влияние орошения на развитие микрофлоры проявляется значительнее, чем в сероземной. Биогенность почв по азоту, энергии разложения гумуса и, очевидно, активность мобилизации почвенного азота в целинных сероземах оказались выше, чем в целинной такырной почве, что обусловлено более высокой аэрацией сероземов.

Под влиянием орошения активность мобилизации почвенного азота наиболее заметна в орошаемых сероземах, менее выражена в такырных и луговых почвах. Азотобактер в незначительных количествах обнаружен во всех целинных почвах.

Наиболее высокой потенциальной способностью к нитрификации при внесении сульфата аммония и азотфиксации характеризуются орошаемая и целинная такырная почвы. По данным С. А. Кап-лун (1964), в целинных почвах зоны хлопкосеяния Узбекистана азотобактер почти не встречается. В серо-бурых почвах нитрификационная активность выше в подкорке и ниже в корке (наибольшая величина отмечена через 60—75 дней инкубации). В глубоких горизонтах процесс нитрификации почти не отмечается. В опыте по азотфиксации как в исходной почве, так и в почве после инкубации азотобактер не обнаружен, а олигонитрофилы развивались очень обильно. Рост *Clostridium pasteurianum* отмечался после инкубации почв.

М. У. Абдужалалова (1970), М. У. Абдужалалова и др. (1974 а, б, 1976), Э. Г. Вухрер, М. У. Абдужалалова (1976), исследуя такырные, серо-бурые и пустынные песчаные почвы Каршинской степи, установили бедность микрофлоры целинных пустынных почв. В них отсутствуют азотобактер, окислители серы. В незначительном ко-

личестве обнаружены нитрифицирующие бактерии, причем в верхнем горизонте. Биологически наиболее активна такрыная почва.

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ КАК ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ИХ ПЛОДОРОДИЯ

От ферментов, или энзимов зависит жизнедеятельность организмов. В почве они участвуют в процессах синтеза распада белков, углеводов, витаминов и других соединений. Действие большинства ферментов специфично. Например, глюкозидаза ускоряет гидролиз только определенных дисахаридов, а уреазы расщепляет только мочевины. Другая особенность почти всех ферментов — их термолабильность, т. е. склонность быстро и необратимо терять в растворах активность при сравнительно непродолжительном нагревании до 80—100°C. Этим они отличаются от обычных катализаторов. Оптимальная температура для большинства растительных ферментов — 40—60°, а для животных — 40—50°. При более высоких температурах их активность резко понижается, а при 70—80° почти все необратимо разрушаются.

В последнее время начато изучение ферментативной активности почв с целью характеристики ее биологического состояния.

Известно, что в почве находятся самые разнообразные ферменты: одна часть образуется в результате микробного синтеза и содержится в незначительном количестве в телах микроорганизмов, активность этих ферментов возрастает с увеличением числа микробов (Hofman, 1951, 1955, 1956; Мишустин, Мирзоева, 1953; Baliske, Trezebinsi, 1956; Петерсон, 1961); другая часть синтезируется в растении и поступает в почву с выделениями корневых систем высших растений (Rogers, Pearson, Pierre, 1940, 1942; Купревич, 1949, 1954; Красильников, 1952; Коерф, 1954 а, б, в), с остатками отмерших растений; в эту группу относят также ферменты животного происхождения или находящиеся в испражнениях почвенной фауны. Активность ферментов в различных почвах неодинакова и зависит от численности и качества микроорганизмов, населяющих почву.

Поэтому можно предположить, что наблюдения за изменением активности различных ферментов в почве позволят судить об интенсивности превращений тех или иных групп органических соединений.

В. Ф. Купревич (1951) предложил методы определения активности каталазы, уреазы, инвертазы в почве. Полученные результаты он рассматривал как объективный показатель суммарной биологической активности почвы и имеющий прямую связь с почвенным плодородием. К такому же выводу приходят Р. С. Кацнельсон и В. В. Ершов (1958), которые обнаружили прямую зависимость между активностью ферментов, численностью микроорганизмов, количеством выделенной CO_2 и плодородием почвы.

Аналогичные выводы сделаны S. Kiss (1957), L. Kroll (1958), В. Ф. Купревичем, Т. А. Щербаковой (1961), А. Ш. Галстяном и Т. С. Тетевосян (1964), А. Ш. Галстяном (1965). Количество ферментов, по их мнению, изменяется в зависимости от состава почвы, сезона и климатических условий.

В последнее время выявлена тесная связь ферментативной активности с количеством микроорганизмов (Славнина, 1967; Вухрер, Шамшиев, 1968; Чундерова, 1970) и наличием корреляции между их активностью и содержанием гумуса в почве.

По мнению А. А. Низовой (1961), активность сахарозы и каталазы коррелирует в основных типах почв Европейской части СССР с распределением гумуса по почвенному профилю.

Сходные результаты получены К. А. Козловым (1960, 1964), Е. М. Нючевой (1967), Т. П. Славниной (1968), А. С. Коноваловой (1970), А. С. Чундеровой (1970), Э. Н. Михайловой (1970) при определении содержания гумуса и активности пероксидазы, полифенолоксидазы, дегидрогеназы некоторых почв Сибири.

Ф. Х. Хазиев (1972) установил связь между активностью фосфатаз и нуклеаз в серой почве и черноземах с содержанием подвижного фосфора.

Данные о численности микрофлоры не всегда совпадают с показателями интенсивности биохимических процессов. По мнению Е. В. Рунова и О. С. Терехова (1960), между уровнем активности каталазы и численностью микроорганизмов нет строгого параллелизма, однако в какой-то мере они взаимосвязаны.

Я. Дробник и Я. Сайферт (1955), F. Scheffer, R. Twachtman, (1953), не отрицая роли ферментов как чувствительных показателей биохимических процессов в почве, не признают данные определения их активности критерием общей биологической активности почвы и тем более ее плодородия. Они считают, что активность сахарозы не дает полной картины биологических процессов, а только указывает на тот процесс, который связан с распадом фруктозы единичных соединений.

Я. Дробник (1957), изучая ферментативную активность лесных почв и сравнивая полученные данные с другими показателями (выделением CO_2 , количеством микроорганизмов, нитрификацией и аммонификацией), также не нашел между ними параллелизма. Для более полного изучения биохимических превращений органического вещества в почве он предлагает распыметрический метод, который позволяет судить о степени минерализации органического вещества по потреблению O_2 .

Н. Коерф (1954 а) отрицает возможность рассмотрения активности ферментов (инвертазы) как критерия биологической активности почв. По его мнению, показателем плодородия следует считать выделение CO_2 из почвы (дыхание почвы).

На отсутствие связи между активностью ферментов и количеством микроорганизмов в почве указывали А. А. Низова (1960, 1970):

Л. Ф. Васюк (1961), Е. М. Нючева (1962), В. Ф. Непомилуева, М. А. Козырева (1970) и др.

Незначительная каталазная активность наблюдается в удобренных почвах (Галстян, 1957).

По данным К. А. Козлова (1964), активность каталазы в целинных почвах в 4 раза выше, чем в окультуренных, поскольку корневая масса растений в первых более обильна.

М. Крамер и Г. Ердей (1959) не обнаружили прямой связи между активностью фосфатазы и жизнедеятельностью микроорганизмов. По мнению В. В. Котелева, Е. А. Мехтиева и В. И. Смирнова (1960), В. В. Котелева и Е. А. Мехтиева (1961), между содержанием фосфатазы в почве и внесением фосфорных удобрений существует обратная зависимость.

Противоречивость данных, полученных различными исследователями, свидетельствует о том, что вопрос о взаимосвязи между количественным и качественным составом микроорганизмов и активностью ферментов, а также о возможности использования активности почвы окончательно еще не решен.

К. А. Козлову (1964) в некоторых почвах Сибири удалось обнаружить зависимость между накоплением липазы и развитием липолитических бактерий. По всей вероятности, следует искать определенную зависимость между накоплением конкретных ферментов и развитием в почве определенных групп микрораселения.

Большое влияние на ферментативную активность оказывают агротехнические приемы. Т. Scheffer, R. Twachtman (1953) и Seegerer (1953) отметили, что повышение активности сахарозы и уреазы зависит от внесения органического вещества (навоза).

К аналогичным выводам пришли и другие исследователи (Власюк, Лисова, 1967; Галстян, 1963; Ярошевич, 1968; Бей-Биенко, 1970; Ромейко, Малинская, 1963; Гамзикова, 1967; Чундерова, Зубец, 1968; Зимченко, Осинская, Прокудина, 1969; и др.).

Таким образом, на активность ферментов в почве влияют различные факторы — неорганические и органические коллоиды, питательные вещества почвы, содержание гумуса, вид почвы и т. д. Е. Н. Мишустин (1954) указывает, что между зональным распределением почвенных микроорганизмов и типами почв также существует тесная взаимосвязь.

Как видно, мнения исследователей по рассматриваемому вопросу расходятся. Однако, видимо, следует согласиться с тем, что между микробиологической активностью, содержанием ферментов и типами почв существует определенная связь.

В условиях Средней Азии активность ферментов почв начали изучать недавно: в Киргизии — Э. Г. Вухрер и К. Т. Шамшиева (1968), Туркмении — Л. Г. Сапаралиева (1970); Узбекистане — А. Н. Первушина-Грошева и Н. А. Теслинова (1970), М. Эгамкулов и П. Т. Малахова (1969), М. У. Абдужалалова и др. (1974, 1976).

Вопрос о ферментативной активности почв Каршинской степи не решен. В исследованиях почв Каршинской степи мы ставили за-

дачу: выявить активность инвертазы, каталазы, уреазы в зависимости от сезона года и горизонта основных пустынных почв.

СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА В ПУСТЫННЫХ ПОЧВАХ КАРШИНСКОЙ СТЕПИ

Гумус — это резерв и стабилизатор органической жизни на Земле. Он влияет на морфологические (окраску) и физические (структуру) свойства, механический состав (увеличение иловатых частиц), влагоемкость и аэрацию, тепловые свойства и биологическую активность почв.

Однако многие вопросы о его природе и образовании до сих пор мало изучены.

По А. А. Шмуку (1914, 1924), наиболее характерной частью гумуса являются гуминовые кислоты. Он рассматривал их как группу веществ с общими чертами строения и с изменчивым химическим составом. Перегнойные кислоты содержат карбоксильные и гидроксильные группы, которые относятся к ароматическим соединениям. А. А. Шмук изучил формы азота гуминовых кислот, определил главнейшие характерные для белковых веществ аминокислоты, например, аминокислоты ароматической природы. Азотсодержащие органические соединения растительных остатков быстро разлагаются микроорганизмами; поэтому почвенный азот, по его мнению, имеет вторичное происхождение: источник его — плазма микроорганизмов. А. А. Шмук развил идеи П. А. Костычева (1940), который полагал, что перегной образуется в процессе разложения растительных остатков при участии микроорганизмов.

Основные причины разложения и превращения растительных остатков в перегной следующие. Органические вещества разлагаются в почве под влиянием бактерий, грибов и химического взаимодействия составных частей разлагающегося вещества. Грибы образуют продукты разложения, окрашенные в темный цвет, бактерии этой способностью не обладают.

В. Р. Вильямс (1939) определил, что образование гумуса является результатом жизнедеятельности биологических сообществ, включающих растения и микроорганизмы, которые определяют направление почвообразовательного процесса, характер разложения органических остатков. По его мнению, перегнойные вещества — это продукты жизнедеятельности микроорганизмов. Каждой из четырех выделенных им растительных формаций — деревянистой, луговой, степной и пустынной — свойствен свой состав микробного населения, продуктами жизнедеятельности которых являются особые специфические формы перегнойных кислот.

В. Р. Вильямс выделял из лизиметрических вод гуминовые, ульминовые, креновые и апокреновые кислоты и изучал их свойства.

По данным И. В. Тюрина (1937, 1949, 1951), М. М. Кононовой

(1951, 1956), В. В. Пономаревой (1956, 1957), Л. Н. Александровой (1960), органическая часть почвы включает:

1) органические соединения, которые входят в состав неразложившихся растительных и животных остатков;

2) промежуточные продукты разложения растительных и животных остатков и микробных тел, углеводы, органические кислоты жирного ряда и их эфиры, азотсодержащие вещества и т. д.

3) гумусовые вещества специфической природы, которые образуются при вторичном синтезе промежуточных продуктов распада и составляют 85—90% всей массы органического вещества.

Гумусовые вещества относятся к сложным высокомолекулярным органическим соединениям коллоидной природы, которые, взаимодействуя с минеральными веществами почв, образуют сложные органо-минеральные соединения.

В северных влажных лесных районах фульвокислоты вымываются из почвы. Для этих почв характерно преобладание среди гуминовых веществ ульминовой кислоты, малонасыщенной кальцием и частично связанной с полуторными окислами. В почвах степных и лугово-степных областей из-за высокой зольности травянистого спада и слабой выщелоченности ульминовые кислоты, насыщаясь кальцием, переходят в гуминовые темноокрашиваемые вещества, не растворимые в воде, что определяет высокое содержание в черноземах гуминовых кислот.

В пустынно-степных почвах с высоким содержанием карбонатов преобладают фульвокислоты и нерастворимые гумин и ульмин.

По мнению М. М. Кононовой (1963), содержание гумуса, его состав и природа гуминовых кислот для различных подтипов сероземов (темные, типичные, светлые) неодинаковы. Наиболее гумусированы и более богаты гуминовыми кислотами темные сероземы, наименее — светлые. Быстро протекающие в сероземах процессы новообразования и распада способствуют образованию гумусовых веществ типа фульвокислот и относительно простых форм гуминовых. По общему содержанию и распределению гумуса по профилю можно определить тип почвы.

Вопрос о гумусообразовании в различных почвах в литературе широко освещен (Тюрин, 1949, 1951).

Советские ученые, развивая идеи В. В. Докучаева о зональности почвообразовательных процессов, впервые установили общие закономерности гумусообразования в почвах СССР.

Процессы образования органического вещества в почвах Средней Азии изучены слабо. Н. П. Бельчиковой (1948), М. М. Кононовой (1951) установлено низкое содержание гумусовых веществ, объясняемое засушливым климатом и благоприятными условиями для разложения органических остатков.

Гумусообразование в почвах Средней Азии изучали Н. П. Ремезов (1933), И. И. Синягин (1939), М. М. Кононова (1951, 1963), А. Н. Розанов (1951), Е. П. Лагунова (1958), Н. С. Козлова (1966), Н. Н. Илловайская (1959, 1960).

А. Н. Розановым сероземы по качественному составу гумуса выделяются в особую группу, равноценную подзолистым и черноземным почвам.

Мнение об особом протениновом характере гумусовых веществ впервые было высказано П. А. Костычевым (1940). Он считал, что гумус в сероземах почти целиком состоит из тел бактерий и других микроорганизмов. Это положение было подтверждено Н. П. Ремезовым, который обнаружил отсутствие гемицеллюлозы и преобладание протенинов над лигниногумусовым комплексом.

И. И. Синягин, исследуя качественный состав гумусовых веществ на целинных и орошаемых сероземах, установил в них небольшое количество гемицеллюлозы и отсутствие клетчатки. Почвенные протенины преобладают в целинном сероземе, по углероду они достигают 42%.

Доказано, что основным компонентом гумуса сероземов являются богатые азотом соединения протенинового типа: их количество достигает 30—40%, на долю лигнинной части приходится 25—35%. Для протенинового состава гумуса характерно высокое содержание азота (Розанов, 1951).

По данным М. М. Кононовой (1930), И. И. Синягина (1939), соотношение C:N в целинных сероземах достигает 8—9,5.

Б. П. Мачигин (1952) выявил, что с увеличением общего гумуса в различных почвах Средней Азии возрастает абсолютное количество всех фракций гуминовых кислот, причем наиболее резко в I-ой фракции, прочно связанной с минеральной частью почвы.

Вообще для процесса гумусообразования в целинных и орошаемых сероземах свойственно накопление в почве труднорастворимых форм органических веществ в виде фракции гуминов, которая составляет 50—55% от общего содержания: на долю фульвокислот приходится — 30—50, гуминовых 10—25%.

Таким образом, гумус сероземов представлен, с одной стороны, малоподвижными формами — «гуминами», с другой, — органическими веществами, рыхло связанными с минеральностью почвы. Гуминовые и фульвокислоты связаны на 90% с Са, на 13—20% с полуторными окислами.

В Таджикистане исследования по гумусу на староорошаемых почвах Вахшской долины различного культурного состояния проводила Л. П. Белякова. Она установила, что гуминовые кислоты из горно-луговой и горно-лесной почв имеют низкую оптическую плотность, что указывает на слабую конденсированность сетки ароматического ядра углерода.

За последние годы проведены работы по определению группового состава гумуса в основных типах почв Киргизии (Мамытов, Ройченко, Вухер, 1971). Они отличаются небольшим количеством гуминовых и значительным фульвокислот. Эта же особенность свойственна серо-бурым, светло-бурым и светло-каштановым почвам. Во всех почвах республики в связи с вертикальной зональ-

ностью прослеживается определенная закономерность при накоплении гумуса и увеличение отношения $\frac{C_{гк}}{C_{фк}}$.

Для орошаемых сероземов Самаркандского оазиса характерно интенсивное закрепление гумуса минеральной частью почвы, постоянное обновление его состава.

В целинных и орошаемых сероземах Зарафшанской долины наблюдается, с одной стороны, относительная подвижность гумуса, а с другой, — наличие в его составе труднорастворимых соединений «гуминов», что свидетельствует о закреплении органических соединений минеральной частью почвы.

В. В. Пономарева (1956) считает, что «типы почвообразования являются почти синонимом типов гумусообразования». От черноземов к пустынным из-за усиления минерализации уменьшается накопление гумуса и увеличивается образование зольного остатка растений, в первую очередь карбонатов. Исследуя почвы пустынной зоны Туркмении, она установила, что химическая природа гуминовых кислот и фульвокислот в такырах иная по сравнению со степными почвами. Ей удалось выделить низкомолекулярную фракцию фульвокислот, переходящую при электролизе через пергамент в анодную камеру. Эти фульвокислоты отличаются низким содержанием углерода, что указывает на их упрощенную химическую структуру. В связи с этим В. В. Пономарева считает, что связь упрощенной структуры гумусовых кислот с Са не характерна: трудность выделения из почв фульвокислот свидетельствует об их высокой химической активности.

Вопрос о природе и качественном составе гумуса почв пустынной зоны Узбекистана изучали Е. В. Лобова (1960), И. А. Ассинг (1956), И. А. Зиямухамедов (1968, 1969), М. П. Аранбаев (1956).

По данным Е. В. Лобовой, содержание валового гумуса в серо-бурых почвах обычно 0,3—0,7, изредка 1, валового азота — 0,03—0,3%; отношение С:N узкое (3—5).

Количество фульвокислот в почвах Бет-Пак-Дала достигает 40—50%, в Туркмении — 25—60%, в пустыне Джунгарского Алатау — 36% (Ассинг, 1956).

Изучая высокогорные альпийские и субальпийские сероземы и почвы предгорной равнины Тянь-Шаня, И. А. Ассинг (1956) установил, что содержание гумуса постепенно возрастает от предгорных пустынных светлых сероземов до высокогорных альпийских луговых.

И. И. Емельянов (1956) при исследовании черноземов, каштановых, бурых и сероземов Казахстана пришел к выводу, что в составе гумуса бурых пустынно-степных почв преобладают фульвокислоты: отношение $\frac{C_{гк}}{C_{фк}}$ равно 0,8—0,5, в серо-бурых — 0,5—0,3.

Качественный состав гумуса серо-бурых почв Копет-Дага и светлых сероземов не одинаков (Аранбаев, 1956). В верхних горизон-

тах светлых сероземов содержание гуминовых и фульвокислот повышено. С глубиной различия возрастают, что определяет более узкие отношения $\frac{C_{гк}}{C_{фк}}$ в серо-бурых почвах пустынных равнин (0,31—0,63), по сравнению с сероземами (0,5—1,8).

Приведенные данные подчеркивают генетическое различие между сероземами (в частности, светлыми сероземами) и серо-бурыми почвами.

В Узбекистане процессы гумусообразования в почвах изучались в зависимости от естественноисторических условий (определяемых главным образом вертикальной зональностью) и степени окультуренности почв (Муравьева и Селитренникова, 1965; Зиямухамедов, 1969). Исследования проведены в основном на почвах сероземного пояса северных районов республики (Ташкентский, Голодностепский и Самаркандский оазисы). Почвы же пустынной зоны изучены слабо.

И. А. Зиямухамедов, рассматривая содержание и состав органического вещества орошаемых сероземов и такырных почв разной степени окультуренности, пришел к выводу, что состав и свойства органического вещества целинных земель под влиянием распашки изменяются. В сероземах и в такырных почвах преобладают фульвокислоты, но в первых отношении гуминовых кислот к фульвокислотам составляет 0,5, а во вторых <0,5.

Н. Т. Муравьева и З. Б. Селитренникова (1965) предложили классификацию некоторых основных типов почв Узбекистана. Они разделили их на четыре группы: коричневые выщелоченные почвы (гумус гуматно-фульватный относительно подвижный), темные сероземы (гумус фульватно-гуматный относительно устойчивый), светлые и типичные (гумус гуматно-фульватный устойчивый), гидроморфные почвы аридного пояса (гумус гуматный устойчивый).

По мнению многих исследователей (Кононова, 1930, 1951, 1965; Голодковский, 1933; Кононова и Лагунова, 1940; Лазарев, 1955, 1957, 1964), в орошаемых сероземах при распашке целины и травяного пласта происходит быстрая минерализация органических веществ вследствие высокой интенсивности биологических процессов.

Как видно из литературного обзора, исследования охватывают в основном сероземные почвы Средней Азии. Вопрос о содержании гумуса в пустынных почвах Узбекистана до сих пор почти не изучен.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ, РАСТИТЕЛЬНЫЙ И ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ КАРШИНСКОЙ СТЕПИ

Климат

Пустынная зона Узбекистана делится на северную, центральную и южную части (Генусов, Горбунов, Кимберг, 1960). В южную часть пустыни входят два округа: Сурхан-Шерабадский и Кашка-

дарьинский. Кашкадарьинская долина — объект наших исследований — представляет собой покату, расширяющуюся с северо-востока на юго-запад, слегка холмистую равнину, обращенную в сторону песчаных пространств Кызылкумов.

Климат долины крайне засушлив, с малым количеством атмосферных осадков и высокой сухостью воздуха. В связи с открытым положением на запад и северо-запад сюда в зимне-осенний период проникают с севера массы холодного воздуха, что вызывает значительное понижение температуры. Поэтому здесь иногда бывают холодные зимы. Лето жаркое, сухое с сильными ветрами и высоким испарением с поверхности почвы. Основная масса осадков приходится на зимне-весеннее время, летом их почти не бывает. Испаряемость в несколько раз превышает количество выпадающих осадков, что обуславливает сухость атмосферы и почв. Среднегодовая температура января, по данным метеостанций Каган, Каракуль, Карши, Камаша, колеблется в пределах 0,3—0,8°.

Самые жаркие месяцы — июнь, июль, август. Абсолютный максимум плюс 47°, абсолютный минимум минус 27°. Снеговой покров держится недолго, высота его 5—10 см. Температура поверхности почвы летом в отдельные годы достигает +70°. Влажность воздуха 20—30%. Совокупность изменений годового режима температур и осадков влияет на вегетацию растений, обуславливая две резко различные фазы: весеннюю — изометрическую и летнюю — ксеротермическую (Розанов, 1951). Это, в свою очередь, определяет направление и скорость биохимических процессов, выветривания, почвообразования и др.

В годовом ходе атмосферных осадков сохраняются общие черты континентального субтропического климата Средней Азии: наиболее увлажненными считаются зимние и весенние периоды года, когда осадков выпадает 82—88% от годовой суммы. В осенние месяцы количество осадков составляет 10—15%, в летние — не более 2—3%.

Каршинская степь расположена на юге Узбекистана в пределах 37°58'—39°32' с. ш. и 64°23'—67°42' в. д.

Климатические особенности описываемой территории определяются ее положением в Туранской почвенно-климатической провинции (Герасимов, 1933). Как и во всей провинции климат Каршинской степи характеризуется крайней аридностью, очень небольшим количеством осадков, продолжительным сухим летом.

В условиях Каршинской степи снежный покров невелик и неустойчив, что свойственно пустынной зоне, — держится 3—5 дней. Высота его в январе — феврале — 5—7 см, в более снежные годы 13—15 см. Осенние заморозки начинаются в третьей декаде октября, весенние — в конце марта в равнинной части.

Безморозный период для равнинной части 209 дней. Сумма положительных температур за вегетационный период 4500—5000°. Продолжительность периода с температурами выше +5° 290—300 дней. Вегетация теплолюбивых культур, например, хлопчатника, на-

чинается в среднем 15—20 марта и заканчивается в первой половине ноября. Длительность периода с температурой выше +10° во многих районах области 226—228 дней.

Растительность

Растительность пустынной зоны Каршинской степи по видовому составу довольно разнообразна.

Изучению растительного покрова Центральной части Каршинской степи посвящены работы К. З. Закирова (1939, 1940), южной и западной — И. И. Гранитова и др. (1959).

Характерная черта растительности пустыни — наибольшая разреженность в пределах пустынной зоны и кратковременная вегетация основных представителей ранней весной.

В начале марта развиваются эфемеры — пустынная осочка (*Carex pachystylis*) и мятлик луковичный (*Poa bulbosa*). В середине апреля они достигают полного развития. В это время цветут гусиный лук (*Gagea reticulata*), иксиолирион (из семейства лилейных), лютик (*Ranunculus severtzovi*), некоторые однолетники из семейства крестоцветных. На глинистой пустыне произрастает гигантское зонтичное — каврак (*Ferula assa foetida*).

К концу апреля — в начале мая вегетация всех растений заканчивается, растительность выгорает, за исключением одиночных кустиков солянок (*Salsola*, *Halocharis hispida*).

Для растительности гипсовой пустыни характерны в основном ксерофиты с жесткими сухими или мясистыми суккулентными листьями. Представители гипсовой пустыни — мясистые солянки биюргун (*Anabasis salsa*), кейреук (*Salsola rigida*), боялыш (*Salsola arbuscula*) и полыни (*Artemisia herba alba* и *Artemisia terra alba*).

Песчаная пустыня по сравнению с каменистой характеризуется большим разнообразием видов. Атмосферные осадки здесь проникают в глубокие горизонты и труднее испаряются. Кроме того, пески конденсируют влагу из водяных паров воздуха. Растут здесь главным образом осока ранг (*Carex physodes*) с длинными ветвящимися корневищами, из эфемеров — мятлик луковичный и др.

Растительность солончаков представлена разреженными своеобразными растениями — галофитами с мясистыми суккулентными стеблями или листьями. Наиболее распространены из этих растений солерос (*Salicornia herbacea*), сарсазан (*Halocnemum strobilaceum*), карабулак (*Halostachys caspica*).

И. И. Гранитов и др. в соответствии с системой К. З. Закирова выделяют в Кашкадарье четыре растительных пояса: чуль, адыр, тау и яйлау. Тау и яйлау занимают более высокие пояса горной части Кашкадарьинской области, которые находятся за пределами рассматриваемой территории. Изучаемая нами почва распространена в чуле. Чуль — это пояс растительности в равнинной части Кашкадарьинской области.

На более пониженных участках долины, идущих с ССВ на ЮЮЗ, которые заняты солончаками и засоленными почвами, распространены солянки (*Climacoptera tugsonanica*), балык куз (*Climacoptera lanata*), гребенщик (*Tamarix*), аджерек (*Aeluropus litoralis*), ромашка (*Matricaria lamollata*) и однолетний кермек (*Psyllostachys leptostachya*).

Массивы с засоленными почвами заняты эфемерами — мятликом живородящим (*Poa*), осокой (*Carex*) и эфемерами. В полыньниках и среди зарослей эфемеронидов присутствуют солянки: сета (*Salsola sclerantha*) и куян-джун (*Halocharis hispida*).

По данным К. З. Закирова, первыми поселенцами и завоевателями такыров в южных частях Каршинского и Бешкентского районов являются мятлик луковичный (*Poa bulbosa*) и каррак (*Cousinia resinosa*).

Таким образом, растительность рассматриваемой территории представлена главным образом кустарниковыми формами, не образующими сплошного покрова и оставляющими большую часть поверхности открытой для прямого действия солнечных лучей, ветра и других внешних факторов. Все это сдерживает накопление органического вещества.

Почвы

В Каршинской степи формируются в основном малогумусные почвы. На волнистых лессовых предгорьях развиты сероземы, а в пустынных низменных равнинах — такыры, такырные, пустынные песчаные, серо-бурые, солончаки и другие почвы.

Серо-бурые почвы доминируют на более древних поверхностях равнинной части Средней Азии, занимают, главным образом, останцовые возвышенности и развиты на элювии третичных коренных пород, реже на пролювиально-делювиальных наносах также третичного и раннечетвертичного периодов. В этих почвах четко выражено двучленное строение профиля. Верхняя часть профиля менее плотная со светло-бурым или буровато-серым цветом, ниже более плотная, бурого цвета, с выделением карбонатов в виде крупных белых пятен и конкреций, глубже гипсовый горизонт.

Такырные почвы развиты преимущественно на древних аллювиальных отложениях дельты Кашкадарьи и высоких террасах Амударьи.

Подробная характеристика почвенных типов Каршинской степи дана Н. В. Кимбергом (1967).

Такырные почвы. Для данных почв характерно наличие корки. Гумусированный горизонт несколько растянут. По механическому составу относятся к тяжелосуглинистым. Им свойственна обогащенность пылеватыми частицами и способность к набуханию. Следовательно, такырные почвы отличаются наилучшими для автоморфных почв пустыни сочетанием физических свойств, влагоемкостью, средней водопроницаемостью.

Высокая производительная способность такырных почв объясняется относительно богатым содержанием гумуса, азота, фосфора, более высокой, по сравнению с другими автоморфными почвами пустыни, биогенностью.

Засоление такырной целинной почвы слабое. Щелочность невысокая. Карбонаты в профиле почвы распределены довольно равномерно — 8,1 — 8,5%.

Содержание поглощенных кальция и магния от общей суммы поглощенных оснований для поверхностных горизонтов описываемых почв составляет 80—81%, а калия и натрия — 19—20%. Из них на долю поглощенного натрия приходится 5—8% от общей суммы. В глубоких слоях процент поглощенных кальция и магния возрастает до 90—94, а калия и натрия снижается до 6—10.

Содержание гумуса такырных почв зависит от запасов корневых остатков растений. В Каршинской степи, по данным Н. Т. Муравьевой и др. (1965), произрастают преимущественно сильно изреженные полукустарниковые ксерофиты (мимозка, полынь, солянки) и в небольшом количестве эфемеры, которые в слое 0—5 см накапливают около 2 т/га корневой массы.

Целинные такырные почвы Каршинской степи отличаются низким содержанием гумуса по сравнению с сероземами: в слое 0—6 см — 1,12%, 53—64 см — 0,40%, 113 см — 0,67%. Увеличение количества гумуса в последнем случае объясняется утяжелением механического состава.

В такырных почвах содержание общего азота в зависимости от механического состава изменяется от 0,084% в верхнем (0—6 см) горизонте до 0,057% в нижележащих. Однако даже в глубоких (53—64; 93—113 см) глинистых горизонтах оно достигает почти 0,05% от веса сухой почвы. Запасы азота в метровом слое составляют 6,68, в полутораметровом 8,20 т/га.

Содержание валового фосфора в такырных целинных почвах Каршинской степи варьирует от 0,117 (слой 64—93 см) до 0,181% (0—6 см) к весу сухой почвы. Наиболее высокое содержание в верхних горизонтах (0—6; 6—14; 14—23 см) — соответственно 0,181; 0,177; 0,154%. Запасы валового фосфора в слое 0—100 см равны 18,9, в слое 0—150 см — 28,10 т/га.

Наиболее высоким содержанием подвижной P_2O_5 характеризуются верхние горизонты (38,2 мг/кг) почвы, а низким — слой 25—53 см (3,8 мг/кг). Содержание валового калия варьирует от 1,75 (слой 175—235 см) до 2,36% (слой 14—23 см). Запасы валового калия в метровом слое 300, в полуметровом — 436 т/га.

Самая высокая концентрация подвижного калия обнаруживается в верхних аккумулятивных горизонтах (0—6; 6—14 см) — 446—546 мг/кг, самая низкая в слое 53—64 см — 172 мг/кг.

По данным М. А. Белоусова и А. Л. Торопкиной (1960), при содержании в почве усвояемого калия в количестве 180 мг/кг, растения хорошо обеспечиваются калием. В такырных целинных почвах содержание подвижного калия превышает эту величину в 2 и более

раза. Это подтверждают запасы усвояемого K_2O в верхних полуметровом и метровом слоях почв — соответственно 2777 и 4271 кг/га.

Серо-бурые почвы. Для данной почвы характерна тонкая полигонально-трещиноватая суглинистая корочка и отсутствие сомкнутого растительного покрова.

Профиль почвы четко дифференцирован на генетические горизонты с выделением серого рыхлого подкоркового горизонта А, бурого с различными оттенками, плотного горизонта В, в котором обнаруживается максимальное скопление карбонатов в виде белоглазки и конкреций, а также гипсового горизонта С. Мощность гумусового горизонта небольшая.

Главный отличительный признак серо-бурых почв — бурый плотный горизонт. Такой цвет Е. В. Лобова (1960) объясняет процессом ожелезнения, который происходит в результате внутрипочвенного выветривания алюмосиликатов.

Физические свойства серо-бурых почв Каршинской степи изучены слабо. Профиль этих почв состоит из трех горизонтов, поэтому степень выраженности и глубина залегания горизонта в значительной мере определяют физические свойства профиля. По водопроницаемости они превосходят такырные, но уступают пустынным песчаным почвам.

По механическому составу рассматриваемые почвы относятся обычно к супесчаным и легкосуглинистым. Для серо-бурых почв характерно повышение содержания физической глины и иловатых частиц в ярко окрашенном плотном структурном горизонте, как по сравнению с верхним горизонтом, так и по сравнению с породой, что объясняется внутрипочвенным выветриванием. В составе этих почв преобладает мелкопесчаная фракция (0,25—0,05 мм). Содержание частиц крупной пыли колеблется от 3 до 13%, невелико и содержание крупного песка.

Судя по данным водной вытяжки, вся подгипсовая часть профиля практически незасолена: плотный остаток не превышает 0,08%. В составе воднорастворимых солей преобладает бикарбонат кальция; содержание растворимых сульфатов и хлоридов ничтожно мало. Засоление гипсового горизонта резко повышается — до 1,2—1,3%, преимущественно за счет сульфатов кальция, отчасти магния и натрия. Способность к адсорбции катионов у серо-бурых почв благодаря легкому механическому составу невелика. Сумма поглощенных катионов колеблется от 4,61 до 8,75 мг-экв на 100 г почвы.

Среди поглощенных оснований преобладает кальций — 84,4% от суммы всех катионов; на долю магния приходится 5,4—11,8%, калия — 8,2—10,7%, натрия — лишь 1,7—1,9%.

Содержание гумуса и азота в серо-бурых почвах зависит от механического состава: гумуса в верхнем горизонте от 0,27 до 0,54, во втором полуметре до 0,19, азота соответственно от 0,024 до 0,043 и до 0,018%.

Серо-бурые почвы, по сравнению с другими почвенными разновидностями пустынной зоны, бедны валовым калием и фосфором: в верхних горизонтах первого содержится 1,50—1,60%, второго — 0,117—0,124, в нижних — соответственно 0,81—1,54 и 0,08—0,09%.

Пустынная песчаная почва. Верхний горизонт состоит из сыпучего сухого песка, изредка пронизанного стеблями и корнями растений. За ним идет сильнокорешковатый слой, образованный переплетением корней, главным образом эфемероидов. Далее прослеживается очень плотный, карбонатный горизонт, куда проникают отдельные крупные корни многолетников. Ниже рыхлый, желтовато-серый песок. Профиль пустынных песчаных почв слабо дифференцирован на генетические горизонты, характеризующиеся очень низким содержанием гумуса и равномерным распределением карбонатов. Этот тип почв развивается в Каршинской степи на концевых частях подгорных покатостей, в некоторых частях древне-аллювиальной равнины, но в основном на останцовом Девханинском плато. Почвообразующие породы — золые, реже древне-аллювиальные отложения песчаного и супесчаного состава.

Для пустынных почв свойственна низкая емкость поглощенных оснований — 5,90—3,16 мг-экв. Сумма поглощенных кальция и магния колеблется от 78—90%, щелочных оснований — от 10 до 22% от емкости поглощения, из них на долю натрия приходится менее 2%. Судя по данным водной вытяжки, почвы не засолены. Содержание хлора 0,004—0,008%, гипса — 0,008—0,009, кальция — 0,01, магния — 0,004—0,005, CO_2 карбонатов 6,8—8,4%.

Содержание гумуса колеблется от 0,23—0,32% в верхних горизонтах (0—38 см) до 0,16% в нижних (75—100 см), валового фосфора — соответственно от 0,6 до 0,7%, подвижного — от 21,0 до 4,8 мг/кг. Пустынные песчаные почвы намного беднее, чем такырные, валовой и подвижной K_2O : в верхних горизонтах обнаруживается соответственно 1,93% и 183—210 мг/кг, в нижних — до 2,02% и 149—171 мг/кг¹.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследований были целинные пустынные почвы Каршинской степи: такырные, серо-бурые, пустынные-песчаные. Все точки выбраны и морфологически описаны А. М. Расуловым в 1964 г. и Д. Махмудовой в 1968 г. Почвенные образцы генетических типов для микробиологических, химических и биохимических анализов взяты на целинных почвах — из тех же разрезов, которые служили полустационарными объектами исследований НИИПА. Ниже приводим краткое описание этих разрезов.

Разрез 2. Такырная почва, развитая на слоистом аллювии. Пункт: от с. Мерганча — 4 км на юг, от с. Камаша — 12 км на

¹ Подвижные формы фосфора и калия определены в углеаммонийной вытяжке.

север. Рельеф — равнина — целина. Поверхность почвы ровная. Глубина разреза 100 см.

0—1 см. Светло-серая, непрочная корочка сильнопористая суглинистая, сверху слегка опесчаненная.

1—9 см. Темно-серый с коричнево-буроватым оттенком, слабоувлажненный, сверху чешуйчато-пластинчатый, книзу зернистый суглинок, уплотненный; встречаются отдельные мелкие корешки, мелкотрещиноватый.

9—29 см. Темно-серый с буроватым оттенком, плотный ореховатомкомковатый слабоувлажненный суглинок, в середине горизонта отдельные плесени и куколки карбонатов, число которых несколько увеличивается книзу горизонта; встречаются мелкие корешки.

29—54 см. Темно-серый с буровато-сизоватым оттенком, плотный слабоувлажненный суглинок, комковатослитный, в месте перехода к следующему горизонту пластинчатая глина, легкая, по всему горизонту разбросаны куколки и мазки карбонатов, темно-бурые и ржавые пятна.

54—70 см. Светло-серый уплотненный суглинок, встречаются разных размеров желтовато-бурые и сизые пятна.

Разрез 661. Пустынная песчаная почва на эоловых отложениях, подстилаемых аллювием третичных песчаников. Пункт — от Сардобы Сурхи 8 км на запад (Девханинское плато). Ландшафт — широковолнистая равнина с отдельными грядами полужакрепленного песка. Положение разреза: рельеф — равнина — целина. Микрорельеф и поверхность почвы ровная мелкокомковатая. Грунтовые воды залегают глубоко и минерализованные.

0—9 см. Серый, сухой уплотненный мелкогравистый песок, слабо задернован, переход постепенный.

9—55 см. Серый с палевым оттенком слабоувлажненный уплотненный мелкопористый корешковатый песок.

55—77 см. Серый слабоувлажненный, плотнее предыдущего, песчаный; встречаются единичные корешки, переход ясный.

77—100 см. Темно-серый с буроватым оттенком, плотный сухой мелко слабогравистый песок с куколками карбонатов.

Разрез 662. Серо-бурая почва, легкосуглинистая, развитая на элювии третичных песчаников. Пункт: от Сардобы Сурхи на запад 10 км (Девханинское плато). Ландшафт: плато широковолнистое с грядами песка. Положение разреза: рельеф — равнина — целина. Поверхность почвы — ровная. Почвообразующая порода и подпочва — третичный песчаник. Растительность — солянки, эфемеры, местами полынь.

Грунтовые воды залегают глубоко, сильноминерализованные, глубина разреза 100 см.

0—5 см. Светло-серый сухой чешуйчато-пластинчатый суглинистый, сверху тонкий непрочный, супесчаная корочка;

5—13 см. горизонт местами языками вклинивается в следующий. Темно-бурый увлажненный уплотненный, пористый, единичные мелкие корешки, изобилует крупными грязно-белыми конкрециями карбонатов, переход в следующий горизонт ясный.

13—33 см. Темно-серый, увлажненный, слабоуплотненный, мелкий суглинок, изобилует выделениями карбонатов и солей; встречаются единичные корешки, переход в следующий горизонт ясный.

33—77 см. Коренная порода, состоящая из конкреций разных размеров, пространство заполнено мелкоземом и гипсом мучнистым и кристаллическим.

В исследованиях использованы методики Института микробиологии АН СССР (М., 1958), Института сельскохозяйственной микробиологии ВАСХНИЛ (Л., 1954) и кафедры биологии почв МГУ (Красильников, 1966).

Микробиологический анализ осуществляли методом предельных разведений почвенной суспензии на жидкие и твердые элективные среды. Применяя среды различного состава, являющиеся благоприятными для развития определенной физиологической группы микроорганизмов, и засеивая их постепенно уменьшающимся количеством, мы получали представление о степени распространения в данной почве той или иной группы.

В почвах определялось наличие следующих основных физиологических групп микроорганизмов:

бактерии на МПА;

актиномицеты на КАА при поверхностном посеве по 0,05 мл из соответствующих разведений;

грибы на СА;

споровые аммонификаторы по Е. Н. Мишустину (для количественного учета этой группы пользовались смесью равных частей мясо-пептонного агара и сусло-агара, материал перед посевом непосредственно пастеризовали на водяной бане при 60° в течение 10 мин.);

маслянокислые бактерии на среде Рушмана;

денитрифицирующие бактерии на среде Гильтая;

анаэробный фиксатор азота — клостридий Пастерианум на среде Виноградского;

азотобактер на гелевых пластинках со средой Эшби и методом почвенных пластинок;

нитрифицирующие бактерии на гелевых пластинках с аммонийно-магниевой солью фосфорной кислоты;

аэробные целлюлозоразлагающие микроорганизмы на кремнекислых пластинках, пропитанных минеральной средой Виноградского с кружочками фильтровальной бумаги.

Нитрифицирующую способность определяли по методике Вакмана при 21, 30, 45, 60, 75 днях инкубации в термостате при 27°С и 60% влажности от ПВ и различными вариантами (с увлажнением,

с внесением сульфата аммония и гороховой муки). Гороховую муку вносили из расчета 0,6 г на 100 г почвы (что соответствует 30 мг азота). Как в исходных, так и в образцах после окончания опыта определяли количество нитратов методом Гранвальд-Ляжу колориметрически. Активность почвенных ферментов изучали в воздушно-сухих и стерилизованных образцах почв, а также в субстратах без почвы.

Контроль — стерилизованные образцы. Стерилизацию осуществляли в термостате при температуре 180°C в течение 3 часов. Во всех образцах были отобраны корешки и просеяны через сито с отверстием 1 мм.

Активность инвертазы определяли по модификации методов А. Ш. Галстяна (1965). Навески почвы 5 г помещали в колбы на 50 мл, добавляли 10 мл 5%-ного раствора сахарозы, 10 мл ацетатного буфера (рН 4,7) и 0,5 мл толуола в качестве антисептика. Колбы закрывали корковыми пробками, встряхивали и ставили в термостат при 30° на 24 часа. Затем содержимое фильтровали в мерные колбы на 100 мл. В фильтрате (20 мл) определяли редуцирующие сахара по Бертрану, т. е. туда же приливали 20 мл смеси феллинговой жидкости, составленной из сернокислой меди и щелочного раствора сегнетовой соли. Затем кипятили 3 мин. на электрической плитке, снимали с огня и оставляли на 1 мин. в покое. Осадок фильтровали через фильтр горячей дистиллированной водой до нейтральной реакции, затем растворяли прибавлением 10%-ного сернокислого окисного железа и промывали на фильтре. Наконец, титровали 0,1 н. раствором перманганата калия. Активность инвертазы выражали в миллиграммах глюкозы на 1 г почвы за сутки, уреазы — определяли методом Е. Гофмана и Шмидта (1958), каталазы — методом В. Ф. Купревича (1951) в модификации Ю. В. Круглова и Л. Н. Пароменской.

Химические и биохимические анализы проводили в воздушно-сухих образцах почвы, тщательно очищенных от растительных остатков. Повторность анализов — двукратная с двумя-тремя параллельными определениями.

Содержание CO₂ карбонатов рассчитывали ацидиметрическим методом Б. П. Мачигина (1963), общего азота — полумикромодификацией метода Къельдаля (Аринюшкина, 1970), легкогидролизуемого — по Конрфилду (Шконде, 1971), 6 н. HCl гидролизаты и препараты для качественного и количественного определения аминокислот выделяли из почв по видоизмененной методике Ф. В. Турчина (1960).

Препараты для выделения качественного и количественного состава свободных аминокислот извлекали из почвы 20%-ным этанолом по методу О. А. Мамченко (1970). Содержание аминокислот определяли методом Г. Н. Зайцевой, Н. П. Тюленевой (1958), общего углерода в почвах — методом И. В. Тюрина (1951) в модификации В. Н. Симанова (1957). Согласно последней титрование избытка бихромата калия, не израсходованного на окисление орга-

нических веществ почвы, проводили солью Мора, используя в качестве индикатора фенилантранилиновую кислоту.

Для определения группового и фракционного состава гумуса использовали метод Тюрина (1951) в модификации В. В. Пономаревой (1957).

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПУСТЫННЫХ ПОЧВАХ КАРШИНСКОЙ СТЕПИ

Состав бактерий

Бактерии — самые распространенные формы микроорганизмов в почвах (63—90%). В связи с этим им принадлежит основная роль в почвенных процессах. Бактерии вызывают различные превращения минеральных и органических веществ. Особенно важны

Таблица 1

Среднее количество бактерий, растущих на МПА и КАА в пустынных почвах, тыс. на 1 г почвы (Абдужалалова, 1970)

Глубина, см	Количество бактерий на		Соотношение чис- ла бактерий на МПА и КАА
	МПА	КАА	
Такырная			
0—1	3027	7219	1:2,38
1—9	1890	2605	1:1,37
9—29	382	292	1:0,76
29—54	222	118	1:0,53
54—70	24	394	1:16,4
Пустынная песчаная			
0—9	807	3032	1:3,75
9—29	702	526	1:0,74
29—55	118	128	1:1,08
55—77	190	123	1:0,69
Серо-бурая			
0—5	877	1775	1:2,02
5—13	303	773	1:2,55
13—33	80	50	1:0,62
33—77	39	51	1:1,30

процессы, связанные с образованием питательных веществ для высших растений и повышением почвенного плодородия: аммонификация, нитрификация, азотфикация, процессы разложения клетчатки и др.

По количеству бактерий почвы пустынной зоны Каршинской степи не одинаковы (табл. 1). Так, при посеве на МПА, общее число бактерий в верхних слоях такырной почвы (0—9 см) больше,

чем в пустынной песчаной и серо-бурой в 3 раза, а при развитии на среде с минеральным азотом — соответственно в 1,6 и 2,7 раза. В связи с этим интересно выяснить характер распространения бактерий по вертикальному профилю этих почв. Во всех почвах их основная масса уменьшается в направлении к нижним горизонтам, однако уменьшение происходит по-разному. Например, в такырной почве бактерий, растущих на среде с органическим азотом, в слое 0—9 см насчитываются миллионы, в слое 9—54 см сотни тысяч на 1 г почвы, в нижележащих — десятки тысяч.

В серо-бурой и пустынной песчаной почвах наблюдается сравнительно высокое содержание бактерий в горизонте 9—29 см.

Таким образом, изучаемые типы почв различаются общим содержанием бактерий и глубиной их распространения. В большинстве случаев численность бактерий доминирует в верхних слоях, а в нижележащих она резко снижается.

Степень активности минерализации в почвах вертикального ряда косвенно характеризуется соотношением между бактериями, усваивающими органический и минеральный азот. Е. Н. Мишустин (1954) и др. указывают, что почвы с интенсивной минерализацией органики содержат больше микроорганизмов, усваивающих минеральный азот, а почвы с ограниченной минерализацией — микрофлору, использующую органический азот.

Таблица 2

Динамика численности бактерий в пустынных почвах, выращенных на различных средах (данные М. У. Абдужалаловой) тыс. на 1 г почвы

Глубина, см	Бактерии на МПА			Бактерии на КАА		
	весна	лето	осень	весна	лето	осень
Такырная						
0—1	3690	3050	2341	14090	3692	3875
1—9	2969	2414	313	1842	3832	2142
9—29	564	147	285	145	218	515
29—54	288	118	258	123	151	81
Пустынная песчаная						
0—9	1013	754	655	4458	2677	1962
9—29	1369	259	476	725	27	827
29—55	232	68	55	10	327	49
Серо-бурая						
0—5	885	775	971	1778	1588	1960
5—13	502	209	198	603	1516	202
13—33	150	49	41	80	43	27

Количество бактерий в пустынных почвах в течение года зависит от влаги и тепла в почве (табл. 2). По нашим данным весеннего срока исследования 1970—1971 гг., более благоприятным периодом для развития бактерий является весна. Летом и осенью чис-

ленность их снижается. Количество бактерий, выращенных на МПА, в такырной почве в горизонте 0—9 см в мае примерно в 2,5 раза больше, чем в октябре, на минеральном азоте на тех же глубинах в мае в 2 раза больше, чем в августе и в 2,6 раза больше, чем в октябре. Аналогично изменение численности бактерий в пустынной песчаной и серо-бурой почвах.

При сопоставлении данных по вертикальному профилю рассматриваемых почв заметно увеличение численности бактерий, растущих на КАА. Это свидетельствует о приспособлении группы бактерий усваивать минеральный азот в пустынной почве.

По данным В. О. Таусова (1936, 1950), в почвах Памира значительно распространены бактерии, растущие на минеральном азоте. По его мнению, эти бактерии являются сапрофитами, разлагают безазотистые органические вещества, а азот используют в минеральной и аммиачной форме, выделяемый при аммонификации другими бактериями, и превращают в азот белка своего тела. Большое число бактерий, обнаруживаемых на минеральном азоте, в почвах южных областей обуславливается более интенсивной минерализацией органических веществ.

По профилю бактерии распределены по-разному. В такырной почве в горизонте 9—29 см численность бактерий, растущих на МПА и КАА, в 7—17, а в серо-бурой почве в 10—35 раз меньше, чем в верхнем. Число бактерий, развивающихся в среде с органическим азотом, в пустынной песчаной почве почти одинаково в верхнем и нижнем горизонтах. При выращивании бактерий на МПА оказалось, что на глубине 55—75 см их численность в пустынной песчаной почве выше, чем в серо-бурой и такырной, соответственно в 5 и 8 раз.

Спороносные формы почвенных бактерий. Споровые бактерии принимают участие в разложении более устойчивых органических веществ, причем некоторые бациллы обладают высокой аммонифицирующей способностью (Красильников, 1950; и др.).

По данным наших исследований, в условиях Каршинской степи (табл. 3) количество споровых бактерий в слое 0—9 см такырной почвы в 2 и 1,5 раза больше, чем соответственно в пустынной песчаной и в серо-бурой почвах. В нижележащих слоях оно увеличивается во всех исследуемых почвах.

К доминирующим спороносным в пустынных почвах Каршинской степи относятся *Bac. mesentericus* и *Bac. idosus*. В пастеризованном посеве *B. typhoides* не выявили ни в одной из почв. Отобрали 20 штаммов, которые идентифицировали до вида. Культуры после расчистки высевали на среду Балицкой для отбора активных продуцентов свободных аминокислот (Красильников, 1966). Из общего количества культур 9 оказались наиболее активными и выделяли заметное количество свободных аминокислот, давая на хроматографии фиолетовую и темно-фиолетовую окраску пятен. Они представлены спороносными микроорганизмами. *Bac. mesente-*

ricus, Bac. vulgatis, Bac. idosus, Bac. aerophilus, Bac. cereus, Bac. mesentericus niger. Кроме того, обнаружен Bac. brevis migula. Большинство изученных нами штаммов рода Bacillus оказалось активным: пептонизировали молоко, разжижали желатину, накапливали кислоты при росте на средах с сахарами и спиртами, многие восстанавливали нитраты и почти все хорошо росли на синтетических средах с минеральным азотом.

В исследуемых пустынных почвах микроорганизмы, активные продуценты аминокислот, видимо, разных видов. Так, в такыр-

Таблица 3

Споровые бактерии в пустынных почвах

Глубина, см	Бактерии на МПА, тыс. на 1 г почвы	Бациллярных форм, тыс. на 1 г почвы	Спороносных форм, % от общего числа	Преобладающие
Такырная				
0—1	3027	210	6,9	Bac. mesentericus
1—9	1890	402	21,1	
9—29	382	130	34,0	
29—54	222	35	15,8	Bac. idosus
Пустынь				
0—9	807	140	17,3	.
9—29	702	222	31,6	
29—55	118	25	21,1	
Серо-бурая				
0—5	877	200	22,8	.
5—13	303	187	61,7	
13—33	80	21	26,2	

ной почве из 9 культур 5, в пустынной песчаной из 7 культур 2 и в серо-бурой почве из 4 культур 2 дали интенсивное фиолетовое окрашивание.

Анаэробные бактерии. Распространение Clostridium pasteurianum в почвах Средней Азии освещено в литературе довольно полно. По данным С. Ф. Лазарева (1954), в целинных почвах встречается 10^2 — 10^3 клеток на 1 г почвы, Е. И. Квасникова (1957) в такырах — не более 10 клеток. Л. Н. Палецкая и др. (1963), изучая такыровидные почвы Мургабского оазиса, установили, что Clostridium pasteurianum в целинной почве присутствует до 3 тыс. клеток на 1 г почвы.

Максимальное количество анаэробного фиксатора Clostridium pasteurianum в пустынных почвах Каршинской степи достигает 10^4 и минимальное — 10 клеток на 1 г почвы. Наблюдения показали, что Clostridium pasteurianum лучше развивался весной (табл. 4).

Группа бактерий маслянокислого брожения широко распространена в пустынных почвах. Максимальное количество их в слое 0—9 см такырной почвы в летний период достигало 10^5 , пустынной песчаной почвы — весной. В нижележащих слоях количество этих бактерий уменьшается до 10^{1-2} на 1 г почвы.

Аэробные азотфиксирующие бактерии. М. И. Братчева (1963), исследовавшая целинные такырные почвы долины Кашкадарьи, выявила азотобактер в единичных случаях только в октябре в слое

Таблица 4

Количество анаэробных бактерий, азотобактера* и бактерий олигонитрофилов в пустынных почвах

Глубина, см	Маслянокислые бактерии на среде Рушмана		Cl. pasteurianum на среде Виноградского		Олигонитрофилы на среде Эшби, тыс. на 1 г почвы	
	весна	лето	весна	лето	весна	лето
Такырная						
0—1	10^3	10^5	10^3	10^4	Не опр.	Не опр.
1—9	10^2	10^5	10^{2-3}	10^3	.	.
9—29	10^2	10^4	10^1	10^3	.	.
29—54	10^1	10^3	10^1	10^3	.	.
54—70	10^3	10^3	10^3	10^3	.	.
70—100	10^3	10^4	10^3	10^3	.	.
Пустынная песчаная						
0—9	10^5	10^3	10^4	10^2	.	180
9—29	10^4	10^3	10^4	10^3	220	250
29—55	10^4	10^3	10^4	10^3	Не опр.	187
55—77	10^1	10^2	10^1	10^3	.	33
77—100	10^2	10^2	10^2	10^{1-2}	.	41
Серо-бурая						
0—5	10^3	—	10^4	—	120	135
5—13	10^3	—	10^3	—	315	105
13—33	10^2	—	10^2	—	10	26
33—77	10^2	—	10^2	—	Нет	38

* Отсутствует.

0—10 см; ниже не обнаружен. Не выявлен он и в целинных почвах Узбекистана (Каплун, 1964).

Е. Н. Мишустин (1953), О. Г. Елкина (1938) считают, что в целинных почвах азотобактер хотя и есть, но под действием неблагоприятных температур и низкой влажности неактивен.

По данным Н. П. Самсонова, М. Ф. Самсоновой, Г. А. Черновой (1930) и др., азотобактер чувствителен к хлористым солям.

В исследованных нами пустынных почвах в весенний, летний и осенний периоды азотобактер не обнаружен. Видимо, на его развитие влияет чрезвычайно низкая влажность почвы. Обогащение

почвы азотом путем фиксации из атмосферы осуществляется, по-видимому, в основном олигонитрофилами (табл. 4). Олигонитрофильных бактерий в таырной почве так много, что не всегда представлялось возможным произвести учет (особенно в тех случаях, когда они покрывали почву сплошной слизистой пленкой).

Серо-бурые и пустынные песчаные почвы богаты олигонитрофильными бактериями, несмотря на то, что они бедны гумусом.

Таблица 5

Численность нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий в исследуемых почвах (на 1 г почвы)

Глубина, см	Нитрифи- каторы (весна)	Денитрификаторы на среде Гильта	
		весна	лето
Таырная			
0—4	10^3	10^2	10^2
4—20	10^3	10^2	10^2
20—45	10^3	10^1	10^1
45—80	10^2	10^2	10^1
80—100	10^1	10^2	10^1
Пустынная песчаная			
0—5	10^2	10^4	10^1
5—16	10^2	10^5	10^2
16—35	10^2	10^{3-4}	10^4
35—77	10^2	10^{3-4}	10^1
77—100	10^1	10^{1-2}	10^1
Серо-бурая			
0—8	10^3	10^4	Не опр.
8—21	10^2	10^4	.
21—50	10^2	10^5	.
50—80	10^1	10^4	.

Снижение численности нитрифицирующих бактерий могли вызвать разные причины: слабая аэрация, неблагоприятные температура и влажность.

Ослабление процесса нитрификации у большинства почв, например, Киргизии, Э. Г. Вухрер и Л. М. Фомова (1969) объясняют недостатком энергетического материала. При бурном развитии бактерий на минеральном азоте, использующих преимущественно аммиачный азот, снижается интенсивность развития нитрифицирующих бактерий.

С учетом наших, а также результатов других исследователей, можно полагать, что в условиях жаркого и сухого климата в почве усиленно протекают ферментативные и химические процессы.

Нитрифицирующие бактерии. Численность нитрифицирующих бактерий зависит от типа почв и глубины залегания горизонтов.

Е. Н. Мишустин и З. П. Теплякова (1957), Э. Г. Вухрер (1966), Э. Г. Вухрер и Л. М. Фомова (1969) установили, что в целинных почвах нитрификация происходит в основном в верхних горизонтах, а при обработке почвы — во всем пахотном горизонте, что объясняется улучшением условий аэрации.

В изучаемых нами почвах нитрификаторы содержатся преимущественно в верхних горизонтах и в незначительном количестве (табл. 5).

В таырной почве нитрификаторы сосредоточены главным образом в горизонте 0—45 см. В корочке таырной почвы (0—4 см) обнаружено в среднем 300 клеток на 1 г. Ниже 45 см они не выявлены. Эти микроорганизмы встречаются во всех исследованных разрезах.

По-видимому, процесс нитрификации в жаркий период может проходить как за счет деятельности ферментов, высвободившихся и мертвых клеток бактерий, так и микробов, сохранивших жизнедеятельность благодаря приспособленности к неблагоприятным условиям среды.

Денитрифицирующие бактерии. Денитрификацию почв Средней Азии впервые начал изучать П. Ф. Самсонов (1929). Он обна-

Таблица 6

Количество аэробных целлюлозоразрушающих микроорганизмов (Абдужалалова, 1969)

Глубина, см	Количество целлюлозоразрушающих микроорганизмов	
	весна	лето
Таырная		
0—1	10^2	10^3
1—9	10^2	10^3
9—29	10^1	10^2
29—54	10^2	10^2
54—70	10^1	10^1
70—100	Нет	10^3
Пустынная песчаная		
0—9	10^2	10^2
9—29	10^3	10^2
29—55	Не об.	10^2
55—77	.	10^2
77—100	.	Нет
Серо-бурая		
0—5	Не об.	10^3
5—13	.	10^2
13—33	.	10^2
33—77	.	Нет

Таблица 7

Количество актиномицетов в пустынных почвах Каршинской степи, тыс. на 1 г почвы (Абдужалалова, 1959)

Глубина, см	Весна	Лето	Осень	Среднее
Таырная				
0—1	500	5	0	168,3
1—9	280	100	102	160,7
9—29	50	9,2	100	53,0
29—54	7,2	13,0	7	9,0
54—70	20,0	3,0	0	7,6
Пустынная песчаная				
0—9	62	35	240	112,3
9—29	255	325	87	222,5
29—55	15	75	22	37,3
55—77	15	13	15,5	14,5
77—100	0	5	0	1,7
Серо-бурая				
0—5	147	182	77,5	135,5
5—13	35	607	60,0	234,0
13—33	62	21,5	8,0	30,5
33—77	6	8,5	0	4,8

ружил незначительное количество денитрифицирующих бактерий в барханных песках и таырах Каракумов, в бугристых песках их было немногим больше.

По данным С. Ф. Лазарева (1954), денитрификаторы в таырах древней дельты Амударьи обнаруживаются в количестве 10^2 — 10^3 . З. Б. Селитренникова (1955) считает, что в этих почвах они не содержатся.

По сравнению с почвами названных районов целинные пустынные почвы Каршинской степи несколько богаче денитрифицирующими бактериями (в горизонте 0—9 см таырной почвы в

титре до 10^7 клеток на 1 г, пустынной песчаной — 10^6 и серо-бурой — 10^4).

Денитрифицирующие бактерии проникают глубже, чем нитрифицирующие. В горизонте 55—77 см серо-бурой и пустынной почв их насчитывается в титре до 10^4 на 1 г почвы. В таежной почве денитрифицирующих бактерий летом больше, чем весной, а в пустынной песчаной — наоборот. По-видимому, это связано с влажностью и температурным режимом пустынных песчаных почв в весенний период.

Аэробные целлюлозоразрушающие микроорганизмы. Эти микроорганизмы имеют огромное значение в круговороте углерода в природе и повышении почвенного плодородия, широко распространены в различных почвах.

По данным З. Б. Селитренниковой (1955), в целинной таежной почве целлюлозоразрушающие микроорганизмы не обитают. С. Ф. Лазарев (1954) отмечает их в титре 10^{10} — 10^{12} .

Содержание целлюлозоразрушающих микроорганизмов в почвах пустынной зоны Каршинской степи ничтожно мало. Вероятно, в условиях пониженной влажности, щелочной реакции среды, высокой температуры воздуха и почвы и особенно очень скудной растительности они не могут хорошо развиваться.

Судя по данным табл. 6, в серо-бурой почве в весенний период целлюлозные аэробные микроорганизмы не обнаруживаются, в таежной и пустынной песчаной они встречаются в незначительном количестве. В летнее время их несколько больше, чем весной.

Актиномицеты

Актиномицеты усваивают органические и минеральные формы азота, развиваются на моно-, ди- и полисахаридах, а также на солях органических кислот, способных расщеплять животные и растительные жиры. Некоторые актиномицеты способны разрушать почвенный гумус и хитин.

Актиномицеты устойчивы к высоким концентрациям солей. По данным А. К. Паносяна (1948), в засоленных почвах Армении содержание актиномицетов составляет свыше 11 млн. клеток на 1 г почвы, некоторые из них способны фиксировать азот из атмосферы.

Актиномицеты очень выносливы к высушиванию (Таусон, 1936, 1950; Красильников, 1950; Пошон де Баржак, 1960).

По сообщению Е. Н. Мишустина и В. А. Мирзоевой (1953), в целинных почвах актиномицетов содержится до 6,2 млн. клеток на 1 г почвы. Наименьшее число их соответствует почвам северных зон, максимальное — южным.

Как видно из данных табл. 7, наиболее заселена актиномицетами таежная почва, но только в верхних горизонтах. В нижележащих горизонтах пустынной песчаной и серо-бурой почв их значительно (в 4 раза) больше, чем в таежной.

Интересно проследить распределение этих микроорганизмов по вертикальному профилю исследованных почв (рис. 1). Максимальное количество актиномицетов отмечено в горизонте 0—9 см таежной почвы (160—168 тыс. на 1 г почвы), 9—29 см — пустынной песчаной (222 тыс.) и 0—13 см серо-бурой (234 тыс.).

В таежной и пустынной песчаной почвах актиномицеты обитают до глубины 50 см, в серо-бурой — 30 см, ниже они отсутствуют или встречаются в очень незначительном количестве.

Сезонная динамика развития актиномицетов в пустынных почвах неодинакова. Например, в корке таежной почвы (0—1 см) в весенний период их численность была в 52 раза выше, чем в летний и осенний, в серо-бурой (0—13 см) — в 4 и 6 раз выше, чем весной и осенью соответственно; в пустынной песчаной их больше летом и осенью.

Количество актиномицетов в пустынных почвах Каршинской степи в большей мере зависит от источника питания, чем от колебания температур.

В пустынных почвах выделены актиномицеты с белой, серой и буро-коричневой окраской.

Микроскопические грибы

Грибы разрушают углеродсодержащие органические вещества, синтезируют их белковые фракции в азотные комплексы, участвуют в процессах гумификации.

А. Н. Сорокина (1934), Ф. Ю. Гельцер (1940) отмечают возможность получения горных гумусовых продуктов из мертвого мицелия грибов. Д. М. Новогрудский (1959) указывает на близость темноокрашенных продуктов культуры *Gliobotrys* к настоящим гуминовым кислотам.

Количественный и качественный состав микроскопических грибов в почве зависит от ее свойств, растительного покрова и т. д.

Е. Н. Мишустин и В. А. Мирзоева (1953) на основании многолетних исследований установили, что в южных почвах грибная

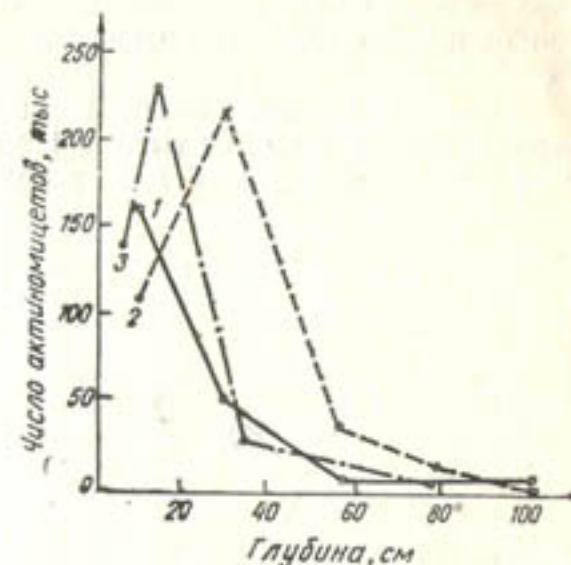


Рис. 1. Распределение актиномицетов в почвах.

1 — таежная, 2 — пустынная песчаная, 3 — серо-бурая.

флора малочисленна, а в почвах северной и средней полос она представлена богато.

Изученные нами почвы различаются по содержанию микроскопических грибов, но в целом количественный и качественный состав их в этих почвах беден. В горизонте 0—9 см такырной почвы грибов в 2,2 и 1,9 раза больше, чем в пустынной песчаной и серо-бурой соответственно.

В такырной почве в среднем за вегетационный период максимум зародышей грибов (26,9 тыс. на 1 г почвы) обнаружен в горизонте 0—1 см, минимум (1—3 тыс.) в слое 54—70 см (рис. 2), в пустынной песчаной соответственно на глубине 29—55 см (13,7 тыс.) и 100 см (0,9 тыс.).

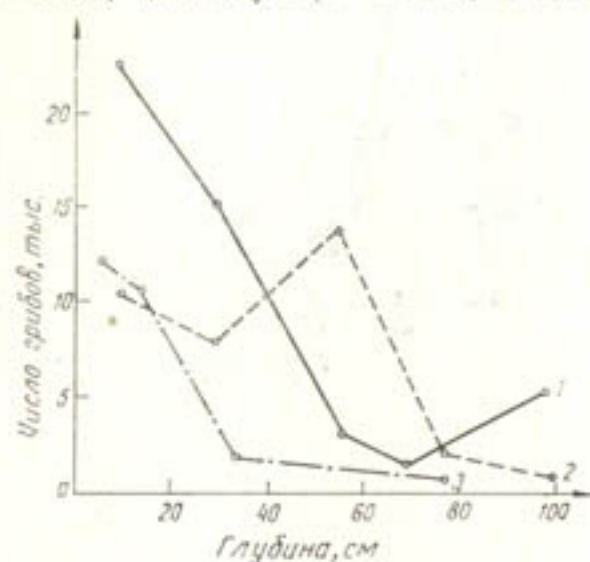


Рис. 2. Распределение грибов в почвах.

1 — такырная, 2 — пустынная песчаная, 3 — серо-бурая.

В серо-бурой почве более заселен грибами (12,1 тыс.) поверхностный горизонт (0—5 см). Количество грибов изменяется по сезонам года: в такырной наибольшее осенью, затем весной, наименьшее — летом.

В пустынной песчаной почве, как и в серо-бурой, минимум грибов отмечен весной (табл. 8). Надо полагать, что их динамика связана не только с сезоном года, но и с климатическими условиями, растительным покровом, свойствами

почвы и, следовательно, с характером микробиологических процессов, протекающих в почве в определенный период года.

Первое место по численности занимают грибы рода *Penicillium*, в пустынных почвах они обнаружены по всему вертикальному профилю до глубины 1 м, второе — грибы рода *Aspergillus*.

В такырной почве, как и в серо-бурой, преобладают грибы рода *Penicillium* (табл. 8).

Наши результаты согласуются с данными Е. Г. Попова (1959), Л. Н. Палецкой и др. (1963).

По мнению А. Н. Наумовой (1937), наиболее заселен грибами верхний слой почвы. Наши данные подтверждают это мнение. В то же время представители грибов родов *Fusarium*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Penicillium* можно обнаружить на глубине 100 см и ниже. Так, до глубины 100 см в такырной почве насчитывались 5,2 тыс. грибов рода *Penicillium*, в пустынной песчаной — 0,9 тыс. и в серо-бурой — 0,5 тыс. на 1 г почвы.

Таким образом, численность грибов в пустынных почвах Каршинской степи незначительна. В условиях низкой влажности, ще-

лочной реакции среды, высоких температур воздуха и почвы, они, видимо, не могут успешно конкурировать с другими, более приспособленными видами микроорганизмов.

Таблица 8

Количественный и качественный состав грибов в пустынных почвах, тыс. на 1 г почвы

Глубина, см	Грибы на СА			% от общего кол-ва грибов		
	весна	лето	осень	<i>Penicillium</i>	<i>Aspergillus</i>	прочие
Такырная						
0—1	28,0	18,7	34,2	57,1	21,5	21,4
1—9	17,0	9,0	27,5	64,2	21,7	14,1
9—29	15,0	20,0	11,0	49,5	25,1	25,4
29—54	2,0	2,5	4,5	50,0	50,0	—
54—70	0,6	0,5	2,9	100,0	—	—
70—100	7,5	2,0	6,1	86,0	10,0	—
Пустынная песчаная						
0—9	10,0	11,2	10,2	80,3	17,8	2,9
9—29	1,0	11,2	10,7	71,3	17,8	10,9
29—55	1,1	38,5	1,7	66,2	18,1	15,7
55—77	2,1	2,8	0,8	35,8	28,4	35,8
77—100	1,4	0,4	1,0	100,0	—	—
Серо-бурая						
0—5	6,5	22,5	7,5	76,9	18,4	4,7
5—13	3,5	6,7	21,0	85,7	14,3	—
13—33	2,5	1,1	1,7	84,0	16,0	—
33—77	0,6	0,25	0,8	100,0	—	—

Соотношение основных групп микроорганизмов в пустынных почвах

Установлено, что численность микроорганизмов в такырной почве намного выше, чем в пустынной песчаной и серо-бурой (табл. 9).

Сравнительно высокая биогенность такырных почв отмечена до глубины 9 см, далее снижается; биогенность пустынной песчаной и серо-бурой почв слабая, что определяется, в частности, их легким механическим составом, невысоким содержанием органических веществ и других элементов питания.

В такырной почве отмечается повышенное содержание микробов, связанных с мобилизацией органического вещества.

В горизонтах ниже 10 см в такырной и песчаной и ниже 13 см в серо-бурой почвах численность микроорганизмов резко снижается. Для серо-бурой почвы это можно объяснить засоленностью (гипсированностью) верхнего слоя.

В метровом слое таковой почвы процент бактерий достигает 77,4—94,8 от общего числа микроорганизмов, в пустынной — 69,8—

Таблица 9

Биогенность основных пустынных почв

Глубина, см	Кол-во микроорганизмов, тыс. на 1 г почвы					% от общего кол-ва микроорганизмов			
	бактерии		актино- мицеты	грибы	всего мик- роорганиз- мов	бактерии		актиноми- цеты	грибы
	всего	в т. ч. споро- вых				всего	в т. ч. споровых		
Такырная									
0—1	3027	210	168,3	26,9	3222	93,9	6,9	5,27	0,83
1—9	1898	402	160,7	18,0	2077	91,3	21,3	7,80	0,90
9—29	332	130	53,0	15,0	400	83,0	39,1	13,25	3,75
29—54	222	35	9,0	3,0	234	94,8	15,8	3,92	1,28
54—70	24	—	5,7	1,3	31	77,4	—	18,41	4,19
70—100	48	—	7,6	5,2	60	73,9	—	12,50	8,50
Пустынная песчаная									
0—9	807	140	112,3	10,4	929	86,8	17,3	12,09	1,11
9—29	702	220	222,5	7,6	932	75,3	31,6	23,89	0,81
29—55	118	25	37,3	13,7	169	69,8	21,1	22,10	8,10
55—77	190	—	14,5	1,9	206	92,2	—	6,88	0,92
77—100	45	—	1,7	0,9	47	94,5	—	3,70	1,80
Серо-бурая									
0—5	877	200	135,5	12,1	1,024	85,5	22,8	13,40	1,10
5—13	303	187	234,0	10,4	547	52,7	61,7	45,50	1,80
13—33	80	21	30,5	1,7	112	71,3	26,2	27,18	1,52
33—77	39	—	4,8	0,5	44	88,0	—	10,90	1,10

94,5, в серо-бурой — 52,7—88,0. Количество актиномицетов в таковой и песчаной почвах колеблется от 3,7 до 23,8%, в серо-бу-

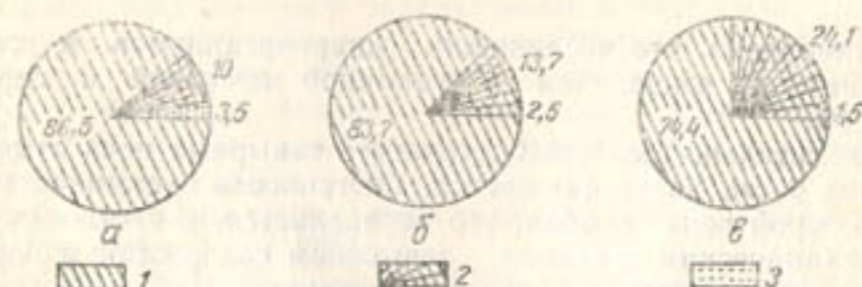


Рис. 3. Соотношение основных групп микроорганизмов в почвах (в % от общего числа).

а — таковая, слой 0—100 см, б — пустынная песчаная, слой 0—100 см, в — серо-бурая, слой 0—77 см; 1 — бактерии, 2 — актиномицеты, 3 — грибы.

рой — от 10,9 до 45,5%; численность грибов во всех исследованных почвах не превышает 8,5%, максимум их отмечен в таковой и в

пустынной песчаной почвах, минимум — в серо-бурых (рис. 3). Следовательно, можно полагать, что основную роль в почвообразовательных процессах в пустынных почвах Каршинской степи играют бактерии и актиномицеты. Ввиду малочисленности грибы имеют второстепенное значение.

Нитрификационная способность изучаемых почв

Нитрифицирующие бактерии развиваются в сообществе микроорганизмов, перерабатывающих перегной. Бóльшее или меньшее накопление нитратов в почве при нитрификации зависит от количества азотистых веществ, служащих энергетическим материалом для данного процесса, влаги, тепла и степени аэрации. Необеспеченность оптимальными условиями тормозит накопление нитратов.

Для суждения о биологической активности почв мы изучали интенсивность нитрификации за счет собственных ресурсов почвы и дополнительно внесенных энергетических материалов в виде сульфата аммония и гороховой муки. Нитрифицирующая способность исследуемых пустынных почв определяли весной, летом и осенью при различной продолжительности инкубации — 21, 30, 45, 60 и 75 дней.

Установили, что процент нитратонакопления во всех почвах очень низкий (табл. 10). В исходном варианте пустынной песчаной и серо-бурой почв нитраты почти отсутствовали, в таковой их содержалось незначительное количество. При добавлении воды количество нитратов в пустынной песчаной в горизонте 0—9 см увеличилось в 18, при внесении сульфата аммония — в 28, гороховой муки — в 67 раз. Содержание нитратов в данной почве достигало максимума через 60 дней (14,6 мг N—NO₃) после внесения энергетического материала.

В нижележащих горизонтах нитраты почти отсутствуют. В серо-бурой почве преимущественно в верхних горизонтах (0—5 см) при

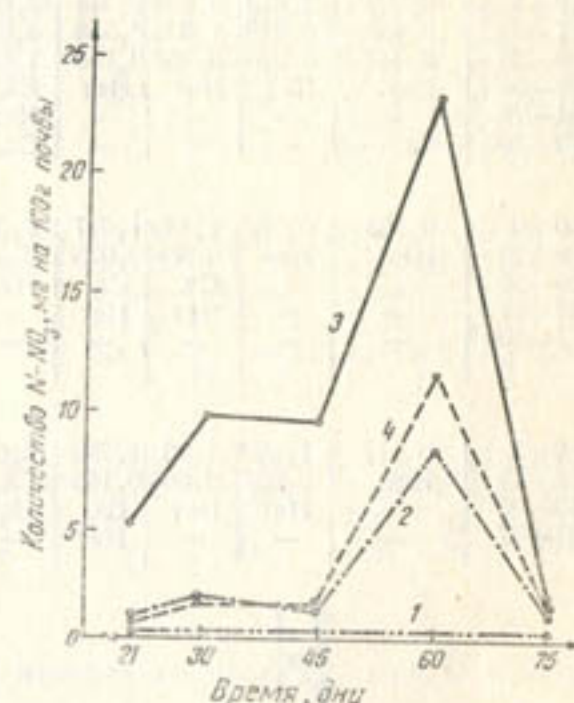


Рис. 4. Нитрифицирующая способность таковой почвы (те же обозначения на рис. 5, 6).

1 — исходное положение, 2 — с H₂O, 3 — с (NH₄)₂SO₄, 4 — с гороховой мукой.

увлажнении водой они способны накапливаться в небольшом количестве (в среднем 3,8 мг N—NO₃).

Активность нитрификации пустынных почв, мг N—NO₃ на 100 г почвы

Глубина, см	Исходное содержа- ние, мг на 100 г почвы	с NO ₃						с (NH ₄) ₂ SO ₄			продолж
		21	30	45	60	75	ср.	21	30	45	
Такыр											
0-1	0,202	1,073	2,654	2,048	13,00	1,400	4,035	7,75	8,581	10,626	
1-9	0,432	0,815	1,035	0,558	3,62	1,066	1,420	1,98	10,652	8,368	
9-29	0,345	0,235	0,958	0,155	1,86	0,341	0,708	0,96	6,871	5,490	
29-54	Нет	Нет	Нет	Нет	Сл.	Сл.	Сл.	Нет	Нет	Нет	
54-70	—	—	—	—	Нет	.	Нет	—	Сл.	—	
70-100	Сл.	—	—	—	Сл.	.	—	—	—	Сл.	
Пустынная											
0-9	0,103	0,762	1,142	1,017	5,031	1,415	1,873	1,002	1,007	0,840	
9-29	Нет	Нет	0,856	0,075	Сл.	0,254	0,237	0,330	0,700	0,051	
29-55	.	—	Сл.	Сл.	Нет	Сл.	Сл.	0,110	0,660	0,330	
55-77	—	—	Нет	Нет	—	—	Нет	Сл.	0,060	0,250	
77-100	—	—	—	—	—	Нет	—	Нет	0,260	0,650	
Серо-											
0-5	0,112	1,392	1,90	1,939	3,6	10,166	3,800	1,013	1,910	2,221	
5-13	Нет	0,087	0,065	0,165	Сл.	0,230	0,109	0,429	0,728	2,065	
13-33	—	Нет	Нет	Сл.	Нет	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	
33-77	—	—	—	Нет	—	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	

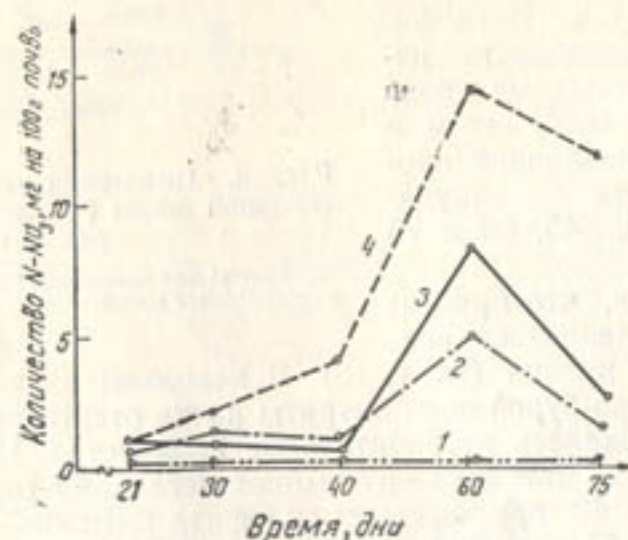


Рис. 5. Нитрифицирующая способность пустынной песчаной почвы.

Серо-бурая почва со скудной растительностью более отзывчива на внесение органического вещества (10,4 мг N—NO₃). Максимум

нитратного азота в этой почве отмечен на 60-й день инкубации в варианте с гороховой мукой (до 27 мг N—NO₃), на 75-й день его

Таблица 10

(по данным М. У. Абдужалаловой, 1969—1970 гг.)

С гороховой мукой								
Табельность опыта, дни								
60	75	ср.	21	30	45	60	75	ср.
на								
23,99	2,51	10,69	1,044	1,757	1,307	16,08	1,891	4,617
23,33	1,24	9,10	0,590	1,092	0,485	7,15	1,192	2,100
4,39	1,17	2,57	0,078	Сл.	0,401	5,17	0,552	1,240
0,22	0,52	0,15	Нет	Нет	Нет	0,339	0,587	0,185
Нет	0,30	0,06	—	—	—	Нет	0,321	0,060
Сл.	0,95	0,19	—	—	—	0,37	0,552	0,110
песчаная								
8,53	2,79	2,83	1,040	2,052	4,084	14,618	11,92	6,742
10,25	2,26	2,91	0,388	0,859	1,770	3,780	27,79	6,917
0,77	0,51	0,47	Нет	0,100	0,464	1,860	3,21	1,126
0,72	0,69	0,34	—	0,110	Сл.	2,610	2,42	1,030
0,27	0,84	0,40	—	Сл.	—	1,745	2,62	0,873
бурая								
9,17	7,956	4,454	0,841	2,622	2,997	27,164	18,72	10,468
5,01	1,424	1,931	Сл.	0,254	2,084	1,888	0,63	0,971
0,15	0,310	0,01	Нет	Нет	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.
Нет	Нет	Нет	—	—	Нет	Нет	Нет	Нет

количество уменьшалось. В нижних горизонтах нитраты отсутствуют.

В такырной почве при увлажнении и внесении (NH₄)₂SO₄ нитрификационные процессы проходят интенсивнее, чем в пустынной песчаной и серо-бурой. В варианте с увлажнением накапливалось в среднем 4 мг, а в варианте с внесением (NH₄)₂SO₄ — 10,7 мг N—NO₃. Максимум нитратов в такырной почве отмечался на 60-й день инкубации в варианте с внесением (NH₄)₂SO₄ в горизонтах 0—1 и 1—9 см (23—24 мг N—NO₃ на 100 г почвы); это было в 120 раз больше по сравнению с исходным уровнем. Ниже нитраты почти отсутствовали или содержались в незначительном количестве.

Во всех пустынных почвах накопление нитратов увеличивается в весенний срок.

Судя по продолжительности нитрификации исследованных почв, срок инкубации в 3 недели недостаточен для пустынных почв. При увеличении этого срока до 60 дней нитрифицирующая способность почвы достигала максимума, затем на 75-й день она снижалась; зна-

чительно — в такырной и постепенно — в серо-бурой и пустынной песчаной почвах (рис. 4, 5, 6).

На основании проведенных исследований пустынных почв Каршинской степи можно сделать заключение, что в большинстве случаев почвы пустыни не способны накапливать значительных количеств нитратов за счет естественных ресурсов. Внесение дополни-

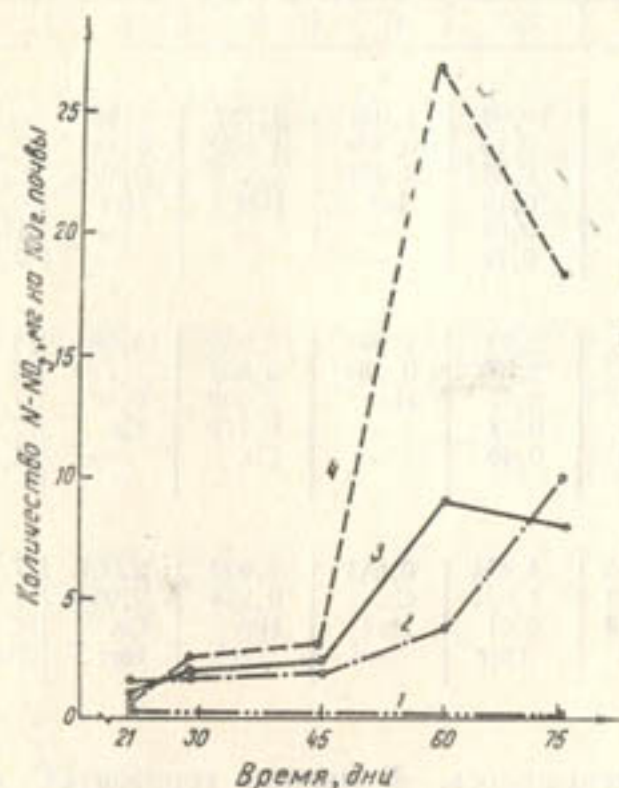


Рис. 6. Нитрифицирующая способность серо-бурой почвы.

тельного энергетического материала в виде гороховой муки и $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ вызывает нитрификационный процесс в такырной и серо-бурой почвах, слабо оказывает влияние на усиление нитратонакопления в пустынной песчаной почве.

АКТИВНОСТЬ ПОЧВЕННЫХ ФЕРМЕНТОВ

Активность ферментов в различных пустынных почвах Каршинской степи зависит от содержания органических веществ и деятельности микроорганизмов (Абдужалалова и Нгуен Тхань Фунг, 1974). В этих почвах активность их невысокая, что в значительной степени обусловлено скудностью растительного покрова, и, следовательно,

но, малым количеством растительных остатков, почвенно-климатическими особенностями (рис. 7, 8, 9).

Активность инвертазы

Установлены две разновидности инвертазы: одна связана с выделением фруктосахарозы из некоторых плесневых грибов, другая — из бактерий. Различаются они по способности гидролиза рафинозы (трисахарида). Дрожжевая сахароза гидролизует рафинозу, а грибная не может вызвать этого гидролиза. Е. Ноттапп (1955) предложил использовать активность инвертазы как основной показатель биологической активности почвы. По его данным, из всех ферментов инвертаза наиболее устойчива.

А. Ш. Галстян (1963) считает, что степень плодородия

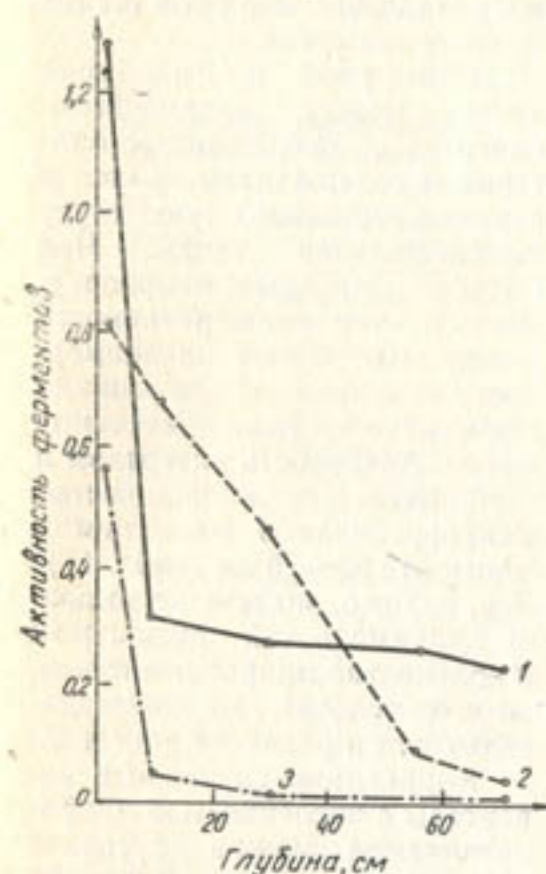


Рис. 7. Активность ферментов в такырной почве (те же обозначения на рис. 8, 9).

1 — инвертаза (в мг глюкозы на 1 г почвы), 2 — каталаза (в см³ O₂ на 1 г почвы), 3 — уреазы (в мг N-NH₃ на 1 г почвы).

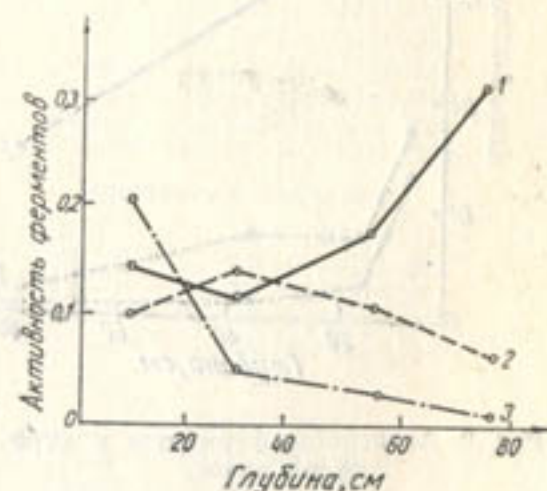


Рис. 8. Активность ферментов в пустынной песчаной почве.

почвы можно устанавливать с помощью энзиматических реакций инвертазы. По нашему мнению, пустынные почвы обладают сравнительно пониженной инвертазной активностью, что объясняется, по-видимому, режимом солей почв, pH которых колеблется в пределах 7,5—8,2, в то время как оптимум активности данного фермента при pH 4,5—5,0.

Для пустынной песчаной почвы характерна наиболее низкая, для таырной и серо-бурой наиболее высокая активность инвертазы (табл. 11). Высокая активность инвертазы отмечена в верхних горизонтах, с глубиной она уменьшается. Это зависит от содержания гумуса в почвах. Наши данные согласуются с выводами А. А. Низовой (1961), Р. С. Кацнельсон и В. В. Ершова (1958).

В пустынной песчаной почве, по сравнению с таырной и серо-бурой, активность инвертазы в нижележащих горизонтах выше, чем в верхних. Например, в слое 54—77 см в весенний период она в 2 раза выше, чем в том же горизонте таырной.

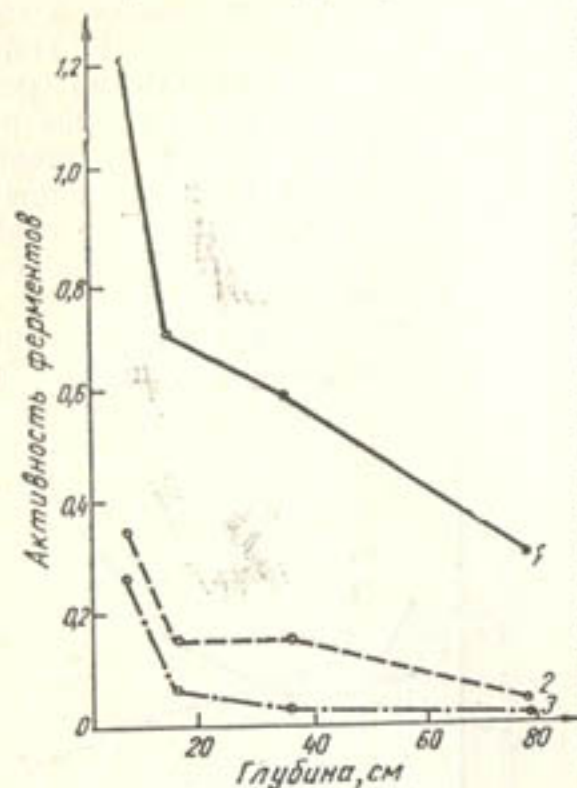


Рис. 9. Активность ферментов в серо-бурой почве.

В таырной и серо-бурой почвах между активностью инвертазы, численностью бактерий и содержанием гумуса в верхних горизонтах существует положительная связь. Чем больше почвенных микроорганизмов, тем выше активность инвертазы. Такая закономерность отмечена и для нижних горизонтов пустынной песчаной почвы. Активность инвертазы в этой почве, а также количество микроорганизмов нарастает в горизонте 55—75 см (табл. 11). Это, видимо, зависит не только от биохимической активности и количества микроорганизмов, но и от условий их жизнедеятельности и развития растений.

Корреляция активности инвертазы с численностью микроорганизмов важна не только для подтверждения значения

почвенных микроорганизмов в продуцировании ферментов, но и для оценки активности инвертазы как показателя плодородия почвы.

По данным Я. Дробника (1957), важную роль в активизации ферментов играет не численность, а активность микроорганизмов, вырабатывающих тот или иной фермент.

Максимальная активность инвертазы в таырной и серо-бурой почвах отмечена в весенний и минимальная в летний периоды (табл. 11), в пустынной песчаной соответственно в весенний и осенний. М. Эгамкулов (1969) и др. объясняют это тем, что весной в почве достаточное количество влаги, умеренная температура и другие условия, благодаря чему и активнее протекают микробиологические и биохимические процессы.

Активность каталазы

Наибольшая активность каталазы отмечается в верхних горизонтах всех исследуемых почв, которые богаты органическим веществом (табл. 12). В таырной этот фермент наиболее активен в слое 0—9 см, серо-бурой — 0—5 см. С глубиной, по мере снижения содержания гумуса и численности микроорганизмов, активность каталазы в этих почвах падает. В пустынной песчаной корреляции между содержанием гумуса, количеством микроорганизмов и активностью каталазы не обнаружено. То же отмечено А. И. Вигоровым (1958) при изучении различных по плодородию серой подзо

Таблица 11

Активность инвертазы в пустынных почвах

Глубина, см	Активность инвертазы, мг/г почвы за 24 часа		
	весна	лето	осень
Таырная			
0—1	1,800	0,922	1,150
1—9	0,650	0,082	0,210
2—29	0,500	0,054	0,270
29—54	0,440	0,082	0,270
54—70	0,430	0,054	0,460

Пустынная песчаная

0—9	0,300	0,118	0,054
9—29	0,210	0,150	0,027
29—54	0,280	0,240	0,027
54—77	0,620	0,027	0,340
77—100	0,340	—	0,300

Серо-бурая

0—5	1,250	1,354	1,026
5—13	0,950	0,407	0,760
13—33	0,950	0,240	0,724
33—77	0,300	0,150	0,460

Таблица 12

Активность каталазы в пустынных почвах

Глубина, см	Активность каталазы, см ³ O ₂ на 1 г почвы за 1 мин.		
	весна	лето	осень
Таырная			
0—1	0,990	0,720	0,720
1—9	0,460	0,900	0,700
9—29	0,325	0,725	0,341
29—54	0,125	0,040	0,075
54—70	0,060	0,010	0,060
70—100	0,005	0,040	0,080

Пустынная песчаная

0—9	0,150	0,124	0,055
9—29	0,291	0,030	0,080
29—54	0,285	0,033	0,040
54—77	0,183	0,016	0,025
77—100	0,230	0,010	0,040

Серо-бурая

0—5	0,416	0,450	0,170
5—13	0,300	0,060	0,110
13—33	0,230	0,086	0,135
33—77	0,124	0,084	0,014

листой и темноцветной дерново-подзолистой почв. Обнаружив, что активность фермента в этих почвах одинакова, он пришел к выводу о непригодности почвенной каталазы как показателя плодородия почв.

По каталазной активности почвы Каршинской степи можно расположить в убывающий ряд: таырная — серо-бурая — пустынная песчаная. Такой же ряд они образуют по содержанию гумуса. Средняя каталазная активность (за 3 сезона) в горизонте 0—9 см таырной почвы составила 0,74 см³ O₂ на 1 г почвы за 1 мин., в

0—5 см серо-бурой—0,34, в 0—10 см пустынной песчаной—0,1 см³ O₂, т. е. в таырной она в 7 раз выше, чем в пустынной песчаной и в 2 раза, чем в серо-бурой. В нижележащих слоях (29—70 см) таырной почвы активность каталазы в весенний период меньше в 2 раза, чем в пустынной песчаной и серой-бурой. Это можно объяснить тем, что действие каталазы в этих слоях тормозят анионы (Cl⁻, SO₄²⁻) и др.

Наибольшая активность фермента в пустынных почвах отмечается весной, в таырной почве—летом в горизонтах 1—9 и 9—29 см. Сезонные колебания активности каталазы связаны с биологическим состоянием почвы.

Активность уреазы

Пустынные почвы Каршинской степи характеризуются низкой активностью уреазы, что обусловлено бедностью органическим азотом (0,01—0,05%) и невысоким содержанием растительных остатков.

Таблица 13

Активность уреазы в пустынных почвах

Глубина, см	Активность уреазы, мг N—NH ₃ на 1 г почвы за 24 часа		
	весна	лето	осень
Таырная			
0—1	0,6930	0,4852	0,5250
1—9	0,0433	0,0456	0,0353
9—29	0,0129	0,0300	0,0054
29—54	0,0107	0,0113	0,0054
54—70	0,0016	0,0163	0,0129
70—100	0,0072	0,0184	0,0017
Пустынная песчаная			
0—9	0,4590	0,0970	0,0892
9—29	0,0685	0,0475	0,0519
29—54	0,0330	0,0496	0,0174
54—77	0,0039	0,0142	0,0146
77—100	0,0166	0,0275	0,0049
Серо-бурая			
0—5	0,2370	0,3143	0,2450
5—13	0,0504	0,0540	0,0714
13—33	0,0093	0,0174	0,0012
33—77	0,0039	0,0146	0,0013

Уреазная активность наблюдается в основном в верхних горизонтах почвы, в более глубоких слоях она почти отсутствует.

Таблица 14

Связь активности уреазы с нитрификационной способностью и количеством споровых бактерий (данные М. У. Абдужалаловой)

Глубина, см	Активность уреазы, мг на 1 г почвы	Нитрификация с внесением (NH ₄) ₂ SO ₄ , мг на 100 г почвы (60 дней)	Кол-во спорных бактерий, тыс. на 1 г почвы
Таырная			
0—9	0,304	23,60	306
9—29	0,016	4,39	130
29—54	0,009	0,22	35
Пустынная песчаная			
0—9	0,215	8,53	140
9—29	0,055	10,25	222
29—54	0,033	0,77	25
Серо-бурая			
0—5	0,265	9,17	200
5—13	0,058	5,01	187
13—33	0,009	0,15	21

В таырной почве активность уреазы в горизонте 0—1 см в 17 раз выше, чем в слое 54—70 см, а в серо-бурой — в 60 раз. Очевидно, в почвах с большим запасом органического азота этот фермент и более активен. Так, в таырной почве, содержащей большое количество гумуса и азота, активность уреазы в горизонте 0—1 см колебалась в пределах 0,48—0,70 мг N—NH₃ на 1 г почвы, в серо-бурой и пустынной песчаной с меньшим количеством гумуса и азота — соответственно 0,23—0,31 мг (горизонт 0—5 см) и 0,09—0,45 мг N—NH₃ (горизонт 0—9 см).

Активность уреазы в изученных почвах была несколько выше весной (табл. 13). В пустынных почвах имеется корреляция между активностью уреазы и численностью бактерий, растущих на органическом азоте, а также между спороносными формами бактерий и нитрификационной способностью почв: чем больше эти показатели, тем выше активность уреазы (табл. 14).

СОДЕРЖАНИЕ И СОСТАВ ГУМУСА В ПУСТЫННЫХ ПОЧВАХ КАРШИНСКОЙ СТЕПИ

Развитие почвы и ее плодородие неразрывно связаны с образованием органического вещества. С накоплением последнего в породе начинаются биохимические процессы, обуславливающие формирование различных почв. Большая и разносторонняя роль перегной в почвообразовании объясняется его свойствами, составом и природой. Гумус имеет довольно сложную структуру. Основными моментами гумификации являются: взаимная конденсация ароматических соединений фенольного типа с аминокислотами и переход их в твердую фазу, постепенное расщепление системы на гуминовые кислоты, их частичное окисление, дегидрирование и внутримолекулярные перегруппировки, обуславливающие дальнейшую конденсацию кислот и увеличение количества карбоксильных групп. Все превращения в процессе гумусообразования зависят от многих факторов и характерны для каждого типа почвообразования.

Содержание и соотношение гуминовых кислот и фульвокислот, их фракционный состав свидетельствуют о направленности и степени выраженности процессов почвообразования, а также степени окультуренности почв, поэтому изучение состава гумуса и свойств гумусовых веществ является необходимым для выяснения генезиса почв и установления уровня их потенциального плодородия. Почвы Каршинской степи в этом отношении оказались неизученными.

Малогумусность пустынных почв Каршинской степи связана с малым количеством органической массы, поступающей в почву, и интенсивной деятельностью микроорганизмов, которые не только образуют, но и разлагают гумусовые вещества. Не способствуют гумусонакоплению и физико-химические свойства пустынных

почв — низкое содержание коллоидной фракции и емкость поглощения.

Условия, не благоприятные для образования гумуса, не благоприятны и для накопления гуминовых кислот (Тюрин, 1949). Вероятно, поэтому в малогумусных пустынных почвах групповой состав гумуса указывает на фульватный состав органического вещества.

О качественном различии гумуса можно судить прежде всего по соотношению трех основных входящих в его состав групп: гуминовых кислот, фульвокислот и негидролизуемого остатка или гуминов.

В сероземах и такрах Туркмении преобладают фульвокислоты (Пономарева, 1956). Аналогичное явление отмечено и в почвах Каршинской степи (Махмудова, 1970, 1971).

Содержание и послойные запасы гумуса и азота

Для исследованных почв свойственно постепенное уменьшение количества гумуса и азота с глубиной (табл. 15).

Таблица 15

Содержание гумуса, азота, CO_2 и C:N в пустынных почвах (данные Д. Г. Махмудовой, 1968), %

Глубина, см	Углерод	Гумус	Валовой азот	C:N	CO_2
Пустынная песчаная, разрез 3					
0—10	0,16	0,27	0,020	7,9	6,8
10—30	0,17	0,29	0,019	8,5	7,8
30—50	0,18	0,30	0,020	8,7	8,4
50—75	0,11	0,19	—	—	—
75—100	0,09	0,15	—	—	—
Такырная целинная, разрез 1					
0—4	0,50	0,87	0,067	7,5	8,1
4—12	0,41	0,76	0,056	7,8	8,1
12—33	0,40	0,71	0,054	7,6	8,5
33—58	0,30	0,52	0,048	6,2	—
58—82	0,23	0,40	0,045	5,1	—
82—100	0,13	0,24	0,032	4,0	—
Серо-бурая, разрез 2					
0—12	0,35	0,61	0,065	5,3	—
12—31	0,18	0,20	0,024	7,3	—
31—47	0,23	0,23	0,022	6,0	—

По запасам гумуса на первом месте стоят такырные почвы, в прошлом орошаемые. Например, в слое 0—100 см такырной целин-

ной почвы содержится 72,9 т/га гумуса, что в два раза больше, чем в пустынной песчаной и в серо-бурой (табл. 16). Аналогичные закономерности наблюдаются и в послойном изменении запасов азота (в т/га):

Глубина, см	Пустынная песчаная	Серо-бурая	Такырная
0—10	0,29	0,49	0,84
10—20	0,28	0,45	0,77
20—30	0,28	0,31	0,74
30—40	0,29	0,29	0,64
40—50	0,29	0,28	0,45
0—50	1,43	1,82	3,44

Групповой и фракционный состав органического вещества в пустынных почвах

Для понимания процесса почвообразования большое значение имеет изучение фракционного состава. В этом отношении наиболее показательны 1 и 2 фракции гуминовых кислот и 1а, 1, 2, 4 фракции фульвокислот (табл. 17).

Группа гуминовых кислот представлена тремя фракциями, различно связанными с минеральной частью почвы. 1-я фракция, по данным И. В. Тюрина, представлена бурыми гуминовыми кислотами, выделенными при обработке почвы 0,1 н. NaOH без предварительного удаления Са. Эта фракция частично присутствует в свободном состоянии и частично непрочна связана с Al, Fe, Са. Она наиболее подвижна в составе гумуса. Содержание ее во всех исследованных почвах незначительное (табл. 17).

Фракция 2 гуминовых кислот преобладает над фракциями 1 и 3 гумусовых веществ, что связано с карбонатностью этих почв.

В исследованных нами почвах доминирует фракция гуминовых кислот, связанных с Са. Содержание ее зависит от количества Са в почве. Содержание гуминовых кислот фракции 2 в гумусе целинной такырной почвы низкое, углерода в этой фракции 5,6—9,4%, в серо-бурой почве количество гуминовых кислот этой фракции еще меньше — от 2,8 до 5,1%.

Таблица 16

Запасы гумуса в почвах пустынной зоны (данные Д. Г. Махмудовой, 1968), т/га

Глубина, см	Пустынная песчаная	Серо-бурая	Такырная
0—10	4,0	9,1	11,2
10—20	4,3	5,0	10,2
20—30	4,3	3,9	9,6
30—40	4,4	6,6	7,8
40—50	4,4	2,9	7,0
50—60	2,8	1,3	7,2
60—70	2,8	1,3	5,9
70—80	2,5	1,2	6,2
80—90	2,4	1,3	4,2
90—100	2,4	1,3	3,6
0—10	4,9	9,1	11,2
0—30	12,6	18,0	31,0
0—60	24,2	28,8	53,0
0—100	34,3	33,9	72,9

В пустынной песчаной эти показатели значительно выше, чем в серо-бурых почвах и приближаются к такрым целинным — 4,2—10,2% от общего органического углерода.

Сумма растворимых гумусовых веществ в целинной почве значительна.

Содержание 3-й фракции гуминовых кислот в исследуемых почвах больше зависит от механического состава, чем от особенностей подтипа. В пустынной песчаной почве эта фракция отсутствует. Во всех остальных почвах наблюдается ее низкий выход в щелочной раствор (табл. 17). В такрымной целинной почве процент гуминовых кислот 3-й фракции варьирует от 1,0 до 3,9.

По содержанию фульвокислот исследованные почвы также различаются. Выход фульвокислот фракции 1а, которая связана с фракцией 1 гуминовых кислот, во всех почвах незначителен, за исключением такрымной целинной, где он составляет 7,0—19,2%.

Запасы органических веществ в изучаемых почвах невелики.

В серо-бурых почвах, имеющих более легкий механический состав и скелетность, условия для образования гумусовых веществ благоприятнее, чем в других типах пустынных почв, особенно в горизонте максимального скопления корней (10—30 см). В связи с этим во фракционном составе гумуса (табл. 17) отмечается относительно большее содержание группы гуминовых кислот и фульвокислот (фракций 1а, 1).

Обращает внимание довольно высокое содержание фракции 1а, особенно в такрымной бывлого орошения (растворимой в 0,1 н. H_2SO_4 при декальцировании почвы). Вероятно, в эту фракцию переходят не столько истинные фульвокислоты, сколько органические соединения, продукты неполного разложения растительных остатков.

Во всех почвах содержание фульвокислот фракции 2, связанной с кальцием, почти одинаково (4—17%). Аналогичные показатели получены по гуминовым кислотам фракции 2.

В пустынной песчаной почве фракция 3 фульвокислот и гуминовых кислот отсутствует, так как в ней содержится незначительное количество глинистых минералов. В серо-бурых почвах она отмечена в слое 0—12 см. Содержание фракции 3 фульвокислот в такрымной почве выше, чем фракции 3 гуминовых кислот.

Фульвокислоты во всех исследуемых почвах преобладают в составе гумуса, особенно фракция 1а.

М. М. Кононова (1951) предполагает, что фульвокислоты степного ряда представляют собой не креновые и апокреновые кислоты, а какие-то упрощенные формы гуминовых кислот.

Для всех почв Каршинской степи характерно увеличение фракции фульвокислот вглубь по профилю, особенно в такрымной целинной, что указывает на более значительную подвижность фульвокислот по сравнению с гуминовыми.

Таким образом, в изучаемых почвах наблюдается крайняя степень ослабления процессов образования наиболее сложной, устойчивой и высокомолекулярной формы гумуса гуминовых кислот и

Таблица 17

Фракционный состав органического вещества пустынных почв (данные Д. Г. Махмудовой)

Почвы	Глубина взятия образца, см	Фракция гуминовых кислот				Фракция фульвокислот			
		1-я	2-я	3-я	1а	1-я	2-я	3-я	4-я
Пустынная песчаная (целина) на золовых наносах, разрез 3	0—10	1,3	4,9	0,0	6,9	7,4	0,0	0,0	3,5
	10—30	2,0	10,1	0,0	4,0	5,1	17,4	0,0	6,8
	30—50	1,1	5,6	0,0	4,8	4,9	6,2	0,0	4,5
Серо-бурая на аллювии коренных третичных пород (целина), разрез 2	0—12	1,2	5,1	2,3	7,8	3,6	4,3	5,0	7,4
	12—31	5,6	2,8	0,0	11,8	0,0	16,7	0,0	5,5
	0—4	1,2	7,1	1,8	7,0	6,0	6,5	3,1	9,4
Такрымная целинная бывлого орошения на древнедельтовом аллювии, разрез 1	4—12	1,3	9,4	1,0	11,5	0,0	15,8	20,1	5,3
	12—33	1,2	5,9	1,3	18,3	0,0	16,5	17,6	4,5
	33—58	2,1	5,6	3,9	19,2	0,0	12,5	21,6	5,9

Таблица 18

Групповой состав органического вещества пустынных почв, % от общего углерода (данные Д. Г. Махмудовой)

Почвы	Глубина взятия образца, см	C _{орг}	C _{гк}	C _{фк}	C _{гк} / C _{фк}		C _{гн}	C _{гн} / C _{гн}	C _{гн} / C _{гн}
Пустынная песчаная (целина) на золовых наносах	0—10	0,16	6,2	17,8	0,34	17,8	24,0	76,6	0,30
	10—30	0,17	12,1	33,3	0,36	33,3	45,4	54,6	0,83
	30—50	0,18	6,7	20,4	0,32	20,4	27,1	72,9	0,37
Серо-бурая на аллювии коренных третичных пород (целина)	0—12	0,35	8,6	28,1	0,22	28,1	36,7	63,3	0,77
	12—31	0,18	8,4	34,0	0,21	34,0	42,4	67,6	0,62
	0—4	0,50	10,1	32,1	0,31	32,1	42,2	57,8	0,73
Такрымная (целинная бывлого орошения) на древнедельтовом аллювии	4—12	0,41	11,7	52,7	0,22	52,7	64,4	35,6	1,80
	12—33	0,40	8,4	56,9	0,15	56,9	65,3	34,7	1,88
	33—58	0,30	11,6	59,2	0,19	59,2	70,8	29,2	2,46

преобладание менее сложной, менее устойчивой и более дисперсной формы гумуса фульвокислот.

По данным В. В. Пономаревой, процент гуминовых кислот в такрыных снижается до 4—16.

Таким образом, можно сказать, что в наиболее пустынных почвах возрастает относительное количество фульвокислот и снижается содержание гуминовых кислот.

Среди исследованных почв самое узкое отношение $\frac{C_{гк}}{C_{фк}}$ отмечено в серо-бурой, что связано с суровыми биогидротермическими условиями. Данные наших исследований аналогичны результатам, полученным И. В. Тюриным для сероземов и В. В. Пономаревой (1956) для такрынов. Содержание фульвокислоты в почвах впадины Бет-Пак-Дала достигает 40—50%, в Туркмении 25—60%, в серо-бурых почвах пустынь Джунгарского Алатау—36% (Ассинг, 1956).

Общим для процесса гумусообразования во всех исследованных почвах является то, что отношение гуминовых к фульвокислотам в пределах профиля меньше 1 (табл. 18). Кроме того, для этих почв характерно относительное накопление труднорастворимых форм органических веществ в виде группы гуминов, которые прочно связаны с минеральной частью почвы.

По данным наших исследований, содержание гуминов в составе гумуса пустынных почв Каршинской степи высокое: в такрыных целинных на глубине 0—4 см—57,8%, в пустынных песчаных—76%.

Серо-бурые почвы по содержанию гуминов занимают промежуточное положение между такрыными и пустынными песчаными.

По данным П. А. Костыченко (1957), В. В. Пономаревой (1956), Е. П. Лагуновой (1963), процент гуминов от общего содержания гумуса в приташкентских обыкновенных сероземах достигает 64, в такрыных — 70—85, в орошаемых сероземах — 30—35. Высокое содержание негидролизующего остатка в пустынных почвах, очевидно, можно объяснить специфическими условиями пустынного почвообразования.

ФОРМЫ АЗОТА ПУСТЫННЫХ ПОЧВ КАРШИНСКОЙ СТЕПИ

Изучение запасов, форм и подвижности соединений азота в почвах и степени доступности их сельскохозяйственным растениям — одна из актуальнейших проблем почвоведения и агрохимии.

Судьба соединений азота в почве определяется в основном процессами гумусообразования, скоростью разложения гумусовых веществ, деятельностью микроорганизмов и биохимической активностью почвы. Поэтому почвенный азот, в отличие от других элементов питания растений, в основном представлен различными органическими соединениями, и только незначительная часть его — от следов до 5% — находится в виде неорганических соединений (нитратов и аммония). Азот почвы служит основным источником азотного питания растений, следовательно, его количество в почве

и формы соединений (обуславливающие степень доступности растениям) во многом определяют почвенное плодородие.

Растения для развития используют и органические и минеральные формы азота.

Аминокислоты участвуют в образовании гумуса и выступают в качестве биологически активных веществ и источника азотного питания для макро- и микрофлоры.

Н. А. Красильников (1958), Е. И. Ратнер и др. (1956) доказали, что бобовые растения, например клевер и горох, хорошо усваивают аспарагиновую и глютаминовую кислоты; для пшеницы эти аминокислоты непригодны, а глицин и аланин доступны и для ячменя, и пшеницы.

Е. И. Ратнер с соавторами (1956) пришел к выводу, что, получая извне готовую аспарагиновую и глютаминовую кислоты, многие растения непосредственно не используют их, а вначале перерабатывают в корнях, высвобождая аммиак, на основе которого строят аминокислоты заново. Авторы допускают, что у некоторых растений, например, бобовых, те или иные аминокислоты могут сразу попасть в русло общего процесса обмена веществ.

Таким образом, большую роль в нормальном питании растений играет азот аминных групп. Поэтому количественный и качественный состав аминокислот играет немаловажную роль в оценке плодородия почвы.

В последние годы возрос интерес к изучению форм азота почв Узбекистана. Основные исследования в этом направлении выполнены на орошаемых и богарных почвах (Муравьева, Очилова, 1966; Казиев, Набиев, 1970; Гойхенберг, 1974; Вухрер, Гойхенберг, Пулатова, 1974; Умаров и др., 1974; Джуманиязов, Казиев, 1975; и др.).

Нами были изучены трансформация, фракционный состав и формы азота в целинных, такрыной, серо-бурой и пустынной песчаной почвах пустынной зоны Каршинской степи. Полученные данные могут служить основанием для учета подвижных форм азота в почвах, где нет его отчуждения с урожаем.

Фракционный состав азота

При изучении фракционного состава азот из почвы обычно извлекают растворами кислот и щелочей. Используя метод фракционного гидролиза, можно получить ряд фракций, содержащих извлеченные из почвы азотные вещества (Лазарева, 1949).

В кислотоизвлекаемую фракцию переходят в основном минеральные вещества и незначительная часть азотистых веществ гумуса, в щелочную — все азотистые вещества, входящие в гуматную часть почвенного гумуса, в фракцию гидролиза — в основном азот белков микроорганизмов.

Из данных табл. 19 видно, что в такрыной почве количество общего азота больше, чем в серо-бурой и пустынной песчаной. Раз-

личаются они и по содержанию азота, извлекаемого щелочными вытяжками. В таковой почве сравнительно хорошо развита микрофлора, перерабатывающая перегной, в щелочную вытяжку извлекается наибольшее количество азота (30,0—36,4%). В биологически активной малогумусной песчаной почве азот щелочной вытяжки составляет лишь 15—17% от общего, а азота фракции гидролиза в 2 раза больше, чем в серо-бурой и таковой.

В пустынной песчаной почве кислотоизвлекаемого азота значительно больше (в 1,5—2 раза), чем в серо-бурой. Микробиологические процессы в ней протекают более активно, чем в серо-бурой, в связи с чем мобилизационные процессы доминируют над накопительными и сумма общих фракций наивысшая (82—94% в пустынной песчаной и 64—77% в серо-бурой почвах).

Табл. 6

Фракционный состав азота в целинных почвах Каршинской степи (данные Махмудовой, 1972)

Глубина, см	Общий, мг	Кислотоизвлекаемый		Щелочноизвлекаемый		Гидролиз (20% H ₂ SO ₄)		Сумма фракций	
		мг/г	% от общего	мг/г	% от общего	мг/г	% от общего	мг/г	% от общего
Такырная									
0—2	80	18,40	23,0	29,1	36,4	15,12	18,9	62,62	78,2
2—12	60	17,52	29,2	18,2	30,3	17,28	28,8	53,00	88,0
12—29	56	16,85	30,1	17,8	31,9	14,61	26,1	49,26	87,9
Пустынная песчаная									
0—10	30	9,03	30,1	4,6	15,4	11,10	37,0	24,73	82,4
10—30	25	9,70	38,8	4,3	17,2	9,57	38,3	23,57	94,3
Серо-бурая									
0—12	39	8,2	21,0	9,3	24,0	7,4	19,0	24,9	64,0
12—31	34	6,97	20,5	10,7	31,6	8,67	27,5	26,34	77,4

В серо-бурой почве содержание кислото- и щелочноизвлекаемого азота почти одинаково, а в таковой отмечается нарастание азота щелочноизвлекаемой фракции. Это связано с накоплением гумусовых веществ.

Гидролизующий азот. В таковой целинной почве содержание легкогидролизующего азота наивысшее (7,72%) в слое 0—1 см и низкое — (3,45%) в слое 54—70 см (табл. 20). Количество легкогидролизующего азота коррелирует с общим содержанием азота в почве.

Наблюдается корреляция между биологической активностью целинных почв и содержанием легкогидролизующего азота: в песчаной почве—9,3—29, серо-бурой—9,0—12,2; таковой—4,2—7,7%.

По мнению некоторых авторов (Шлавицкая, 1957; Селитренникова, 1963), в карбонатных почвах при определении гумуса, азота и его формы необходимо учитывать CO₂ карбонатов. В изученных нами целинных почвах CO₂ карбонатов от 7,7 до 10,5% (табл. 21).

Содержание гидролизующего азота в таковой почве снижается по профилю от 32,9 до 6,2% от общего, в серо-бурой и пустынной песчаной почвах, напротив, — повышается соответственно от 21 до 45 и от 22 до 52% (табл. 22). Следовательно, в серо-бурой и пустынной песчаной почвах азот более подвижный, чем в таковой, что значительно зависит от механического состава почвы и активности микробиологических процессов.

В таковой почве содержится незначительное количество аммиака (от 0,5 до 1,5%). По профилю его процент увеличивается в 3 раза. В гидролизатах серо-бурой и пустынной песчаной почв аммиака несколько больше, чем в таковой: по профилю его содержание соответственно увеличивается от 2,3 до 3,3 и от 1,4 до 3,5%.

Основная масса гидролизующего азота приходится на органический азот, процент которого, как и азота, перешедшего в гидролизаты, заметно снижается по профилю — от 32,4 до 4,6, или в 7 раз. В серо-бурой и пустынной песчаной почвах органического азота, наоборот, больше — соответственно 19—41 и 20,5—49% от общего.

Содержание органического азота, перешедшего в 6 н. HCl гидролизатов, в серо-бурой и пустынной песчаной почвах значительно выше, чем в таковой (относительно азота почвы), особенно в горизонтах ниже 10 см.

Минеральные формы азота в исследованных почвах присутствуют в виде следов или в тысячных долях процента (табл. 23).

В таковой почве легкогидролизующего азота в горизонте 0—9 см не более 4—6 частей гидролизующего, а по профилю примерно половина его, в слое 70—100 см практически весь азот переходит в легкогидролизующий.

В серо-бурой почве только в верхнем (0—5 см) горизонте легкогидролизующий азот составляет почти половину, а по профилю 1/3 гидролизующего азота.

Таблица 20

Содержание легкогидролизующего азота в целинных почвах (данные 1975 г. Е. М. Гойхенберг, М. Юлдашева)

Глубина, см	Азот почвы, %	Легкогидролизующий азот, % от общего
Такырная былого орошения		
0—1	0,081	7,72
1—9	0,060	5,90
9—29	0,056	4,24
29—54	0,054	4,31
54—70	0,048	3,45
70—100	0,045	4,20
Пустынная песчаная		
0—9	0,030	9,30
9—29	0,025	16,80
29—55	0,020	25,50
55—77	0,019	29,00
77—100	0,012	20,10
Серо-бурая		
0—5	0,039	9,80
5—13	0,036	7,80
13—33	0,026	9,80
33—77	0,022	12,20

По содержанию легкогидролизуемого азота особого внимания заслуживает пустынная песчаная почва, за исключением верхнего

Таблица 21

Содержание CO_2 карбонатов в целинных почвах*

Такырная		Серо-бурая		Пустынная песчаная	
глубина, см	CO_2 , %	глубина, см	CO_2 , %	глубина, см	CO_2 , %
0—1	8,52	0—5	7,84	0—9	8,88
1—9	7,75	5—13	7,84	9—29	8,94
9—29	8,92	13—33	7,86	29—55	10,23
29—54	8,75	33—77	9,10	55—77	10,23
54—70	8,87				
70—100	10,58				

* Здесь и в табл. 22—24 данные Е. М. Гойхенберг (1975)

Таблица 22

Содержание гидролизуемого азота (6 н. HCl гидролизатов), % от общего азота почвы

Глубина, см	Азот поч- вы, %	Перешло в гидролизаты		
		всего	N-NH ₃	органичес- кого
Такырная				
0-1	0,081	32,9	0,55	32,35
1-9	0,060	30,6	0,61	30,01
9-29	0,056	12,5	1,07	11,43
29-54	0,054	9,2	1,42	7,78
54-70	0,048	8,3	1,56	6,74
70-100	0,045	6,2	1,56	4,64
Пустынная песчаная				
0-9	0,030	22,0	1,46	20,54
9-29	0,025	26,4	2,46	23,94
29-55	0,020	41,0	2,20	38,80
55-77	0,019	52,5	3,52	48,98
Серо-бурая				
0-5	0,039	21,2	2,3	18,9
5-13	0,036	25,5	3,6	21,9
13-33	0,026	31,9	2,1	29,8
33-77	0,099	45,0	3,3	41,7

горизонта (0—9 см): на эту форму приходится больше половины всего гидролизуемого. Количество трудногидролизуемого азота в

такырной почве по профилю уменьшается от 25 до 0,44%, в серо-булой и пустынной песчаной, наоборот, увеличивается от 11 до 32 и от 12 до 23%.

Негидролизуемая форма азота в отличие от всех форм азота в такырной почве по профилю составляет 68—97%, в серо-булой и пустынной песчаной соответственно 55,0—78,0 и 47,5—78,0%.

Следовательно, подвижного азота больше всего в пустынной песчаной, меньше в такырной почве, промежуточное положение занимает серо-бурая. Негидролизуемого азота больше в такырной почве и меньше в пустынной песчаной.

Таблица 23

Общее содержание и формы азота целинных почв

Глубина, см	Азот, %	Минеральный азот, %	Фракции азота, % от общего		
			легкогидроли- зуемый	трудногидроли- зуемый	негидролизуе- мый
Такырная былого орошения					
0—1	0,081	0,0002	7,70	25,2	67,0
1—9	0,060	0,0004	5,90	30,7	63,4
9—29	0,056	0,0003	4,24	8,3	87,5
29—54	0,054	Нет	4,31	4,9	90,8
54—70	0,048	.	3,40	4,9	91,7
70—100	0,045	Сл.	4,20	0,44	93,8
Пустынная песчаная					
0—9	0,030	0,0001	9,30	12,7	78,0
9—29	0,025	Нет	16,80	9,6	73,6
29—55	0,020	.	25,50	15,5	61,2
55—77	0,019	.	29,00	23,5	47,5
Серо-бурая					
0—5	0,039	0,0001	9,80	11,4	78,8
5—13	0,036	Нет	7,80	17,7	74,5
13—33	0,026	.	9,80	22,1	68,1
33—77	0,022	.	12,20	32,8	55,0

Аминный азот. Групповой состав общих аминокислот в исследованных почвах представлен в табл. 24. В слое 0—1 см такырной почвы их содержится 2249,9 мг/кг почвы. Такая величина свойственна только такырной корке. В горизонте 1—9 см количество общих аминокислот в 4, а в горизонте 9—29 см в 8 раз меньше, чем в слое 0—1 см.

В корке содержатся глютаминовая (228 мг/кг), аспарагиновая (279 мг/кг), аминокислоты: аланин — 108,5, глицин — 164,5, треонин — 106,3, серин — 154,5 мг/кг.

В горизонте 1—9 см более чем в 9—10 раз уменьшается количество аспарагиновой кислоты и в 7 раз — аланина. Лейцины и валин в этом слое отсутствуют.

Из менее изученных относительно много в корке серусодержащих аминокислот: цистеина (124 мг/кг), цистина (116,4 мг/кг); из группы диаминокарбоновых: лизина (151,7 мг/кг), гистидина (220,5 мг/кг). В нижележащем горизонте контрастность снижения суммы аминокислот выражена еще более резко.

Таблица 24

Групповой состав общих аминокислот целинной такырной почвы, мг/кг (данные Гойхенберг по разрезу I, 1975)

Группа аминокислот	Аминокислоты	0—1 см		1—9 см		9—29 см	
		аминокислоты	в т. ч. N-NH ₂	аминокислоты	в т. ч. N-NH ₂	аминокислоты	в т. ч. N-NH ₂
Дикарбоновые	Глютаминовая	288,00	27,40	110,70	10,54	74,66	7,11
	Аспарагиновая	279,60	29,40	54,00	5,68	56,55	5,95
Нейтральные	Аланин	108,48	17,16	15,54	2,44	19,55	3,01
	Лейцин	70,80	7,56	Сл.	Сл.	Нет	Нет
	Валин	58,00	6,94	Нет	Нет	Нет	Нет
	Глицин	164,90	30,77	103,00	19,22	114,50	21,13
Оксиаминокислоты	Треонин	106,32	12,50	28,34	3,33	Нет	Нет
	Серин	154,56	97,38	97,38	12,98	Сл.	Сл.
Циклические	Фенилаланин	219,36	18,61	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.
	Тирозин	116,40	9,00	Нет	Нет	Нет	Нет
	Пролин	+++	+++	++	++	+	+
Серусодержащие	Цистеин	124,08	11,011	Нет	Нет	+	+
	Цистин	116,40	14,88	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.
Диаминокарбоновые	Лизин	151,68	19,39	Цистин +	48,67	Сл.	Сл.
	Аргинин	70,80	18,88	25,30	6,74	21,70	5,57
Всего	Гистидин	220,56	44,32	26,82	5,38	10,40	2,08
		2249,96	288,33	519,75	72,53	296,96	45,02

Примечание. ++ обнаружено в значительном количестве. +++ обнаружено в большом количестве.

Для такырных почв характерно высокое содержание глютаминовой кислоты и глицина во всех слоях.

Данные Е. М. Гойхенберг и М. Пулатовой о свободных аминокислотах пустынных целинных почв Каршинской степи отражены в табл. 25—27. Самое большое количество свободных аминокислот (294 мг/кг почвы) обнаружено в слое 0—1 см такырной почвы

(табл. 25). В горизонте 1—9 см оно меньше в 10 (28,6 мг/кг почвы), а на глубине 9—29 см — в 100 раз по сравнению с коркой.

В нижележащих слоях почвы свободные аминокислоты обнаруживаются в виде следов. Отличительная особенность такырной почвы — высокое содержание почти всех групп свободных аминокислот (дикарбоновых, нейтральных, циклических и диаминокарбоновых) в корке.

По количественным показателям особенно выделялись: глютаминовая кислота — 75, фенилаланин — 57,3, аланин — 32, аргинин — 23,6 мг/кг почвы.

Таблица 25

Групповой состав свободных аминокислот такырной почвы, мг/кг (данные Е. М. Гойхенберг, М. Пулатовой по разрезу I, 1973)

Аминокислоты	0—1 см		1—9 см		9—29 см	
	аминокислоты	в т. ч. N-NH ₂	аминокислоты	в т. ч. N-NH ₂	аминокислоты	в т. ч. N-NH ₂
Глютаминовая	Глицин +					
	74,97	14,00	1,40	0,13	Сл.	Сл.
Аспарагиновая	22,15	2,33	3,20	0,37	Сл.	Сл.
Аланин	32,00	5,03	1,45	0,23	Сл.	Сл.
Лейцин	9,86	1,05	0,51	0,05	Сл.	Сл.
Валин	19,20	2,29	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.
Глицин			Серин +			
			7,74	1,03	Сл.	Сл.
Треонин	8,78	1,03	1,86	0,22	Сл.	Сл.
Серин	17,71	2,36	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.
Фенилаланин	57,30	4,86	6,48	0,55	0,06	0,01
Тирозин	12,00	0,21	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.
Пролин	+	+	+	+	+	+
Цистеин	2,53	0,65	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.
Цистин	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.
Лизин	3,20	0,41	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.
Аргинин	23,60	6,22	2,95	0,73	Сл.	Сл.
Гистидин	11,07	2,25	3,03	0,60	2,26	0,45
Всего	294,36	42,76	18,91	3,94	2,32	0,46

Примечание. Здесь и в табл. 26—27 плюс- обнаружено в незначительном количестве.

нин — 23,6 мг/кг почвы. В корке такырной почвы удается количественно определить 14 аминокислот, тогда как в сероземах Узбекистана только 8—10.

Нижележащие горизонты такырной почвы содержат все аминокислоты (16), но количественно определить удается только 11 в горизонте 1—9 см и 2 в горизонте 9—29 см. Значительно беднее свободными аминокислотами серо-бурая почва (табл. 26). Относительно высокое содержание аминокислот обнаружено только в горизон-

таминовая, аспарагиновая, треонин, тирозин и др. отсутствуют в верхнем горизонте (0—9 см) и встречаются на глубине до 77 см.

Таким образом, в исследованных почвах больше половины всех свободных аминокислот сконцентрировано в первых трех группах — дикарбоновые, нейтральные, оксиаминокислоты (табл. 28).

Количество свободных аминокислот первых трех групп (данные Е. М. Гойхенберг, 1975)

Глубина, см	Сумма аминокислот, мг/кг	Первые три группы, % от сумм
-------------	--------------------------	------------------------------

Такырная

0—1	294,36	62,0
1—9	28,61	56,4
9—29	2,32	0

Пустынная песчаная

0—9	4,36	41,2
9—29	11,44	60,3
29—55	5,97	67,6
55—77	7,47	62,3
77—100	1,80	66,6

Серо-бурая

0—5	33,05	74,8
5—13	15,16	30,0
13—33	6,55	63,0

почва значительно беднее по содержанию свободных аминокислот, но по профилю они распределены более равномерно до глубины 1 м, что связано с расположением корневой системы растений и

В корке такырной почвы присутствует 62% свободных аминокислот от общей суммы, в горизонте 1—9 см — 56%. В серо-бурой почве процент первых трех групп аминокислот колеблется от 30 до 75. Пустынная песчаная

Таблица 29

Отношение свободных аминокислот к общим в такырной почве (данные Е. М. Гойхенберг, 1975)

Глубина, см	Сумма общих аминокислот, мг/кг	В том числе свободных	
		мг/кг	% от общих
0—1	2249,9	294,3	13,0
1—9	519,7	28,6	5,5
9—29	296,9	2,3	0,8

Таблица 30

Содержание аминного азота в такырной почве (данные Е. М. Гойхенберг, 1975)

Глубина, см	Гумус, %	Азот почвы, %	Органический, мг/кг	Аминный, мг/кг		% аминного от орган.	
				общих аминокислот	свободн. аминокислот	общих аминокислот	свободн. аминокислот
0—1	0,87	0,084	323,5	288,3	42,7	89,1	24,4
1—9	0,76	0,060	180,0	72,5	3,9	40,3	2,0
9—29	0,71	0,056	64,3	45,0	0,4	70,3	0,7

механическим составом почвы. По профилю в пустынной песчаной почве сумма аминокислот увеличивается, а в такырной и серо-бурой резко уменьшается.

В такырной почве сумма свободных аминокислот (в % от общих) составляет 13%, а по профилю в горизонте 9—29 см уменьшается в 16 раз (табл. 29). Это свидетельствует о том, что на глубине 9—29 см микрофлора продуцирует очень незначительное количество свободных аминокислот. Содержание аминного азота показано в табл. 30. В корке такырной почвы аминный азот составляет 89% от суммы общих аминокислот и 24,4% — свободных. По профилю сумма органического азота и аминокислот, следовательно, и содержание аминного азота в горизонте 9—29 см снижается до 70,3% общих аминокислот и до 0,7% свободных. Только в корке такырной почвы аминный азот составляет 35,6% от общего.

Обычно в почвах Узбекистана аминного азота не более 12% от общего, что характерно уже для слоя 1—9 см.

Необычно высокое содержание аминного азота свободных аминокислот от общего азота почвы (5,3%) в корке такырной почвы. В горизонте 1—9 см оно снижается в 8 раз и почти исчезает в слое 9—29 см (табл. 31).

В серо-бурой почве аминного азота содержится от 1 до 0,5%, от общего; минимум его в пустынной песчаной почве. По профилю количество азота свободных аминокислот резко уменьшается в горизонте 77—100 см.

Выводы

1. Исследуемые пустынные почвы Каршинской степи обладают низкой биогенностью, которая обусловлена рядом экологических факторов: типом почвы, влажностью, температурой, механическим составом и др. Многие физиологически важные группы микроорганизмов, такие как азотобактер, целлюлозоразлагающие и нитрификаторы, почти не обнаруживаются.

2. В целинной такырной почве биологическая и биохимическая активность (жизнедеятельность микроорганизмов, активность ферментов, гидролиз азота) проявляется в основном в верхнем 0—10-сантиметровом горизонте, где имеется положительная связь между этими показателями. В горизонтах ниже 10 см идет резкое сниже-

Таблица 31

Азот аминокислот в пустынных почвах (данные Е. М. Гойхенберг, 1975)

Глубина, см	Азот почвы, %	Азот свободных аминокислот	
		мг/кг	% от азота почвы

Такырная бывлого орошения

0—1	840	42,76	5,27
1—9	600	3,94	0,65
9—29	560	0,46	0,08

Пустынная песчаная

0—9	300	0,71	0,23
9—29	250	1,41	0,56
29—55	200	0,87	0,43
55—77	190	0,77	0,40
77—100	120	0,18	0,15

Серо-бурая

0—5	390	3,83	0,98
5—13	360	2,79	0,77
13—33	260	1,40	0,53

ние численности микроорганизмов, активности ферментов и содержания гидролизуемых форм азота, значительное нарастание негидролизуемых форм азота и труднорастворимых форм — гумина, что приводит к консервации органического вещества.

3. В пустынной песчаной почве, наоборот, биологическая и биохимическая активность наибольшая в нижних горизонтах и между численностью микроорганизмов, активностью ферментов и трансформацией азота имеется прямая положительная связь. Из всех изучаемых этот тип почв характеризуется наиболее высоким процентом кислотоизвлекаемой фракции (39%), увеличением по профилю количества легкогидролизующего (от 9 до 29%) и трудногидролизующего азота (от 13 до 24%) при уменьшении негидролизующего от 78 до 48% в горизонтах от 0—9 см до 55—77 см, что указывает на значительное превалирование мобилизационных процессов почвы над накопительными. В результате происходит обеднение почвы органическим веществом. Это отрицательное явление следует учитывать при освоении пустынной песчаной почвы.

4. Серо-бурая почва по основным показателям (численность микроорганизмов, активность ферментов, трансформация азота и др.) занимает промежуточное положение между такырной и пустынной песчаной почвами.

ЛИТЕРАТУРА

- Абдужалалова М. У. Микрофлора пустынных почв Каршинской степи. Материалы научной конференции молодых ученых. Ташкент, 1970.
- Абдужалалова М. У., Нгуен Тхань Фунг. Активность инвертазы в пустынных почвах Каршинской степи. Труды НИИПА, вып. 9, 1974.
- Абдужалалова М. У. (и др.). Микробиологическая характеристика и интифицирующая способность пустынных почв Каршинской степи. Материалы юбилейной конференции микробиологии, альгологии и микологии, посвященной 50-летию УзССР и Компартии Узбекистана, Ташкент, Изд-во «Фан», 1974.
- Абдужалалова М. У. (и др.). Ферменты в некоторых пустынных почвах юга Узбекистана. Труды НИИПА, вып. 10, 1976.
- Александрова Л. Н. Органо-минеральные соединения и органо-минеральные коллоиды в почве. «Доклады советских почвоведов к VII Международному конгрессу в США». М., Изд-во АН СССР, 1960.
- Аранбаев М. П. Сероземы и коричневые сухостепные почвы Центрального Копет-Дага, их генезис и некоторые особенности в связи с сельскохозяйственным использованием. Автореферат. канд. дисс., Ашхабад, 1956.
- Ассинг И. А. Почвенный покров Южной части Казахской Джунгарии. Труды НИИП, вып. 6, Алма-Ата, 1956.
- Бабушкин Л. Н. Особенности климата Кашкадарьинской области. Географические науки, кн. 8, Труды САГУ, вып. 8, 1956.
- Бей-Биенко Н. В. О влиянии минеральных азотистых удобрений на активность ферментов в почве. «Почвоведение», 1970, № 2.
- Белоусов М. А., Торопкина А. Л. Инструкция для определения потребности хлопчатника в питательных элементах. Ташкент, 1960.
- Братчева М. И. (и др.). Агрохимические, агрофизические и микробиологические свойства почв долины Кашка-Дарьи. Ташкент, Госиздат УзССР, 1963.
- Васюк Л. Ф. Развитие микрофлоры и активность ферментов по слоям и горизонтам обрабатываемых дерново-подзолистых и дерново-карбонатных почв. «Бюллетень научно-техн. информации по сельскохозяйственной микробиологии», 1961, № 10.
- Вильямс В. Р. Почвоведение с основами земледелия. М., Сельхозгиз, 1939.
- Власюк П. А., Лисова А. П. Влияние растений и удобрений на активность некоторых ферментов почв. Сб. докладов симпозиума по ферментам почв. Минск, 1967.
- Вухрер Э. Г. Микрофлора основных почв Киргизии. В кн. «Микрофлора почв Южной части СССР». М., 1966.
- Вухрер Э. Г., Гойхенберг Е. М., Пулатова М. Свободные аминокислоты некоторых богарных сероземов Узбекистана. «Узб. биол. журн.», 1974, № 6.

- Вухрер Э. Г., Фомова Л. М. Нитрификационный процесс в основных почвах Киргизии. Труды НИИП, вып. 2, Фрунзе, 1969.
- Вухрер Э. Г., Шамшиева К. Т. Активность некоторых ферментов в почвах Центрального Тянь-Шаня. «Почвоведение», 1968, № 3.
- Вухрер Э. Г. (и др.). Биологическая активность и трансформация азота в некоторых целинных почвах Каршинской степи. В кн. «Экология, физиология и изменчивость микроорганизмов», Ташкент, 1976.
- Галстян А. Ш. Влияние удобрений на активность каталазы в почве. ДАН АрмССР, т. XXV, 1957, № 5.
- Галстян А. Ш. К изучению биологической активности почвы. ДАН АрмССР, т. XXXVII, 1963, № 2.
- Галстян А. Ш. К методике определения активности гидролитических ферментов почвы. «Почвоведение», 1965, № 2.
- Галстян А. Ш., Тетевосян Т. С. Активность ферментов как показатель, характеризующий почвенные ферменты. Доклады к VIII Международному конгрессу почвоведов, М., «Наука», 1964.
- Гамзикова О. И. О влиянии некоторых агротехнических приемов на ферментативную активность почвы. Сборник докладов симпозиума по ферментам почвы. Минск, 1967.
- Гельцер Ф. Ю. Значение микроорганизмов в образовании перегноя и прочности структуры почвы, М., 1940.
- Генусов А. З., Горбунов Б. В., Кимберг Н. В. Почвенно-климатическое районирование Узбекистана в сельскохозяйственных целях. Ташкент, Изд-во УзАСХН, 1960.
- Генусов А. З., Драбкина А. В., Стимбан Б. И. Микрофлора такыров Куля-Дарьинской равнины. Труды НИИП, вып. 2, Ташкент, 1956.
- Герасимов И. П. О такырах, их генетической сущности и процессы такырообразования. «Почвоведение», 1933, № 5.
- Гойхенберг Е. М. Аминокислотный состав гуминовых кислот некоторых целинных почв Узбекистана. Труды НИИПА, вып. 9, 1974.
- Голодковский Л. И. Органическое вещество в почвах поливных хлопковых хозяйств. Ташкент, Госиздат УзССР, 1933.
- Горбунов Б. В., Кимберг Н. В., Шувалов С. А. Опыт классификации почв Узбекистана. Труды УзФАН СССР, сер. X, почвоведение, вып. I, Ташкент, 1941.
- Гранитов И. И., Пятаева А. Д., Александрова Л. И. Растительность. В кн. «Кашка-Дарьинская обл. Природа», № 1, Ташкент, Изд-во САГУ, 1959.
- Джуманиязов И. Д., Казиев С. М. Органическое вещество и биологическая активность сероземов. Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1975.
- Дробник Я. Изучение биологических превращений органических веществ в почве. «Почвоведение», 1957, № 12.
- Елкина О. Г. Динамика микробиологических процессов в почве рисовых полей. «Микробиология», т. VII, вып. 4, 1938.
- Елкина О. Г. О характере минерализованных процессов в целинных сероземах. Труды САГУ, нов. сер., 60, биол. науки, кн. 19, Ташкент, 1954.
- Елкина О. Г., Низаметдинова Я. Ф. Микрофлора такыров Мессеринской равнины. Труды САГУ, кн. 34, вып. 133, биол. науки. Ташкент, 1958.
- Емельянов И. И. Состав и свойства органического вещества почв Казахстана. Труды Института почвоведения, т. 6, Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1956.
- Зайцева Т. Н., Тюленева Н. П. Количественное определение аминокислот на хроматограммах посредством образования медных производных с нингидрином. «Лабораторное дело», 1958, № 3.
- Закиров К. З. Пыльная и выюнная растительность Нишанской равнины и ее экологические особенности. Самарканд, Изд-во УзГУ, 1939.
- Закиров К. З. Процесс зарастания песков Южного Узбекистана в пределах Каршинского и Бешкентского районов. Самарканд, Изд-во УзГУ, 1940.
- Зимченко В. А., Осинская Т. В., Прокудина Н. А. Влияние условий среды на биологическую активность почвы. «Химия в сельском хозяйстве», 1969, № 11.

- Зиямухамедов И. А. О качественном составе органического вещества почв разной степени окультуренности. «Узб. хим. журн.», 1968, № 4.
- Зиямухамедов И. А. Содержание и состав органического вещества орошаемых сероземов и тапирных почв разной степени окультуренности. Автореф. канд. дисс., Ташкент, 1969.
- Илловайская Н. Н. Органическое вещество основных типов почв Таджикистана. «Почвоведение», 1959, № 8.
- Илловайская Н. Н. Органическое вещество основных типов почв Таджикистана. Доклады почвоведов, агрономов и мелиораторов Таджикистана к VII Международному конгрессу почвоведов. 1960.
- Казиев С. М., Набиев Г. Н. Содержание аминокислот в светлом сероземе и луговой почве. В кн. «Физиология микроорганизмов», Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1970.
- Каплуи С. А. Азотобактер в целинных почвах Узбекистана. Труды НИИП, вып. 4, Ташкент, 1964.
- Кацнельсон Р. С., Ершов В. В. Исследование микрофлоры целинных и окультуренных почв Карельской ССР. «Микробиология», т. XXVII, вып. 1, 1958.
- Квасников Е. И. Микробиологическая характеристика тапирных почв и тапиров. В кн. «Хлопчатник», т. II, Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1957.
- Квасников Е. И., Жвачкина А. А. Влияние некоторых приемов в агротехнике люцерны на процесс образования клубеньков на ее корнях. Ташкент, Изд-во АН УзССР, 1953.
- Кимберг Н. В. Почвы пустынной зоны УзССР. Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1974.
- Козлов К. А. Биологическая активность некоторых почв Восточной Сибири. «Почвоведение», 1960, № 4.
- Козлов К. А. Ферментативная активность почв как показатель их биологической активности. Доклады сибирских почвоведов. «Сообщение АН СССР», Новосибирск, 1964.
- Конобеева Г. М. Некоторые микробиологические материалы к вопросу эволюции почв Куля-Дарьинской равнины. «Изв. АН УзССР», 1956, № 7.
- Коновалова А. С. Ферментативная активность как диагностический показатель для целинных и окультуренных дерново-подзолистых почв. «Почвоведение», 1970, № 7.
- Кононова М. М. К вопросу о распространении и функциях азотобактера в почвах Голодной степи. «Бюллетень САГУ», вып. 9, 1925.
- Кононова М. М. Микробиологическая характеристика почв некоторых районов Средней Азии. Труды АК ООС, вып. 7, т. I, Ташкент, 1930.
- Кононова М. М. Проблемы почвенного гумуса и современные задачи его изучения. М., Изд-во АН СССР, 1951.
- Кононова М. М. Гумус главных типов почв СССР, его природа и пути образования. «Почвоведение» 1956, № 3.
- Кононова М. М. Органическое вещество почвы. М., Изд-во АН СССР, 1963.
- Кононова М. М. Гумус почвы и жизнь растения. «Агрохимия», 1965, № 1.
- Кононова М. М., Лагунова Е. П. Результаты по изучению органического вещества сероземов совхоза «Пахта-Арал» КазССР. Тр. Почвенного института им. В. Докучаева АН СССР, т. XXIII, 1940.
- Корсакова М. П. Итоги стационарных работ по биодинамике почв. Труды Отдела с.-х. микробиологии Института земледелия ВАСХНИЛ, т. IV, 1929.
- Костычев П. А. О некоторых свойствах перегноя. «Сельское хозяйство и лесоводство», 1940, № 10.
- Костюченко В. П. Орошаемые сероземные почвы Ташкентского оазиса. Труды Почвенного института им. В. В. Докучаева АН СССР, т. III, 1957.
- Котелев В. В., Мехтиева Е. А. Зависимость между фосфатазной активностью микрофлоры и содержанием подвижного фосфора в почве. «Изв. Молд. ФАН СССР», 1961, № 7.

- Котелев В. В., Мехтиева В. А., Смирнов В. И. Фосфатазная активность некоторых почв и ризосферы культурных растений Молдавии. Труды Почвенного института им. Н. А. Димо, Молд. ФАН СССР, вып. V, 1960.
- Крамер М. Г., Едей Г. Применение методов определения активности фосфатазы в агрохимических исследованиях. «Почвоведение», 1959, № 9.
- Красильников Н. А. Антиомидеты и антибиотические вещества. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1950.
- Красильников Н. А. Выделение ферментов корнями высших растений. ДАН СССР, т. 57, 1952, № 2.
- Красильников Н. А. Микроорганизмы почвы и высшие растения. М., Изд-во АН СССР, 1958.
- Красильников Н. А. Методы изучения почвенных организмов и их метаболитов. М., 1966.
- Купревич В. Ф. Внеклеточные ферменты корней высших автотрофных растений. ДАН СССР, т. 8, 1949, № 5.
- Купревич В. Ф. Биологическая активность почвы и методы ее определения. ДАН СССР, т. XXIX, 1951, № 5.
- Купревич В. Ф. О методах стационарного исследования почв как биологического объекта. Доклады на совещании геоботанического исследования. М., 1954.
- Купревич В. Ф., Щербакова Т. А. К методике определения протеолитической активности почвы. ДАН БССР, т. VI, 1961, № 3.
- Лагунова Е. П. Особенности гумусообразования в орошаемых сероземных почвах Самаркандского оазиса. «Почвоведение», 1958, № 8.
- Лагунова Е. П. Органическое вещество сероземов Зерафшанской долины. В кн. «Влияние орошения на почвы оазисов Средней Азии», М., Изд-во АН СССР, 1963.
- Лазарев Н. М. Экологическая микробиология в изучении почвенного плодородия. Тр. ВНИИ с.-х. микробиологии за 1941—1945 гг., 1949.
- Лазарев С. Ф. Микробиологическая характеристика почв. В кн. «Агрономическая характеристика почв Каракалпакии», Ташкент, 1954.
- Лазарев С. Ф. Микрофлора почв Мургабского оазиса в связи с повышением плодородия. В кн. «Материалы VIII сессии АН ТаджССР», Ашхабад, 1955.
- Лазарев С. Ф. Микрофлора почв дельты Мургаба. В кн. «Почвы дельты Мургаба и вопросы агротехники хлопчатника», Ташкент, Изд-во ЦСУА, 1957.
- Лобова Е. В. Почвы пустынной зоны СССР. М., Изд-во АН СССР, 1960.
- Мамченко О. А. Свободные аминокислоты в некоторых почвах Украины. «Почвоведение», 1970, № 2.
- Мамытов А. М., Ройченко Г. И., Вухрер Э. Г. Групповой состав гумуса основных типов почв Киргизской ССР. Фрунзе, Изд-во «Илим», 1971.
- Мачигин Б. П. Методы агрохимического анализа почв. В сб. «Методы агрохимических, агрофизических и микробиологических исследований в поливных хлопковых районах», Ташкент, 1952.
- Михайлова Э. Н. Протеолитическая активность степных почв Юго-Восточного Забайкалья. Научные доклады высшей школы, биол. науки, 1970, № 12.
- Мишустин Е. Н. Закон зональности и учение о микробных ассоциациях почвы. «Успехи современной биологии», т. XXXVII, вып. I, М., 1954.
- Мишустин Е. Н., Мирзоева В. А. Соотношение основных групп микроорганизмов в почвах разных типов. «Почвоведение», 1953, № 6.
- Мишустин Е. Н., Теплякова З. Ф. Целинные почвы и особенности их микрофлоры. «Известия АН КазССР», сер. биол. наук, вып. 12, 1957.
- Муравьева Н. Т., Селитренникова З. Б. Особенности гумусообразования в основных почвах Узбекистана. В сб. «География и классификация почв Азии», М., 1965.
- Муравьева Н. Т., Очилова М. Применение метода распределительной хроматографии на бумаге при изучении аминокислотного состава гуми-

новых кислот. В кн. «Вопросы химии и физики почв в свете их генезиса и повышения производительной способности», Труды НИИП, Ташкент, 1966.

- Наумова А. Н. Методы микологических и фитопатологических исследований. М., 1937.
- Непомилуев В. Ф., Козырев М. А. О биологической активности дерново-подзолистых оглеенных почв. «Известия ТСХА», вып. 2, 1970.
- Низова А. А. К вопросу о биологической активности. «Почвоведение», 1960, № 10.
- Низова А. А. Об активности сахарозы в почве. «Микробиология», т. 30, вып. I, 1961.
- Низова А. А. Активная микрофлора и активность сахарозы в дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве разных угодий. Научные доклады высшей школы, биол. науки, 1970, № 10.
- Нючева Е. М. Биологическая активность некоторых почв Иркутской области. «Известия Иркутского с.-х. института», вып. 24, 1962.
- Нючева Е. М. Ферментативная активность окультуренных почв юга Иркутской области. Доклады симпозиума по ферментам почвы, Минск, 1967.
- Палецкая Л. Н., Киселева Н. Т. Микрофлора и микробиологические процессы в водорослевом солончаковом такыре древней дельты реки Теджен. Труды Института ботаники АН ТуркмССР, вып. V, Ашхабад, 1959.
- Палецкая Л. Н., Киселева Н. Т. Микрофлора целинных и осваиваемых такыровидных почв древнего орошения в зоне Кара-Кумского канала. «Изв. АН ТуркмССР», сер. биол. наук, 1961, № 2.
- Палецкая Л. Н. [и др.] Закономерности развития микрофлоры в целинных и орошаемых такыровидных почвах Мургабского оазиса. Ашхабад, Изд-во АН ТуркмССР, 1963.
- Паносян А. К. Микробиологическая характеристика солончаков Армянской ССР в связи с вопросом их освоения. Ереван, 1948.
- Первушина-Грошева А. Н. Микрофлора такырных почв низовьев Аму-Дарьи. Автореферат канд. дисс., Ташкент, 1961.
- Пераушина-Грошева А. Н., Теслинова Н. А. Изменение активности некоторых ферментов почвы в зависимости от внесения удобрений. В кн. «Физиология микроорганизмов», Ташкент, 1970.
- Петерсон Н. В. Источники обогащения почв ферментами. Микробиологический журнал, т. 23, вып. 6, Киев, Изд-во УССР, 1961.
- Пономарева В. В. Гумус такыров. В кн. «Такыры Западной Туркмении, пути их освоения», М., Изд-во АН СССР, 1956.
- Пономарева В. В. К методике изучения состава гумуса по схеме И. В. Тюрина. «Почвоведение», 1957, № 8.
- Попова Т. Е. Особенности развития микроорганизмов в пустынных почвах. Институт ботаники, т. V, 1959.
- Попова Т. Е. Микрофлора почв такырового ряда. В кн. «Микрофлора Южной части СССР», М., 1966.
- Пошон Ж., де Баржак Г. Почвенная микробиология. М., ИЛ, 1960.
- Разнидина Е. А. Микроорганизмы в почвах Вахшской долины и их роль в плодородии почв. В кн. «Почвы Вахшской долины и их мелиорация», Душанбе, 1947.
- Ратнер Е. И. [и др.] Об усвоении растениями аминокислот в качестве источника азота. «Изв. АН СССР», сер. биол. наук, 1956, № 6.
- Ремезов Н. П. О качественном составе органического вещества почв СССР. «Почвоведение», 1933, № 5.
- Розанов А. Н. Сероземы Средней Азии. Изд-во АН СССР, 1951.
- Рокицкая А. И. Микрофлора почв Голодной степи Самаркандской области в Туркестане. «Изв. науч. мелиоративного института», вып. XVII, Л., 1928.
- Ромейко И. Н., Малинская С. М. Ферментативная активность почвы при разных способах ее обработки. Материалы конференции по с.-х. и почвенной микробиологии, Ташкент, 1963.

- Рунов Е. В., Терехов О. С. К вопросу об активности каталазы в некоторых лесных почвах. «Почвоведение», 1960, № 9.
- Самсонов П. П. (и др.). Микробиологические исследования почв центральной части пустыни Кара-Кум. Труды САГУ, сер. VIa, география, вып. 8, 1929.
- Самсонов П. П. (и др.). Микробиологическая характеристика почв Средней Азии. «Почвоведение», 1930, № 1—2.
- Сапаралиева Л. Р. Ферменты в почвах Туркмении. «Сельское хозяйство Туркменистана», 1970, № 2.
- Селитренникова З. Б. Такыровые почвы заброшенных земель древнего оазиса правобережья Аму-Дарьи и их освоение. Автореф. канд. дисс., 1955.
- Синягин И. И. Состав и свойства органического вещества почв сероземной зоны в связи с их культурным состоянием. Труды Казахского НИИ земледелия, Алма-Ата, Казгосиздат, 1939.
- Славина Т. П. Об активности фермента каталазы в серых лесных почвах Тамбовской обл. Тезисы докладов симпозиума по ферментам почвы, 1968, Минск.
- Сорокина А. Н. К вопросу о роли микроорганизмов в процессе образования гумуса. В сб. «Микробиология почв», вып. 1, Труды ВИА, вып. 4, 1934.
- Таусон В. О. Материалы по микробиологии Памира. Труды САГУ, сер. 7—6, ботаника, вып. 32, Ташкент, 1936.
- Таусон В. О. О разложении органических веществ микроорганизмами почв Памира. Труды Института физиологии растений им. К. А. Тимирязева, т. 7, вып. 1, 1950.
- Турчин Ф. В. Методы определения соединений азота в почве. Агрохимические методы исследования почв. М., Изд-во АН СССР, 1960.
- Тюрин И. В. Географические закономерности гумусообразования. Труды Юбилейной сессии, посвященной 100-летию со дня рождения В. В. Докучаева. М., Изд-во АН СССР, 1949.
- Тюрин И. В. К методике анализа для сравнительного изучения состава почвенного перегноя или гумуса. Труды Почвенного института им. В. В. Докучаева АН СССР, т. XXXVIII, 1951.
- Умаров М. У. Физические свойства почв районов нового и перспективного орошения Узбекской ССР. Ташкент, Изд-во «Фан» УзССР, 1974.
- Умаров М. У. (и др.). Оптимальная плотность основных орошаемых почв Узбекистана и некоторые пути ее создания и поддержания под культуру хлопчатника. Труды НИИПА, Ташкент, 1974.
- Хазиев Ф. Х. Почвенные ферменты и их роль в плодородии. Научный доклад высшей школы. Биологические науки, 1972, № 2.
- Чундерова А. И. Активность инвертазы в дерново-подзолистых почвах. Научный доклад высшей школы. «Биологические науки», 1970, № 2.
- Чундерова А. И., Зубец Т. П. Влияние севооборота на активность биохимических процессов в дерново-подзолистой почве. Сборник докладов симпозиума по ферментам почвы, Минск, 1968.
- Шелоумова А. М., Берг И. В. Микробиологическая характеристика песков Рапетдага. «Известия АН СССР», 1931, № 5.
- Шконде Э. И. О применимости метода Корнфильда для определения потребности почв в азотных удобрениях. «Химия в сельском хозяйстве», № 12, 1971.
- Шмук А. А. Несколько данных к вопросу о формах азота в почвах. «Опытная агрономия», т. 15, 1914.
- Шмук А. А. К химии органического вещества почвы. Труды Казанск. с.-х. института, т. 1, вып. 2, 1924.
- Эгамкулов М. Энзиматическая активность почв Юго-Западных Кызыл-Кумов. В кн. «Физиология микроорганизмов», Ташкент, 1970.
- Эгамкулов М., Малахова П. Т. Биологическая активность некоторых почв Юго-Западных Кызыл-Кумов. «Узб. биол. журнал», 1969, № 5.
- Эфендиева С. А. Установление засоленности почв при помощи азотобактерной пробы. «Микробиология», 1944, № 4.

- Ярошевич И. В. Влияние длительного систематического применения удобрений на активность некоторых почвенных ферментов. Сборник докладов симпозиума по ферментам почвы, Минск, 1968.
- Balicki N., M. Trezebinski. Aktywnosc enzymatyczna obecnośc witaminy B₂ w glebie—Acta microbiol. Pol., v. 5, 1956.
- Hofmann E. Über die Enzymsystem unserer Kulturböden I. Sacharase. Biochem. Z., 1951.
- Hofmann E. Über die Enzymsystem unserer Kulturböden VI Amylase. Z. Pflanzenernährung, Düngung u. Bodenkunde, 1955.
- Hofmann E. Der Enzymspiegel in Böden. Landw. Forschung, Bd. 7, Sonderheft, 1956.
- Hofmann E., Wolf E., Schmidt W. Der Sacharasegehalt der Böden unter dem Einfluß verschiedener Faktoren der Bodenfruchtbarkeit. Z. Pflanzenernährung u. Pflanzenschutz, 1953.
- Koepf H. Die biologische Aktivität des Bodens und ihre experimentelle Kennzeichnung. Z. Pflanzenernährung, Düngung u. Bodenkunde, 64, 1954a.
- Koepf H. Untersuchungen über die biologische Aktivität des Bodens, Teil I. Atmungskurven der Bodens und Fermentaktivität unter dem Einfluß von Düngung u. Pflanzenwachstum. Acker u. Pflanzenbau. V. 98, 1954b.
- Koepf H. Experimental Beitrag zur Bodenbeurteilung mittels biochemischer Reaktionen. Z. Pflanzenernährung, Düngung u. Bodenkunde, Bd. 67 (112), 1954 c.
- Kroll L. Biokemiai módszer a Talajbiológiai aktivitásának meghatározására. Agrokemia és Talajtan, Budapest, v. 2, 1958.
- Kiss St. Die Wirkung der spezifischen Enzymsubstrate (Sacharose) auf die Produktion der Bodensacharase. Z. Pflanzenernährung, Düngung u. Bodenkunde, Bd. 76 (121), 1957.
- Levan Can. Tap. San. sinh vat die hoc Tap, 8, Trang 26—29, Handi.
- Rogers H., Pearson R., Pierre W. Absorption of organic phosphorous by corn and Tomato plants and mineralizing action of exoenzyme systems of growing roots. Soil. Sci. Soc. Am. Proc., n. 5, p. 1940.
- Rogers H., Pearson R., Pierre W. The course and phosphotase activity of exoenzyme systems of corn and Tomato roots. Soil. Sci. v. 54, 1942.
- Scheffer F., Twachtman R. Erfahrungen mit Enzymmethode nach Hofmann. Z. Pflanzenernährung, Düngung u. Bodenkunde, 62, 1953.
- Seegerer H. Der Sacharasegehalt des Bodens als Masstab seiner biologischen Aktivität. Z. Pflanzenernährung, Düngung u. Bodenkunde, 1953.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Микробиологическая изученность пустынных почв Средней Азии	5
Ферментативная активность почв как диагностический показатель их плодородия	8
Содержание гумуса в пустынных почвах Каршинской степи	11
Климатические особенности, растительный и почвенный покров Каршинской степи	15
Климат	15
Растительность	17
Почвы	18
Объекты и методы исследований	21
Количественное распространение микроорганизмов в пустынных почвах Каршинской степи	25
Состав бактерий	25
Актиномицеты	32
Микроскопические грибы	33
Соотношение основных групп микроорганизмов в пустынных почвах	35
Нитрификационная способность изучаемых почв	37
Активность почвенных ферментов	40
Активность инвертазы	41
Активность каталазы	43
Активность уреазы	44
Содержание и состав гумуса в пустынных почвах Каршинской степи	45
Содержание и послойные запасы гумуса и азота	46
Групповой и фракционный состав органического вещества в пустынных почвах	47
Формы азота пустынных почв Каршинской степи	50
Фракционный состав азота	51
Выводы	61
Литература	63

Э. Г. Вухрер, М. У. Абдужалалова,
Д. Г. Махмудова, Е. М. Гойхенберг

Микробиологическая и биохимическая активность основных
пустынных почв Каршинской степи и ее роль в плодородии

Утверждено к печати Ученым советом НИИ почвоведения и агрохимии

Редактор А. В. Худякова
Технический редактор Р. К. Ибрагимова
Корректор А. В. Мамедова
ИБ № 91

Сдано в набор 11/III-77 г. Подписано к печати 14/IV-77 г. Формат 60X90¹/₃₂. Бум. тип №1. Бум. л. 2,25. Печ. л. 4,5. Уч. — изд. л. 4, 5. Изд. № Н-30. Тираж 500. Цена 68 к.
Типография издательства „Фан“ УзССР, г. Ташкент, проспект М. Горького, 79. Заказ. 55
Адрес изд-ва: г. Ташкент, ул. Гоголя, 70.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ФАН» УзССР

Находятся в печати

Е. К. Круглова и др. **Микроэлементы в почвах Ферганской и Наманганской областей.** На русском языке. 10 изд. л. Цена 76 к.

В работе приведены картосхемы, отражающие содержание микроэлементов в профилях орошаемых почв, показана эффективность микроудобрений.

Книга предназначена агрономам-почвоведом и агрохимикам.

Т. П. Глухова. **Почвенные процессы при орошении минерализованными водами.** На русском языке. 8 изд. л. Цена 60 коп.

В монографии рассматриваются процессы засоления и солонцеватости, возникающие при орошении минерализованными водами, и обосновываются требования к минерализованной воде, используемой для орошения хлопчатника.

Книга рассчитана на специалистов хлопководства, ирригации и мелиорации.

Заявки направлять по адресу:

Ташкент. 700174, ул. Камарниси, 3
Институт почвоведения и агрохимии