



ISSN 1999-740X
№ 3 (сентябрь) 2022

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ



Алматы

*Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан
НАО «Национальный аграрный научно-образовательный центр»
ТОО «Казахский НИИ почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова»*

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ

№ 3 (сентябрь) 2022

*Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан
НАО «Национальный аграрный научно-образовательный центр»
ТОО «Казахский НИИ почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова»*

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И АГРОХИМИЯ

№ 3 (сентябрь) 2022

Основан в 2007 г.

Выходит 4 раза в год

ISSN 1999-740X

Главный редактор

Б.У. Сулейменов

Редакционная коллегия:

*Ц. Абдувайли (КНР), М.А. Ибраева, С. Калдыбаев,
Р. Кизилкая (Турция), Ф.Е. Козыбаева, М.Г. Мустафаев (Азербайджан),
К.М. Пачикин (заместитель главного редактора), Э. Сальников (Сербия),
З.А. Туkenова (ответственный секретарь),
С.Н. Аbugалиева (компьютерная верстка)*

Журнал зарегистрирован в Министерстве культуры и информации Республики Казахстан. Свидетельство о регистрации № 8457 ЭК от 18.06.2007 и перерегистрации № 9898-Ж от 11.02.2009 г.
Входит в Казахстанскую базу цитирования (КазБЦ) и Российскую базу данных научного цитирования (РИНЦ). Размещен в научной электронной библиотеке <https://elibrary.ru>, электронной библиотеке <https://cyberleninka.ru>, на сайте института <https://soil.kz>

E-mail: kz.soilscience@gmail.com

Адрес редакции: 050060, Алматы, пр. аль-Фараби, 75 В

СОДЕРЖАНИЕ

Плодородие почв

Т. Тураев, О. Жаббаров, У. Нурматов Агрохимические и физико-химические свойства орошаемых лугово-такрырных почв Навбахорского района Навоийской области	5
Т. Тураев, О. Жаббаров, Э. Мавлонов Солончаковые почвы и перспективные резервы их освоения	11
Б.Б. Алиева Гумусное состояние серо-коричневых (каштановых) почв и его взаимосвязь с некоторыми биологическими факторами	19

Биология почв

М.А. Ибраева, А.И. Сулейменова, Т.Р. Сундет Накопление растительных остатков и их влияние на гумусное состояние почв рисово-люцернового севооборота	26
--	----

Экология почв

L.M. Kalimoldina, G.S. Sultangazieva, M.Sh. Suleimenova Contamination of soils with heavy metal in the urban area of Almaty.....	38
---	----

Агрохимия

Е.В. Мамыкин, Я.П. Наздрачѐв, П.Е. Назарова Влияние агроклиматических условий вегетационного периода на урожайность яровой мягкой пшеницы и вынос элементов питания	46
--	----

Обзорная статья

Ф.Д. Микаилсой Влияние высоких концентраций субстрата на каталазной реакции в суглинистой почве (провинция Ыгдыр, Турция).....	60
---	----

Молодые ученые

К. Ж. Нұрланқызы Мұнаймен ластанудың топырақ-өсімдік жүйесіне экологиялық әсері	87
--	----

Юбилей

Козыбаева Фарида Есенкожановна	98
---	----

CONTENT

Soil fertility

- T. Turaev, O. Zhabbarov, U. Nurmatov** Agrochemical and physicochemical properties of irrigated meadow-takyr soils lower reaches of the Zarafshan river5
- T. Turaev, O. Zhabbarov, E. Mavlonov** Salt marsh soils and promising reserves of their development.....11
- B.B. Aliyeva** Humus state of gray-brown (chestnut) soils and its interrelation with some biological factors19

Soil biology

- M.A. Ibrayeva, A.I. Suleimenova, T.R. Sundet** Accumulation of plant residue and their influence on the humus condition of soils of rice-lucern croptation26

Soil ecology

- L.M. Kalimoldina, G.S. Sultangazieva, M.Sh. Suleimenova** Contamination of soils with heavy metal in the urban area of Almaty38

Agrochemistry

- E.V. Mamykin, Ya.P. Nazdrachev, P.E. Nazarova** Influence of agroclimate conditions of the vegetation period on yield of spring soft wheat and removal of nutrition elements46

Review

- F.D. Mikailsoy** Influence of high substrate concentrations on catalase reaction in loam soil (Ygdir province, Turkey)60

Young scientists

- ZH.N. Karimova** Ecological effects of oil on soil-plant system conclusion87

Anniversary

- Kozybayeva Farida Yesenkozhanovna**98

ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ

ГРНТИ: 68.05.29

<https://doi.org/10.51886/1999-740X.2022.3.5>Т. Тураев^{1*}, О. Жаббаров¹, У. Нурматов¹**АГРОХИМИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОРОШАЕМЫХ
ЛУГОВО-ТАКЫРНЫХ ПОЧВ НАВБАХОРСКОГО РАЙОНА НАВОИЙСКОЙ
ОБЛАСТИ**

¹ГУП «Аналитический центр качества, состава и репозиторий почв», 100097, Ташкент, ул. Чопонота, квартал «Ц», Узбекистан, e-mail-uz@mail.ru

Аннотация. В статье приведены агрохимический и физико-химический состав, поглощительная способность, состав водорастворимых солей, карбонатность орошаемых лугово-такырных почв Навбахорского района Навоийской области. Результаты исследования показали, что в профиле орошаемых лугово-такырных почв встречаются выделения оксидов железа, что свидетельствует о более ранней, гидроморфной стадии этих почв. Орошаемые лугово-такырные почвы содержат 0,95-1,12 % гумуса, с глубиной количество его резко падает до 0,66 %. Количество азота в верхних горизонтах колеблется от 0,06 до 0,08 %, распределение его по всему профилю почв равномерное. Подвижными формами фосфора почвы средние и повышено обеспечены. Содержание его в пахотном горизонте варьирует в пределах 50-60 мг/кг почвы. Обеспеченность подвижным калием средняя - 209,0-260,1 мг/кг почвы. Емкость поглощения в орошаемых лугово-такырных почвах колеблется по горизонтам в пределах 7,8 мг/экв на 100 г почвы. В составе поглощенных оснований преобладают катионы магния (Mg), которые составляют 41,7-57,0 %, затем идет кальций (Ca) - 36,7-53,3 %, калий (K) - 4,5-5,3 % и натрий (Na) - 0,3-1,0 % от суммы поглощенных оснований. В староорошаемых лугово-такырных почвах отмечена магниевая солонцеватость. Данные почвы высоко карбонатные, обладают довольно высокой влагоёмкостью и слабой водопроницаемостью, склонны к коркообразованию.

Ключевые слова: тип, подтип, олуговение, вид, долина, передгорья, террасы, коркообразование, ёмкость поглощения, поглощенные основания, поглощительная способность.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение агрохимических и физико-химических свойств орошаемых лугово-такырных почв предназначено для уточнения изменений в почвенном покрове под влиянием агротехнических и мелиоративных мероприятий для качественной характеристики земельного фонда района, осуществления мероприятий по использованию земель и повышению их производительной способности, а также для обоснования схем комплексного использования, охраны земельных и водных ресурсов.

Предметом исследований являются агрофизические, агрохимические данные и плодородие почв, механический состав и содержание питательных элементов.

Научная новизна исследований заключается в определенных изменениях агрофизических, агрохимических свойств почв.

Целью исследований являлось определение агрофизических, агрохимических свойств орошаемых лугово-такырных почв и характеристика состояния плодородия и их эффективного использования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являлись орошаемые лугово-такырные почвы, расположенные в северо-западной части Навоийской области Навбахорского района. Исследования проводились по общепринятым в почвоведении стандартным методикам в полевых, лабораторных и камеральных условиях,

химические анализы проводились в лаборатории с международной сертификацией ISO в области почвоведения, в частности отбор проб почвы, хранение, и проведение лабораторных опытов проводились на основе Межгосударственного стандарта ГОСТ: 17.4.3.01–83, изучение свойств почв с деградировавшим верхним слоем на основе Межгосударственного стандарта ГОСТ: 17.4.2.02–83, содержание кальция и магния в почвах на основе Межгосударственного стандарта ГОСТ 26428-85, экспресс-метод содержания гипса, водная вытяжка, pH-среда по ГОСТ 26423-85, содержание гумуса по ГОСТ 26213-91, гранулометрический состав почвы определен на основании государственного стандарта O`zDSt 817-97. [1-5]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Природные условия территории Навбахорского района в климатическом отношении относятся к зоне, занимающей промежуточное положение между климатом пустынь и климатом подгорных равнин. Характерным для данной зоны является резкая континентальность климата, малое количество атмосферных осадков и неравномерное распределение их в течение года, большая сухость воздуха в летнее время, сезонная контрастность.

Температурный режим характеризуется высокими среднегодовыми температурами и резким колебанием их в суточном и годовом ходе. Амплитуда колебаний температур в течение года составляет +13,9 градусов.

Максимальная температура летом (июль) +44 градуса, минимальная зимой (январь) - 24 градуса. Годовое количество осадков в среднем составляет 120 мм, причём максимум их приходится к зимне-весеннему периоду. Летом дождей практически не бывает. В целом обилие солнечных дней, большая продолжительность безморозного периода и оптимальный термический

режим в условия орошаемого земледелия благоприятен для выращивания всех культур хлопково-люцернового севооборота.

Рельеф и грунты. По литолого-геоморфологическому строению территория подразделяется на следующие районы:

- низкие горы и предгорья;
- предгорная слабо покатая равнина долины реки Зарафшан;
- логообразный прогиб плато Автобачи.

Поверхностные и грунтовые воды. Источником питания грунтовых вод служат поток с окружающих гор и предгорий, потоки по долине реки Зарафшан, а также поверхностные воды, слагающиеся из ирригационных вод каналов, сбросных, проливных и поливных вод. Атмосферные осадки, в связи с их малым количеством, существенного значения не имеют. Расход грунтовых вод осуществляется за счет испарения и транспирации. Каждый геоморфологический район имеет свой гидрологический режим, 1-й и 2-й геоморфологические районы характеризуются глубоким залеганием грунтовых вод > 10 м.

На процесс почвообразования они влияния не оказывают. Здесь формируются лугово-такырные почвы. Грунтовые воды на территории района повсеместно в различной степени минерализованы. Засоление почв прямо зависит от минерализации грунтовых вод, причём степень их минерализации на одну градацию выше, чем степень засоления почв. Химизм грунтовых вод носит пёстрый характер. Преобладающий тип минерализации - сульфатный.

В соответствии с описанными выше климатическими, геоморфологическими и гидрогеологическими условиями на территории района получили развитие лугово-такырные почвы. Тип орошаемых лугово-такырных почв в пределах района представлен одним подтипом - орошаемые лугово-такырные почвы.

По признаку лугово-такрырные почвы относятся к засоленным, периодически промываемым. Тип засоления - сульфатный и хлоридно-сульфатный. Разделение на виды производится по степени и химизму засоления. Орошаемые лугово-такрырные почвы занимают повышения II-террасы, при глубине залегания грунтовых вод 3-5 м.

Это переходные почвы, переживающие стадию олуговения. В верхней части профиля они сохранили признаки такыровидных почв: светло-серый, монотонный, довольно однородный по гранулометрическому составу гумусовый горизонт и под гумусовой частью, без какого-либо подразделения на генетические почвенные горизонты.

Таблица 1 - Состав водной вытяжки орошаемых лугово-такрырных почв (в % к воздушно-сухой почве)

Разрез	Глубина, в см	Сухой остаток	Щелочность		Cl'	SO ₄ ''	Примечание
			От норм CO ₃ '	Общая от HCO ₃ '			
451	0-23	0,310	-	0,029	0,034	0,141	Слабозасоленные
	23-34	0,110	-	0,046	0,007	0,034	Незасоленные
	34-65	0,166	-	0,035	0,007	0,031	-//-
	65-100	0,258	-	0,032	0,010	0,111	Слабозасоленные
	100-120	0,190	-	0,034	0,017	0,087	Незасоленные
	120-135	0,154	-	0,032	0,007	0,085	-//-

Признаки оглеения обнаруживаются с глубины более 1 метра. Орошаемые лугово-такрырные почвы характеризуются невысоким содержанием гумуса в пахотном горизонте 0,95-1,12 %, уменьшаясь с глубиной. По запасам гумуса эти почвы относятся к средним. В слое 0-50 см запасы его составляют 59,2-74,5 т/га. Содержание азота соответственно гумусу также невысокое. Соотношение C:N - 7-9. Подвижными формами фосфора средне и повышенно обеспечены. Содержание фосфора в пахотном горизонте варьирует в пределах 50-60 мг/кг почвы. Обеспеченность подвижным калием средняя - 209,0-260,1 мг/кг почвы (таблица 2).

Ёмкость поглощения в орошаемых лугово-такрырных почвах колеблется по горизонтам в пределах 7,8 мг/экв на 100 г почвы. В составе поглощённых оснований преобладают катионы магния (Mg), которые составляют 41,7-57,0 %, затем кальций (Ca) - 36,7-53,3 %, калий (K) - 4,5-5,3 % и натрий (Na) 0,3-1,0 % от суммы поглощённых оснований (таблица 3). В ста-

роорошаемых лугово-такрырных почвах отмечена магниевая солонцеватость. Величина ёмкости поглощения зависит от гранулометрического состава почв и содержания гумуса. Данные почвы в основном среднесуглинистые, по профилю наблюдается чередование средних и тяжёлых суглинков.

В гранулометрическом составе тяжелосуглинистых почв преобладают пылеватые фракции, причем в верхнем горизонте содержание крупной, средней и мелкой пыли выражается близкими величинами: 17,2; 24,4; 21,4 %. Ила содержится 17,0 %. Песчаные частицы: крупный и средний песок - (0,25 и 0,25-0,1 мм) - 0,3 и 2,20 % в верхнем горизонте, мелкий песок (0,1-0,05 мм) - 26,10 %. Высокая пылеватость почв и грунтов определяет их большую влагоёмкость. Большое содержание крупной пыли и песка определяет высокую подвижность влаги и растворимых в ней питательных веществ, вследствие хороших капиллярных свойств. Лучшими почвами являются среднесуглинистые лугово-такрырные почвы,

Таблица 2 - Агрохимическая характеристика орошаемых лугово-такрырных почв

№ разре- за	Глубина, см	%					мг/кг		В слое	Содержание в т/га		C:N	SO ₄ , %	CO ₂ , %
		Гумус	Азот	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅	K ₂ O		Гумус	Азот			
374	0-27	1,12	0,07	0,16	1,32	50,0	260,1		0-30	46,5	3,4	9,0	-	8,40
	27-53	1,01	0,06	0,15	1,37	27,5	233,6		0-50	74,5	5,1	9,0	-	8,32
376	0-28	0,95	0,08	0,14	1,30	60,0	209,5		0-30	39,5	4,0	7,0	0,057	8,33
	28-40	0,82	0,07	0,14	1,40	31,7	199,8		0-50	59,2	-	7,0	0,030	7,48
	40-67	0,66	-	0,10	1,20	-	-	-		-	-	-	-	8,22
	120-150	-	-	0,11	1,20	-	-	-		-	-	-	-	8,65

Таблица 3 - Емкость поглощения и состав поглощённых оснований орошаемых лугово-такрырных почв

№ разре- за	Глубина, см	Мг/экв. на 100 г почвы				Сумма по- глощения оснований	В % от суммы поглощённых оснований				Емкость поглоще- ния
		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	
376	0-28	2.59	4.03	0.38	0.09	7.09	36.7	57.0	5.3	1.0	7.78
	28-40	3.59	3.62	0.38	0.04	7.63	47.0	47.4	5.3	0.3	7.78
	40-67	2.99	3.78	0.31	0.04	7.12	53.3	41.7	4.5	0.5	7.78

Таблица 4 - Результаты гранулометрического анализа орошаемых лугово-такрырных почв

Раз- рез, №	Глубина, см	Вес фракции, в %								Гранулометриче- ский состав
		>0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	< 0,01	
1	0-30	0,6	2,20	26,10	29,60	16,20	14,50	10,80	41,50	Средний суглинок
	30-44	0,1	2,48	15,60	45,84	10,11	16,55	9,33	35,99	
	44-71	0,20	1,67	20,78	42,95	9,80	15,60	9,00	34,40	
	71-100	0,19	1,04	9,65	35,00	15,46	25,26	13,40	54,12	Тяжелый суглинок
	100-130	0,31	0,29	7,48	34,87	10,83	24,12	22,10	48,05	
	130-160	0,13	0,20	9,38	32,12	10,45	22,37	22,35	46,17	

обладают довольно высокой влагоёмкостью и слабой водопроницаемостью, склонны к коркообразованию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведённых исследований позволили заключить, что содержание гумуса в орошаемых луговотакырных почв составляет 0,95 - 1,12 %. В пахотном горизонте содержание азота невысокое.

Подвижными формами фосфора почвы средне и повышено обеспечены. Содержание его в пахотном горизонте 50-60 мг/кг почвы. Обеспеченность подвижным калием средняя 209-260 мг/кг

почвы. Ёмкость поглощения невысокая и составляет 7,78 мг/экв. на 100 г почвы. В составе поглощённых оснований преобладает катион магния 41,7 % по профилю. Повышенное содержание магния вызывает в почве явления близкие к солонцеватости. По гранулометрическому составу почвы – среднесуглинистые. По профилю наблюдается чередование средних и тяжёлых суглинков. Для улучшения водно-физических свойств данных почв необходимо применять пескование, соблюдать севооборот и вносить органические и минеральные удобрения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. ГОСТ. 26205-912. - С. 1-8.
- 2 Инструкция к методу «Почвы. Определение органического вещества» «Определение органического вещества по методу Тюрина» ГОСТ.26213-91. - С. 1-3.
- 3 Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. ГОСТ.26951-86 - С. 1-7.
- 4 Методы агрохимических анализов почв и растений Средней Азии. (издание 5-е дополненное). - Ташкент, 1977. - С. 152-156.
- 5 Методы лабораторного определения гранулометрического и микроагрегатного состава OzDSt 817-97. - С. 1-23.

REFERENCES

- 1 Pochvy. Opredeleniye podvizhnykh soyedineniy fosfora i kaliya po metodu Machigina v modifikatsii TsINAО. GOST. 26205-912. - S. 1-8.
- 2 Instruksiya k metodu «Pochvy. Opredeleniye organicheskogo veshchestva» «Opredeleniye organicheskogo veshchestva po metodu Tyurina» GOST.26213-91. - S. 1-3.
- 3 Pochvy. Opredeleniye nitratov ionometricheskim metodom. GOST.26951-86 - S. 1-7.
- 4 Metody agrokhimicheskikh analizov pochv i rasteny Sredney Azii. (izdaniye 5-e dopolnennoye). - Tashkent, 1977. - S. 152-156.
- 5 Metody laboratornogo opredeleniye granulometricheskogo i mikroagregatnogo sostava OzDSt 817-97. - S. 1-23.

ТҶҲҲН

Т. Тураев^{1*}, О. Жаббаров¹, У. Нурматов¹

ЗАРАФШАН ӨЗЕНІНІҢ ТӨМЕНГІ АҒЫСЫНДАҒЫ СУАРМАЛЫ ШАЛҒЫНДЫ-ТАҚЫР
ТОПЫРАҚТАРДЫҢ АГРОХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

¹МУК «Топырақтың сапасын, құрамын және репозиторийін талдау
орталығы», 100097, Ташкент, Чопонота к-сі, "Ц" кварталы, Өзбекстан,
e-mail-uz@mail.ru

Мақалада Зарафшан өзенінің төменгі ағысындағы суармалы шалғынды-тақыр топырақтардың агрохимиялық және физикалық-химиялық қасиеттері, сіңіру қабілеті, суда еритін тұздардың құрамы, карбонаттылығы көрсетілген. Зерттелген нәтижелер

суармалы шалғынды-тақыр топырақ бейінінде темір оксидінің бөлінуі кездесетінін көрсетті, бұл осы топырақтың ерте, гидроморфты сатысын көрсетеді. Суармалы шалғынды-тақыр топырағында қарашіріктің 0,95-1,12 % - ы бар, қарашірік төменгі жағына қарай күрт 0,66 % - ға дейін төмендейді. Азот жоғарғы горизонттарда 0,06-дан 0,08 % - ға дейін ауытқиды, оның құрамы топырақтың бүкіл профилі бойынша біркелкі бөлінеді. Фосфордың жылжымалы формалары орташа және жоғары деңгейде қамтамасыз етілген. Оның егістік горизонттағы құрамы 50-60 мг/кг топырақ шегінде өзгереді. Жылжымалы калиймен қамтамасыз ету орташа 209,0-260,1 мг/кг. Суармалы шалғынды-тақыр топырақтағы сіңіру сыйымдылығы көкжиектер бойынша 7,8 мг/экв шегінде ауытқиды. 100 г топырақ үшін. Кесілген негіздердің құрамында магний катиондары (Мд) басым, ол 41,7-57,0 %-ды құрайды, содан кейін кальций (Ca) 36,7-53,3 %-ды, калий (K) 4,5-5,3 %-ды және натрий (Na) сіңірілген негіздер сомасының 0,3-1,0 %-ын құрайды. Ескі суарылатын шалғынды-тақыр топырақтарда магний сортаңдығы пайда болады, олар жоғары карбонатты. Бұл топырақтар ылғалдың жоғары сыйымдылығына және судың төмен өткізгіштігіне ие және қыртыстың пайда болуына бейім.

Түйінді сөздер: тип, кіші тип, қалайы, түрі, аңғар, тау бөктері, террасалар, қыртыстың пайда болуы, сіңіру қабілеті, сіңірілген негіздер, сіңіру қабілеті.

SUMMARY

T. Turaev^{1*}, O. Zhabbarov¹, U. Nurmatov¹

AGROCHEMICAL AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF IRRIGATED MEADOW-TAKYR SOILS LOWER REACHES OF THE ZARAFSHAN RIVER

¹Soil composition and repository, quality analysis center SUE, 100097, Tashkent, Choponota str., «C» quarter Uzbekistan, e-mail-uz@mail.ru

The article presents data on the content of agrochemical and physico-chemical, absorption capacity, composition of water-soluble salts, carbonate content of irrigated meadow-takyr soils in the lower reaches of the Zarafshan River. The article highlights the agrochemical, physicochemical properties of irrigated meadow-takyr soils of the lower flowing river. Zarafshon. The results of the study showed that in the profile of irrigated meadow-takyr soils there are excretions of iron oxides, which indicates an earlier, hydromorphic stage of these soils. Irrigated meadow-takyr soils contain 0.95-1.12 % humus, to the bottom the amount of humus drops sharply to 0.66 %. Nitrogen in the upper horizons fluctuates 0.06-0.08 %, its content is evenly distributed throughout the soil profile. Mobile forms of phosphorus are average and increased-provided. Its content in the arable horizon varies within 50-60 mg/kg of soil. The availability of mobile potassium is average 209.0 - 260.1 mg/kg of soil. Absorption capacity in irrigated meadow-takyr soils varies across horizons within 7.8 mg/eq. per 100 grams of soil. The composition of the absorbed bases is dominated by magnesium (Mg) cations, which is 41.7-57.0 %, then calcium (Ca) is 36.7-53.3 %, potassium (K) is 4.5-5.3% and sodium (Na) 0.3-0 % of the sum of absorbed bases. The absorbed bases are dominated by magnesium (Mg) cations, which is 41.7-57.0 %, then calcium (Ca) is 36.7-53.3 %, potassium (K) is 4.5-5.3 % and sodium (Na) 0.3-0 % of the sum of absorbed bases. In the old irrigated meadow-takyr soils occurs magnesium alkalinity is highly carbonate. These soils have a rather high moisture capacity and low water permeability, slopes to crust formation.

Key words: type, subtype, meadows, species, valley, foothills, terraces, crusting, absorption, capacity, absorbed bases, absorption capacity.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1 Тураев Тозибой, научный руководитель, e-mail: sitoraboltayeva98@gmail.com

2 Жаббаров Одил Абдималикович, генеральный директор,
e-mail: soil-uz@mail.ru

3 Нурматов Уткир Хушмаматович, ведущий специалист,
e-mail: utkirnurmatov060@gmail.com

ГРНТИ: 68.05.29

<https://doi.org/10.51886/1999-740X.2022.3.11>**Т. Тураев^{1*}, О. Жаббаров¹, Э. Мавлонов¹****СОЛОНЧАКОВЫЕ ПОЧВЫ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РЕЗЕРВЫ ИХ ОСВОЕНИЯ**

¹ГУП «Аналитический центр качества, состава и репозиторий почв», 100097, Ташкент, ул. Чопонота, квартал «Ц», Узбекистан, e-mail-uz@mail.ru

Аннотация. В статье приведены агрофизические, агрохимические, водно-физические данные солончаковых почв Кашкадарьинской области. Результаты исследований показали, что содержание солей в солевой корке достигает 30,3 % по плотному остатку. В составе водорастворимых солей преобладают сульфаты магния. В нижних горизонтах распределение солей почти равномерное и количество их составляет 4-5 % при повышенном содержании хлора (0,8-1,2 %). Почвообразующими породами для солончаковых почв служат в основном речные террасы и дельты на пролювии подгорных равнин, эллювии коренных пород плато. Сущность солончакового процесса заключается в сильном засолении всей почвенно-грунтовой толщи с максимумом накопления солей в верхней его части, где они образуют пухляк или корку. Количество гумуса в солевом горизонте колеблется в очень широких пределах от 0,7 до 1,4 %. Мощность гумусового горизонта варьирует от 3 до 59 см. По гранулометрическому составу солончаки неоднородны, они делятся на лёгкие, песчаные и суглинистые почвы. Для солончаковых почв характерна низкая ёмкость поглощения, которая достигает 9 мг/экв на 100 г почвы. В составе поглощённых оснований преобладают щелочно-земельные металлы (Mg составляет 82,8 % от суммы поглощенных оснований, Ca - 6,2 %, K - 5 % и Na - 6,0 %).

Ключевые слова: солончаки пухлые, солончаки корковые, объёмный вес, дельта реки, плато, засоление почв, эллювиальные отложения, гумус, содержание гипса.

ВВЕДЕНИЕ

Сельское хозяйство Кашкадарьинской области развивается в соответствии с задачами и направлением сельского хозяйства республики Узбекистан. Общая площадь 2856,799 тыс. га, что составляет 7 % от всей площади республики. Важнейшей основой для развития сельского хозяйства является структура и качество земельных угодий и их рациональное использование.

В Кашкадарьинской области сдерживающей причиной развития производительных сил является недостаток воды для области; из общей площади сельскохозяйственных угодий, большая часть – около 79 % занята пастбищами. Около 65 % из них находится в пустынной зоне и используется для выпаса овец. Наряду с разрешением водной проблемы Кашкадарьинская область обладает большими резервами освоения новых земель.

Предметом исследований являлись агрофизические, агрохимические, водно-физические свойства солончаковых почв, содержание в них питательных элементов.

Научная новизна исследований заключается в определенных изменениях агрофизических, агрохимических и водно-физических свойств солончаковых почв.

Цель – определение мероприятий по сохранению и воспроизводству плодородия солончаковых почв, распространённых в Кашкадарьинской области. Предложить рекомендации по улучшению мелиоративного состояния солончаковых почв, по предотвращению процессов, негативно влияющих на плодородие почв и их эффективное использование в перспективе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследований явились солончаковые почвы. Исследования проводились по общепринятым в

почвоведении стандартным методикам в полевых, лабораторных и камеральных условиях, химические анализы проводились в лаборатории с международной сертификацией ISO в области почвоведения, в частности отбор проб почвы, хранение и проведение лабораторных анализов проводились на основе Межгосударственного стандарта ГОСТ: 17.4.3.01-83, изучение свойств почв с деградировавшим верхним слоем почвы на основе Межгосударственного стандарта ГОСТ: 17.4.2.02-83, содержание кальция и магния в почвах на основе Межгосударственного стандарта ГОСТ 26428-85, Водная вытяжка по ГОСТ 26423-85, содержание гумуса по ГОСТ 26213-91, гранулометрический состав почвы определен на основании государственного стандарта О'zDSt 817-97. [1-5].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Почвенный покров пустынных низменных равнин представлен сложным сочетанием серо-бурых, takyрных, пустынно-песчаных почв, солончаков и takyров. Они занимают обширные земельные массивы низовий Кашкадарьи, значительно превышающие её оросительную мощность, поэтому большая часть земель не орошается и использу-

ется под пастбища. В связи с положением занимаемой зоны (низовье), а именно особенностями грунтов и очень сухим климатом, здесь широко развит процесс засоления. Все почвы в той или иной степени засолены, и нередко солонцеватые.

Пустынно-солончаковые почвы делятся на два подтипа: солончаки луговые и солончаки типичные. В первом случае соленакопление сочетается с процессом олуговения, который, однако ослаблен вследствие засоления грунтовых вод. Образуются типичные солончаки с очень высоким соленакоплением. Они составляют большую и разнообразную группу, включающую солончаки пухлые, корково-пухлые, корковые и влажные.

В результате вторичного засоления takyров и серозёмов образуются takyрные и серозёмные солончаки (почвы переходные от солончаков к takyрам и серозёмам). При высыхании бессточных соленых озёр образуются шоры - лишённые растительности днища впадин с солевыми выцветами и корками. Солевой состав солончаков различен. Наиболее распространены сульфатно-хлоридные и хлоридно-сульфатные солончаки (таблица 1).

Таблица 1 - Состав водной вытяжки солончаковых почв (в % к воздушно сухой почве)

Разрез	Глубина, в см	Сухой остаток	Щелочность		Cl'	SO ₄ ''	Примечание
			От норм CO ₃ '	Общая от HCO ₃ '			
57	0-3	30,30	-	0,102	0,530	19,610	Солончак
	3-10	3,990	-	0,027	0,260	2,311	-
	10-38	4,194	-	0,019	0,877	0,686	-
	38-59	4,440	-	0,018	1,155	1,580	-
	59-89	4,802	-	0,018	1,059	1,939	-
	120-150	4,372	-	0,015	0,822	1,875	-
517	0-24	2,794	-	0,030	0,394	1,284	-
	24-37	2,912	-	0,024	0,405	1,318	-
	37-69	2,769	-	0,018	0,394	1,268	-
	69-100	2,026	-	0,022	0,184	1,003	-
	100-129	1,612	-	0,032	0,068	0,876	-

Плоские замкнутые понижения периферии конусов и древней дельты заняты солончаками. Наиболее широко распространены они в Касанском районе, выделены в Каршинском и очень незначительная площадь в Гузарском районах. Хотя солончаки и различны по генезису (типичные, луговые, болотные, остаточные) и литолого-геоморфологическим условиям (на аллювии речных террас и дельты на пролювии подгорных равнин, на эллювии коренных пород плато), их объединяет необеспеченность стока минерализованных грунтовых вод и засоленность.

Сущность солончакового процесса заключается в сильном засолении всей почвенно-грунтовой толщи с максимумом накоплений солей в верхней его части, где они образуют пухляк или корку. Содержание солей в солевой корке достигает 30,3 % по плотному остатку, в составе водорастворимых солей преобладают сульфаты магния.

В нижних горизонтах распределение солей почти равномерное и количество их составляет 4-5 % при повышенном содержании хлора (0,8-1,2 %). Подтянутость легкорастворимых солей к поверхности почвы

свидетельствует о стадии прогрессивного засоления (таблица 1). При распаивании солончаков и их орошении, характер распределения солей проявляется на всю глубину почвенно-грунтового профиля.

Количество гумуса в солевом горизонте колеблется в очень широких пределах от 0,7 до 1,4 %. Мощность гумусового горизонта варьирует от 3 до 59 см. Обеспеченность гумусом в зависимости от гранулометрического состава различна. Обычно легко-суглинистые почвы содержат меньше запасов гумуса, чем средне- и тяжелосуглинистые. Объясняется это их водно-физическими свойствами. Они хорошо водо- и воздухопроницаемые, рыхлого сложения.

При хорошей аэрации процессы минерализации органических веществ идут интенсивнее, вследствие чего гумуса в почвах накапливается очень мало. В легкосуглинистых почвах, в полуметровом слое содержится всего 29,7 т/га гумуса и 2,4 т/га азота (таблица 2). В верхнем 10 см слое почвы подвижного фосфора - 8,0-11,7 мг/кг, книзу его содержание постепенно уменьшается. Обеспеченность обменным калием - низкая.

Таблица 2 - Основные показатели агрохимических свойств солончаковых почв

№ разреза	Глубина в см	В %			В мг/кг		Запасы, т/га		
		гумус	азот	фосфор	K ₂ O	P ₂ O ₅	в слое	гумус	азот
57 целинные	0-3	1,6	0,103	0,135	132,6	8,0	0-30	20,5	1,6
	3-10	0,8	0,075	0,137	156,6	11,7	0-50	29,7	2,4
	10-38	0,6	0,075	0,135	139,8	10,7	-	-	-
	38-59	0,5	0,042	0,145	-	7,8	-	-	-
517 орошаемые	0-24	0,7	0,078	0,120	77,1	5,5	0-30	11,3	0,9
	24-37	1,4	0,054	0,102	139,8	Следы	0-50	11,9	1,4
	37-69	-	-	-	120,0	-	-	-	-

Солончаковые почвы делятся на лёгкие, песчаные и суглинистые. По профилю наблюдается слоистость с чередованием лёгких, суглинистых и песков. В гранулометрическом составе

лёгкосуглинистых почв преобладают пылеватые фракции, причём содержание крупной, средней и мелкой пыли выражается разными величинами: 39,9; 22,6; 8,0 в верхнем горизонте

(таблица 3, рисунок 1). В гранулометрическом составе данных почв ила содержится 4,5 %, песчаных частиц: крупного и среднего песка (частицы диаметром 0,25 и 0,25-0,1 мм) - 6,2-11,5 % в верхнем горизонте, мелкого песка (0,1-0,05 мм) - 39,9 %.

Высокая пылеватость почвогрунтов определяет их большую влагоемкость. Большое содержание крупной пыли и песка определяет высокую мобильность влаги и растворимых в ней питательных веществ, вследствие хороших капиллярных свойств. Соотношение частиц в легкосуглинистых почвах совершенно другое.

Здесь преобладают частицы мелкого песка (0,1-0,05 мм) 39,9 % и крупной пыли (0,05-0,01 мм) 22,6 %. Крупного и среднего песка, а также средней пыли содержится примерно одинаковое количество, соответственно, 11,5; 6,2; 8,0 % в верхнем горизонте. Илстых частиц (0,001 мм) содержится незначительное количество - 4,5 %.

Агрофизические свойства солончаков могут быть рассмотрены на

примере физической точки N-8 (Каршинская степь). Объёмный вес верхней части профиля колеблется в пределах 1,27-1,34 г/см³, в нижней полуметровой - 1,40-1,47 г/см³ причём, наиболее уплотнены глинистые и тяжелосуглинистые прослои (таблица 4).

Солончаковые почвы характеризуются высокой влажностью по всему профилю, за исключением верхних горизонтов, близко к данным полевой влагоемкости. Близко залегающие грунтовые воды обуславливаются полно капиллярным насыщением нижней (70 см) части почвенно-грунтовой толщи (таблица 4).

Водопроницаемость солончаков невысокая - 7,7 мм/час. Солончаки подгорных равнин и дельты постепенно вводятся в сельскохозяйственный оборот, но освоение их связано с очень сложными мелиорациями [6].

Для солончаковых почв характерна низкая ёмкость поглощения, которая достигает 9 мг/экв на 100 г почвы.

Таблица 4 - Основные показатели водно-физических свойств солончаков

№ разреза	Глубина, см	Объёмный вес, г/см ³	Запас естественной влаги		Полная поливная влагоемкость	
			% к объёму	м ³ /га	% к объёму	м ³ /га
8	0-10	1,27	6,19	61,9	35,63	356,3
	10-20	1,30	18,78	187,8	35,25	352,5
	20-30	1,34	24,72	247,2	37,41	374,1
	30-40	1,34	26,58	265,8	35,01	350,1
	40-50	1,34	24,06	240,6	23,64	236,4
	50-60	1,34	24,09	240,9	37,25	372,5
	60-70	1,40	27,55	275,5	38,55	385,5
	70-80	1,40	26,89	268,9	39,06	390,6
	80-90	1,41	38,19	381,9	40,55	405,5
	90-100	1,41	38,70	387,0	39,70	397,0
	100-110	1,43	38,25	382,5	39,25	392,5
	110-120	1,46	36,52	365,2	37,91	379,1
	120-130	1,47	40,20	402,0	39,14	391,4
	130-140	1,43	39,78	397,8	35,14	351,4
	140-150	1,44	36,24	362,4	36,87	368,7

Таблица 3 - Результаты анализа механического состава солончаковых почв

№ разрез	Глубина, см	Содержание фракции в % на абсолютно сухую почву							Физи- ческая глина	механический состав
		0-25	0,25- 0,1	0,1- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	>0,001		
93	0-15	11,5	6,2	39,9	22,6	8,0	8,3	4,5	20,8	Лёгкий суглинок
	30-43	10,52	7,0	35,7	25,8	3,8	12,0	5,2	21,0	
	43-54	23,7	14,4	31,5	19,3	2,2	5,0	3,9	11,0	Супесь
	54-70	21,0	7,5	28,8	27,4	4,3	5,1	5,9	15,3	
	70-100	15,1	4,1	46,9	25,4	1,9	3,2	3,2	8,3	Песок связный
	100-125	9,8	3,2	50,2	31,3	1,7	1,8	2,0	5,5	

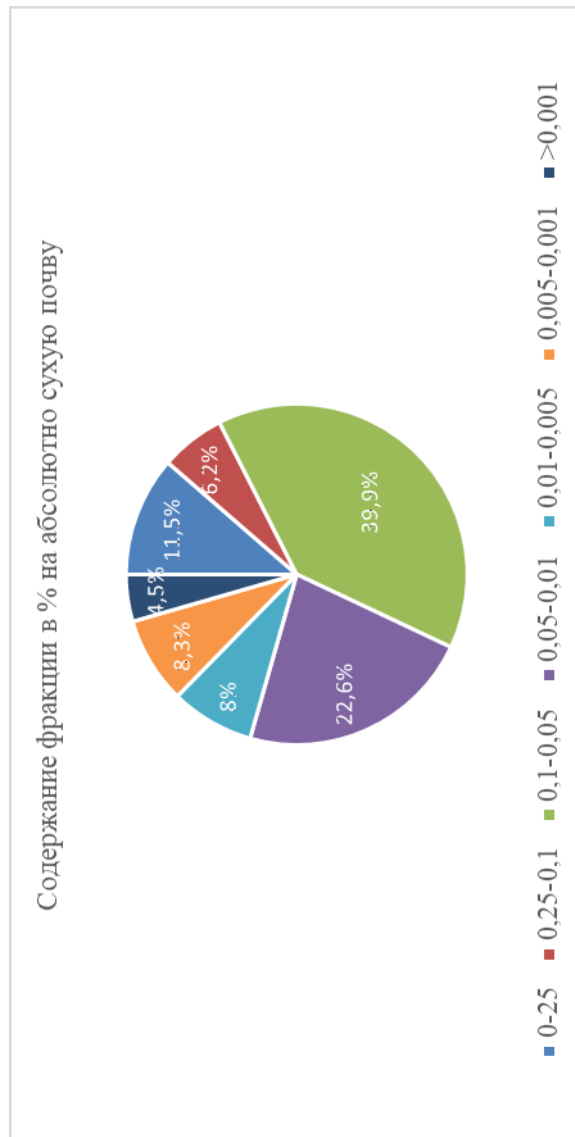


Рисунок 1 - Содержание фракции в % на абсолютно сухую почву в верхнем горизонте

В составе поглощённых оснований преобладают щелочно-земельные металлы (Mg составляет 82,8 % от суммы поглощенных оснований, на Ca приходится 6,2 %, K - 5 % и на Na - 6,0 % (таблица 5).

Таблица 5 - Состав и сумма поглощенных оснований солончаков

Глубина, см Разрез 93	мг/экв. на 100 г почвы				Сумма поглощенных оснований	% от суммы				Ёмкость поглощения
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	
0-15	0,60	7,93	0,48	0,52	9,1	6,2	82,8	5,0	6,0	9,0

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные материалы научных исследований показали, что солончаковые почвы в разной степени засолены, и нередко солонцеваты. По типу засоления сульфатно-хлоридные и хлоридно-сульфатные солончаки. Количество гумуса в солевом горизонте колеблется в очень широких пределах от 0,5 до 1,6 %. Солончаки можно отнести к группе третьей очереди освоения худших земель. Эти земли пригодны для орошения после осуществления сложных приемов с мелиораций и требуют больших капиталовложений.

Основные мероприятия по повышению плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных

культур: необходима высокая культура земледелия, своевременное использование минеральных и органических удобрений, использование высококачественных сортов семян. Правильная система обработки почвы с введением севооборота имеет большое значение в повышении урожайности сельскохозяйственных культур. Поливной режим нужно построить в зависимости от глубины залегания грунтовых вод. Мелиоративные мероприятия на почвах определяются необходимостью улучшения работы коллекторно-дренажной сети. Дрены необходимо очистить и углублять настолько, чтобы удерживать грунтовые воды в вегетационный период на глубине 2,5-3,0 м от поверхности почвы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Методы агрохимических, агрофизических и микробиологических исследований в поливных хлопковых районах (СОЮЗНИХИ). – Ташкент, 1963. - 439 с.
- 2 Межгосударственный стандарт ГОСТ: 17.4.3.01-83, изучение свойств почв с деградировавшим верхним слоем почвы на основе Межгосударственного стандарта ГОСТ: 17.4.2.02-83.
- 3 Содержание кальция и магния в почвах на основе Межгосударственного стандарта ГОСТ 26428-85.
- 4 Экспресс-метод содержания водной вытяжки, содержание гумуса по ГОСТ 26213-91.
- 5 Механический состав почвы определен на основании государственного стандарта O`zDSt 817-97.
- 6 Қашқадарё вилояти туманларидаги мавжуд фермер хўжаликлари бошқа ердан фойдаланувчилари суғориладиган ер майдонларининг тупроқ харитасини тузиш ва тупроқ сифатини баҳолаш ишларига тушунтириш хати. “Тупроқ таркиби ва репозиторийси сифат таҳлил маркази” ДУК. – Тошкент, 2012. С. 5-12.

REFERENCES

- 1 Metody agrokhimicheskikh, agrofizicheskikh i mikrobiologicheskikh issledovaniy v polivnykh khlopkovykh rayonakh (SOYuZNIKhI). – Tashkent, 1963. – 439 s.
- 2 Mezhgosudarstvenny standart GOST: 17.4.3.01-83, izucheniye svoystv pochv s degradirovavshim verkhnim sloyem pochvy na osnove Mezhhgosudarstvennogo standarta GOST: 17.4.2.02-83.
- 3 Soderzhaniye kaltsiya i magniya v pochvakh na osnove Mezhhgosudarstvennogo standarta GOST 26428-85.
- 4 Ekspress-metod sodержaniya vodnoy vytyazhki, sodержaniye gumusa po GOST 26213-91.
- 5 Mekhanichesky sostav pochvy opredelen na osnovanii gosudarstvennogo standarta O`zDSt 817-97.
- 6 Qashqadaryo viloyati tumanlaridagi mavzhud fermer khjzhaliklari boshqa erdan foydalanuvchilari suforiladigan er maydonlarining tuproq kharitasini tuzish va tuproq sifatini bakholash ishlariga tushuntirish khati. "Tuproq tarkibi va repozitorysi sifat takhlil markazi" DUK. – Toshkent, 2012. S. 5-12.

ТҮЙІН

Т. Тураев^{1*}, О. Жаббаров¹, Э. Мавлонов¹

СОРТАҢ ТОПЫРАҚТАР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ИГЕРУДІҢ ПЕРСПЕКТИВАЛЫҚ РЕЗЕРВТЕРІ

¹МУК «Топырақтың сапасын, құрамын және репозиторийін талдау орталығы», 100097, Ташкент, Чопоно́т к-сі, "Ц" кварталы, Өзбекстан,
e-mail-uz@mail.ru

Мақалада Қашқадария облысының сортаңды топырақтарының агрофизикалық, агрохимиялық, сулы-физикалық деректері келтірілген. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, тұз қабығындағы тұз мөлшері тығыз қалдық бойынша 30,3 % - ға жетеді. Суда еритін тұздардың құрамында магний сульфаттары басым. Төменгі горизонттарда тұздардың таралуы біркелкі және олардың мөлшері хлор құрамының жоғарылауымен 4-5 % құрайды (0,8-1,2 %). Сортаң топырақтарға арналған топырақ түзуші жыныстар негізінен өзен террасалары мен тау бөктеріндегі жазықтардың пролювийдағы дельталар, үстірттердің байырғы жыныстарының элювийлары болып табылады. Сортаң процесінің мәні бүкіл топырақ қабатының қатты тұздануы, оның жоғарғы бөлігінде тұздардың максималды жинақталуы болып табылады, онда олар шірік немесе қыртысты құрайды. Тұз көкжиегіндегі қарашірік мөлшері өте кең ауқымда - 0,7-ден 1,4 % - ға дейін. Қарашірік горизонтының қуаты 3-тен 59 см-ге дейін өзгереді. Сортаңдар механикалық құрамы бойынша гетерогенді, олар жеңіл, құмды және сазды топырақтарға бөлінеді. Сортаң топырақтар төмен сіңіру қабілетімен сипатталады, ол 100 г топыраққа 9 мг/экв жетеді. Сіңірілген негіздер құрамында сілтілі-жер металдары басым (Mg сіңірілген негіздер сомасының 82,8 % - ын, Ca - 6,2 % - ын, K-5 % - ын және Na-6,0 % - ын құрайды).

Түйінді сөздер: толық сортаң топырақтар, қыртысты сортаң топырақтар, көлемдік салмақ, өзен атырауы, үстірт, топырақтың тұздануы, элювиалды шөгінділер, топырақ қарашірігі, гипс құрамы.

SUMMARY

T. Turaev^{1*}, O. Zhabbarov¹, E. Mavlonov¹

SALT MARSH SOILS AND PROMISING RESERVES OF THEIR DEVELOPMENT

¹Soil composition and repository, quality analysis center SUE, 100097, Tashkent,
Choponota str., «C» quarter Uzbekistan, e-mail-uz@mail.ru

The article presents agrophysical, agrochemical, water-physical data of solonchak soils of the Kashkadarya region. The research results showed that the salt content in the salt crust reach-

es 30.3 % of the solid residue. The composition of water-soluble salts is dominated by magnesium sulfates. In the lower horizons, the distribution of salts is almost united form and their amount is 4-5 % with an increased chlorine content (0.8-1.2 %). Soil-forming rocks for solonchak soils are mainly river terraces and deltas on the proluvium of the piedmont plains, on the alluvium of the bedrocks of the plateau. The essence of the solonchak process lies in the strong salinization of the entire soil-ground layer with a maximum accumulation of salts in its upper part, where they form a puff or crust. The content of salts in the salt crust reaches 30.3 % of the solid residue; magnesium sulfates predominate in the composition of water-soluble salts. The amount of humus in the salt horizon varies over a very wide range from 0.7 to 1.4 %. The thickness of the humus horizon varies from 3 to 59 cm. According to the mechanical composition, solonchaks are heterogeneous, they are divided into light, sandy and loamy soils. Solonchak soils are characterized by low absorption capacity, which reaches 9 mg/eq per 100 g of soil. The absorbed bases are dominated by alkaline earths (the amount of Mg is 82.8 % of the total of absorbed bases, of which Ca accounts for 6.2 %, K – 5 % and Na - 6.0 %).

Key words: salt marshes plump, crusty solonchaks, volume weight, river delta, plateau, soil salinization, eluvial deposits, soil humus, gypsum content.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1 Тураев Тозибой, научный руководитель,
e-mail: sitoraboltayeva98@gmail.com

2 Жаббаров Одил Абдималикович, генеральный директор,
e-mail: soil-uz@mail.ru

3 Мавлонов Элбекжон Рамазонович, помощник директора,
e-mail: elbekjonmavlonov95@gmail.com

ГРНТИ 68.05. 29:68.05.45

<https://doi.org/10.51886/1999-740X.2022.3.19>Б.Б. Алиева^{1*}**ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ СЕРО-КОРИЧНЕВЫХ (КАШТАНОВЫХ) ПОЧВ И ЕГО ВЗАИМОСВЯЗЬ С НЕКОТОРЫМИ БИОЛОГИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ**

¹Институт Почвоведения и Агрохимии НАНА, AZ 1073, г. Баку, ул. М. Рагима, 5, Азербайджан, *e-mail: beyli.aliyeva@gmail.com

Аннотация. Как известно содержание в почве органического вещества (гумуса) важнейший показатель ее плодородия. Трансформация органических остатков в гумусовые вещества непосредственно связана с деятельностью биологических факторов почвообразования. Именно этой актуальной проблеме посвящена данная статья. Мы попытались на примере серо-коричневых (каштановых) почв полувлажных субтропиков (Джалилабад) Ленкоранской области рассмотреть данный вопрос. В статье приводятся данные о количестве гумуса в отдельных горизонтах серо-коричневых почв и его отдельных подтипах - обыкновенных, светлых, темных, а также в орошаемых вариантах этих почв. Исследовалась динамика изменения содержания гумуса в этих почвах и анализировались при этом их отличительные особенности. Проводилась взаимосвязь между содержанием гумуса и некоторыми биологическими показателями, в частности фитомассой и микроорганизмами. В целом, приводится сравнительный теоретический анализ между полученными нами результатами и данными, приведенными в литературных источниках.

Ключевые слова: почва, гумус, фитомасса, микробиота, биотоп.

ВВЕДЕНИЕ

Накапливающиеся в почве органические остатки после их гумификации и превращения в гумус являются основными аккумуляторами солнечной энергии. Аккумулированная в гумус почв энергия оказывает влияние на характер и интенсивность протекающих в почве биологических процессов. Поэтому для регулирования почвенных процессов рационального использования природных факторов важное значение имеет изучение закономерностей трансформации органического вещества в системе почва-растения-микроорганизмы.

Приоритет в разработке данной проблемы принадлежит В.Р. Волобуеву [1]. По его мнению, подавляющая часть биологических процессов, протекающих в почве связана с накоплением и разложением растительной массы, и ее последующей гумификацией.

Географические закономерности гумусообразования имеют важное значение, так как в каждой эко-климатической зоне формируется осо-

бый тип почв с характерными особенностями гумусообразования.

Проведенными в Азербайджане исследованиями было установлено, что запасы гумуса и азота в ряду почв вертикальной зональности закономерно снижаются от горно-луговых почв к горным черноземам, далее к каштановым и сероземным почвам сухостепной зоны [2, 3].

В почвах сухо-степной зоны (серобурые, сероземы, серо-коричневые) отмечается уменьшение отношения C:N, т.е. происходит относительное обогащение гумуса азотом, что связано со значительной ролью микробной массы в гумусообразовании.

Изучение гумусного состояния серо-коричневых (каштановых) почв проводилось в контексте исследования почв зоны субтропических степей [4-6].

Использование биологических показателей, как биодиагностического теста серо-коричневых (каштановых) почв совместно с физико-химическими свойствами были проведены также Т.А. Гасановой [7].

Нашей целью было продолжение изучения гумусного состояния серо-коричневых (каштановых) почв полувлажных субтропиков Ленкоранской области в комплексе с другими биотическими и абиотическими показателями.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Ленкоранская низменность представляет собой узкую (5-30 км) полосу наносной суши, тянущуюся на 100 км вдоль подножия Талышинских гор и полого, террасовыми ступенями, спускающуюся от гор в сторону Каспийского моря. На севере она сливается с Кура-Араксинской низменностью, от которой сильно отличается по характеру ландшафтов.

Рельеф района преимущественно низменный – район располагается на территории Муганской равнины и Ленкоранской низменности. В восточной части Джалилабадского района есть участки ниже уровня моря; на юго-западе рельеф немного гористый, высота вершин не превышает 1000 метров. Низменность состоит из антропогенных, а горы – из палеогенных и неогенных отложений.

Климат умеренной жаркий, сухостепной, полупустынный, лето часто засушливое. Средняя температура в январе колеблется от 1 до 3°C, в июле от 25 до 30°C. Количество дней с температурой выше 10°C – 225, в сумме составляет 4550°C. Количество безморозных дней – 265.

За последние 50 лет наблюдается повышение температуры воздуха, уменьшение количества атмосферных осадков и, соответственно, увеличение испаряемости. Атмосферные осадки по сезонам года распределены крайне неравномерно. Выпадение большей части осадков в осенний период и ничтожное количество летом играют существенную роль в формировании почвенно-растительного комплекса.

На Ленкоранской низменности за год выпадает до 1225 мм осадков и в

нижнегорном поясе до 1700 мм. Дождаливых дней в году на низменности 115. Максимум осадков бывает осенью, минимум в июне-июле, эти месяцы засушливы. Характер почвенного покрова определяется особенностями климата и растительности, а на низменности и степенью грунтового увлажнения.

Почвенный покров региона крайне разнообразен, что обусловлено особенностями рельефа, климата и истории развития и становления территории. Распределение почвенного покрова подчиняется закону вертикальной зональности. По характеру почв в юго-западном Прикаспии выделяют среднегорный, низкогорно-предгорный и равнинный пояса. Высокогорный пояс, свойственный Большому и Малому Кавказу, в Талыше отсутствует. С юга на север постепенно изменяется структура почвенного покрова Ленкоранской низменности. Южнее реки Виляшчай желтоземно-подзолистые почвы сменяются черно-коричневыми, которые, в свою очередь, севернее города Джалилабада.

Исследование количественных показателей гумуса проводилось на примере серо-коричневых (каштановых) почв полувлажных субтропиков (Джалилабад) Ленкоранской области.

Основными объектами исследования были выбраны целинные и окультуренные (агроценоз зерновых) биотопы характерных темных, обыкновенных, светлых подтипов серо-коричневых почв (координаты – N39° 02' 54.79"; E 48° 43' 20.31").

Для определения содержания гумуса с выбранных биотопов послойно (0-10 см; 10-20 см; 20-30 см) отбирались почвенные пробы. После обработки почвенных образцов в них по общепринятой в почвоведении методике Е.В. Аринушкиной [8] определялось содержание гумуса.

При построении графиков по взаимосвязи гумуса с общей фитомассой и

общим количеством микроорганизмов использовались собственные данные, а также показатели приведенные в литературных источниках. Полученные результаты по обоим биотопам сравнительно анализировались между собой.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Северная часть Ленкоранской низменности характеризуется почвами, входящими в фаціальную группу почвообразования коричневых, лугово-коричневых и серо-коричневых почв с полувлажными и сухими условиями климата. Коричневые почвы распространены в северо-западной и северной частях Масаллинского района Ленкоранской низменности, которые характеризуются относительно сухими климатическими условиями. Содержание гумуса 1,0 %, мощность зернистого слоя - 91-123 см. Мощность аккумулятивного гумусового слоя - 12-30 см. Большая часть общего азота и фосфора преобладает в верхнем пахотном слое (0-30 см): 0,13-0,22 % и 0,12-0,18 %. Профиль почвы выщелоченный.

Свойства коричневых, лугово-коричневых и серо-коричневых почв, входят в единую фаціальную группу почвообразования и используются в хозяйствах в северной части Ленкоранской низменности. Серо-коричневые почвы сформированы, в основном, между северо-восточной частью Джагилабадского района и приграничной полосой Масаллинского района Ленкоранской низменности. Наличие физической глины в верхней части профиля серо-коричневых почв - 69,2-78,1 % характеризует их как тяжелоглинистые, а в слое 0-100 см - почвы - от тяжелосуглинистых до тяжелоглинистых, составляя при этом 41,3-78,1 % [4, 5].

Поскольку основным источником гумусообразования являются растительные остатки, нами проведен графический анализ между фитомассой и общим содержанием гумуса. Но, вначале было установлено, что содержание

гумуса в различных подтипах серо-коричневых (каштановых) почв: темные, обыкновенные, светлые, а также орошаемые биотопы существенно отличаются между собой.

В темных серо-коричневых почвах содержание гумуса колеблется между 3,0-5,0 % при этом гумусовые вещества глубоко проникают по профилю почв. Количество азота также высокое и изменяется в пределах 0,20-0,30 %.

Обыкновенные серо-коричневые почвы характеризуются меньшим содержанием гумуса. Количество его в верхнем слое почвы колеблется от 2,0 % до 3,0 %. Содержание азота в среднем не превышает 0,16-0,28 %.

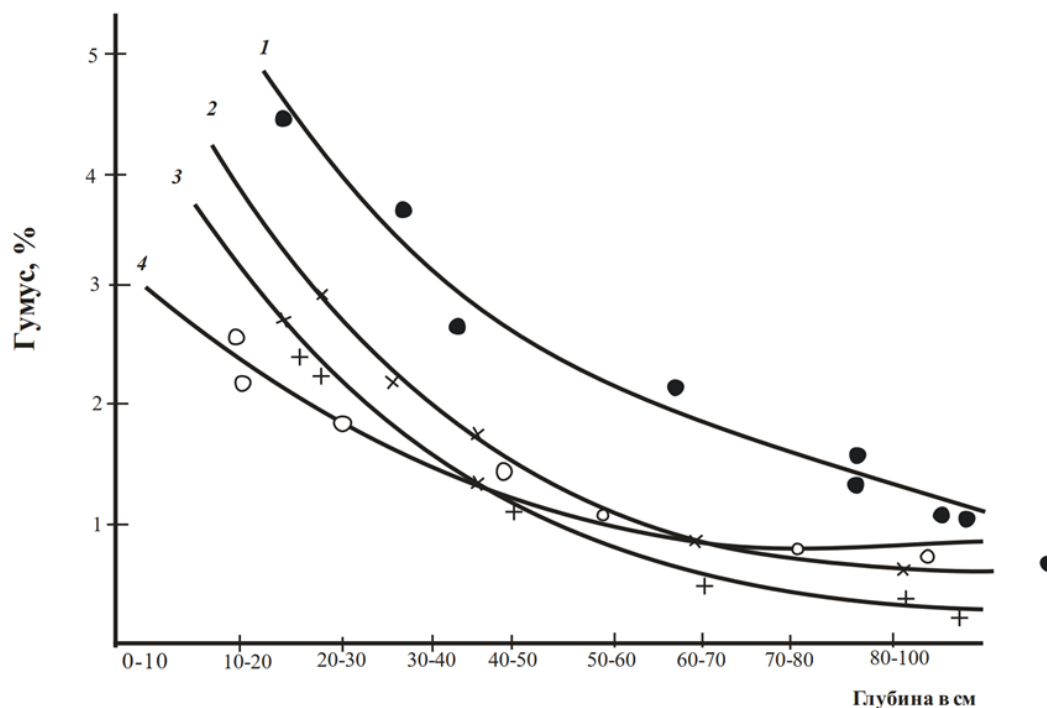
В светлых серо-коричневых почвах содержание гумуса варьирует между 2,1-2,3 %, а азота в пределах 0,19-0,17 %.

В орошаемых вариантах серо-коричневых почв гумусовый горизонт растянут по морфогенетическому профилю. Общее содержание гумуса и азота изменяется соответственно между 2,0-1,34 % и 0,20-0,14 %.

Используя полученные результаты, а также данные, приведенные в литературных источниках нами составлен график распределения гумуса по отдельным глубинам изучаемых почв (рисунок 1).

Из графика видно, как последовательно уменьшается содержание гумуса из верхних горизонтов к нижним. Однако, в орошаемых почвах вследствие постепенного выщелачивания органики по горизонтам, количественные показатели гумуса изменяются (даже в более глубоких слоях) достаточно умеренно.

Поскольку растительные остатки являются основным компонентом гумусообразования, нами составлен график взаимосвязи между количественными показателями гумуса и фитомассой [9].



Условное обозначение: 1 – темные серо-коричневые, 2 – обыкновенные серо-коричневые, 3 – светлые серо-коричневые, 4 – орошаемые серо-коричневые (агроценоз зерновые)

Рисунок 1 - Изменения содержания гумуса по отдельным глубинам в серо-коричневых (каштановых) почвах

На графике видно, что по мере увеличения общей массы растительности адекватно увеличивается и содержание гумуса. (рисунок 2).

Соотношение между фитомассой и гумусом, приведенное на графике, хорошо иллюстрирует динамику последовательной трансформации фитоостатков на гумусообразование.

Растительные остатки, поступающие в почву, подвергаются биохимическому превращению и гумификации при активном участии почвенной биоты и, в первую очередь, микроорганизмов. Поэтому мы сочли необходимым провести графический анализ между содержанием гумуса и общим количеством микроорганизмов.

Как известно, микроорганизмы в качестве энергетического материала,

кроме растительных остатков, используют также новообразованные молодые гумусовые вещества, то естественно проведение графического анализа имеет свою необходимость (рисунок 3).

Анализируя полученные результаты, можно отметить следующее. Изменение общей численности микроорганизмов существенно проявляется при определенных значениях гумуса. Если постепенное увеличение микробиоты отмечается от небольших показателей 1 % к средним от 2 % до 3 %, то при значениях гумуса 4-5 % отмечается некоторая криволинейность графика.

По-видимому, при определенном количестве гумуса его энергетические возможности не могут обеспечить генерационную способность микроорганизмов.

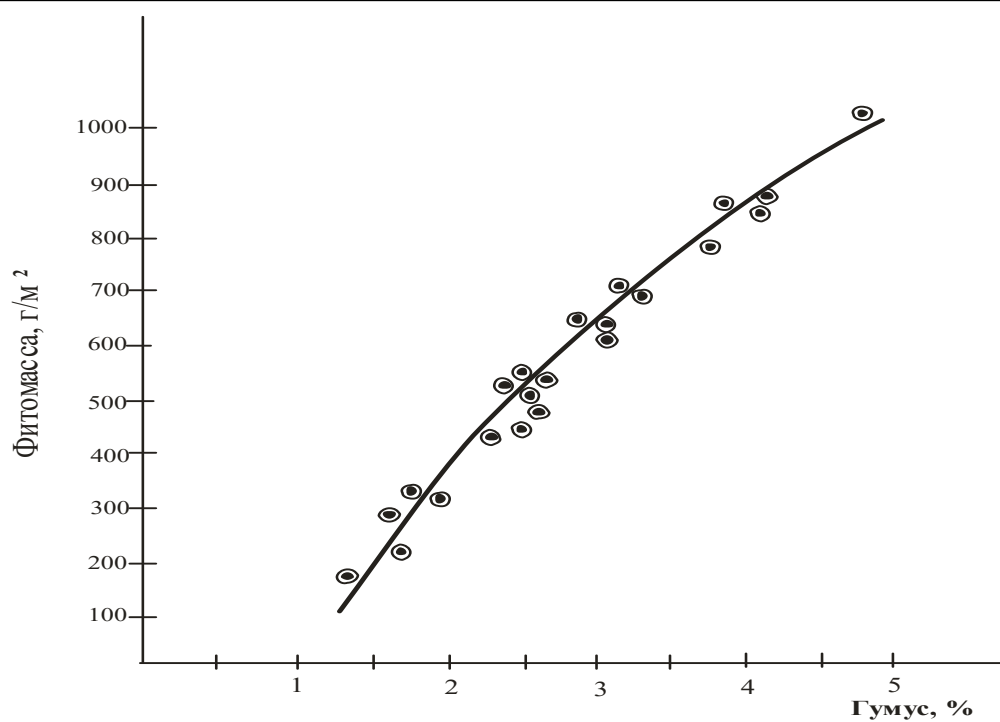


Рисунок 2 - Взаимосвязь между содержанием гумуса и фитомассой в серо-коричневых (каштановых) почвах

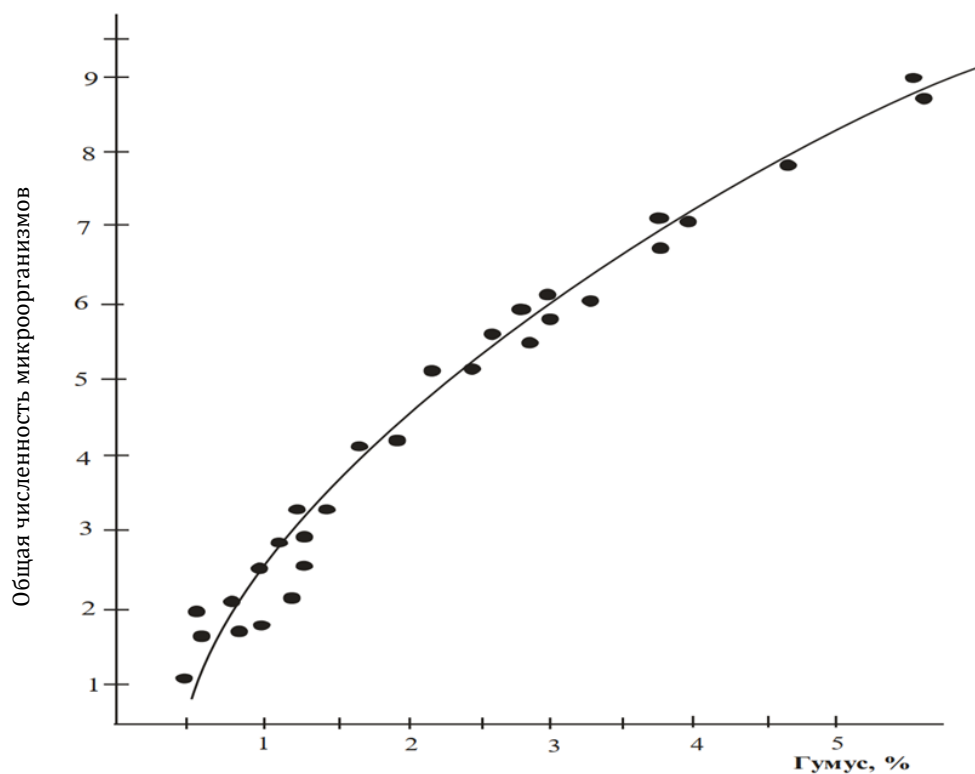


Рисунок 3 - Взаимосвязь между содержанием гумуса и количеством микроорганизмов в серо-коричневых (каштановых) почвах

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования показали, что, имеется тесная взаимосвязь между содержанием гумуса и количественными показателями фитомассы и микроорганизмов. Количественные по-

казатели гумуса во всех подтипах серо-коричневых (каштановых) почв постепенно уменьшаются от верхних горизонтов к нижним. Полученные нами результаты полностью согласуются с литературными источниками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. – М.: Наука, 1974. - 127 с.
- 2 Алиева Б.Б., Мамедзаде В.Т. Взаимосвязь между микробиологическими показателями и содержанием гумуса в горно-лесных бурых почвах. - Azərbaycan Torpaqşünaslar Cəmiyyətinin əsərlər toplusu, XV cild. – Bakı: Elm, 2019. – С. 121-125.
- 3 Алиева Б.Б. К изучению гумусного состояние лугово-коричневых почв. - Bulletin of Science and Practice, 2021. - Volume 7. - Issue 6. - С. 96-100.
- 4 Бабаев М.П., Гасанов В.Г., Джафаров Ч.М., Гусейнова С.М. Морфогенетическая диагностика, номенклатура и систематика почв Азербайджана. – Баку: Элм, 2011. - 448 с.
- 5 Мамедова С.З. Экологическая оценка, мониторинг почв Ленкоранской области Азербайджана. – Баку: Элм, 2006. - 367 с.
- 6 Салаев М.Э., Бабаев М.П., Джафарова Ч.М., Гасанов В.Г. Морфогенетические профили почв Азербайджана. – Баку: Элм, 2004. - 202 с.
- 7 Гасанова Т.А. Значение биологической диагностики серо-коричневых (каштановых) почв естественных и окультуренных ценозов Карамарьямского плато. Автореф. канд.дисс. - Баку, 2018. - 20 с.
- 8 Аринушкина Е.В. – Руководство по химическому анализу почв. Изд. МГУ, 1970. 487 с.
- 9 Гаврилюк Е.А., Кузнецов А.И., Горнов А.В. Геопронстранственное моделирование содержания и запасов азота и углерода в лесной подстилке на основе разносезонных спутниковых изображений Sentinel-2. //Почвоведение. – 2021. - № 2. - 151 с.

REFERENCES

- 1 Volobuyev V.R. Vvedeniye v energetiku pochvoobrazovaniya. – M.: Nauka, 1974. - 127 s.
- 2 Aliyeva B.B., Mamedzade V.T. Vzaimosvyaz mezhdu mikrobiologicheskimi pokazatelyami i sodержaniyem gumusa v gorno-lesnykh burykh pochvakh. - Azərbaycan Torpaqşünaslar Cəmiyyətinin əsərlər toplusu, XV cild. – Bakı: Elm, 2019. – S. 121-125.
- 3 Aliyeva B.B. K izucheniyu gumusnogo sostoyaniye lugovo-korichnevykh pochv. - Bulletin of Science and Practice, 2021. - Volume 7. - Issue 6. - S. 96-100.
- 4 Babayev M.P., Gasanov V.G., Dzhafarov Ch.M., Guseynova S.M. Morfogeneticheskaya diagnostika, nomenklatura i sistematika pochv Azerbaydzhana. – Baku: Elm, 2011. - 448 s.
- 5 Mamedova S.Z. Ekologicheskaya otsenka, monitoring pochv Lenkoranskoy oblasti Azerbaydzhana. – Baku: Elm, 2006. - 367 s.
- 6 Salayev M.E., Babayev M.P., Dzhafarova Ch.M., Gasanov V.G. Morfogeneticheskiye profili pochv Azerbaydzhana. – Baku: Elm, 2004. - 202 s.
- 7 Gasanova T.A. Znacheneye biologicheskoy diagnostiki sero-korichnevykh (kashtanovykh) pochv estestvennykh i okulturennykh tsenozov Karamaryamskogo plato. Avtoref. kand.diss. - Baku, 2018. - 20 s.

8 Arinushkina Ye.V. – Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv. Izd. MGU, 1970. 487 s.

9 Gavriilyuk Ye.A., Kuznetsov A.I., Gornov A.V. Geopronstranstvennoye modelirovaniye soderzhaniya i zapasov azota i ugleroda v lesnoy podstilke na osnove raznosezonnykh sputnikovykh izobrazheniy Sentinel-2. //Pochvovedeniye. – 2021. - № 2. - 151 s.

ТҮЙІН

Б.Б. Алиева¹

ТОПЫРАҚТЫҢ СҰР-ҚОҢЫР (КАШТАН) ГУМУСЫНЫҢ ЖАҒДАЙЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ
КЕЙБІР БИОЛОГИЯЛЫҚ ФАКТОРЛАРМЕН БАЙЛАНЫСЫ

¹Әзірбайжан ҰҒА топырақтану және агрохимия институты, AZ1073, Баку,
М.Рагим көш., 5, Әзірбайжан, e-mail: beyli.aliyeva@gmail.com

Топырақтағы органикалық заттардың (гумустың) құрамы оның құнарлылығының маңызды көрсеткіші болып табылады. Органикалық қалдықтардың гумустық заттарға айналуы топырақтың пайда болуының биологиялық факторларының қызметімен тікелей байланысты. Бұл мақала осы өзекті мәселеге арналған. Біз Ленкоран облысының жартылай ылғалды субтропиктерінің (Жалилабад) сұр-қоңыр топырақтарын мысал ретінде қолдана отырып, осы мәселені қарастыруға тырыстық. Мақалада сұр-қоңыр топырақтың жеке горизонттарындағы қарашірік мөлшері және оның жеке кіші түрлері - қарапайым, ашық, қараңғы, сондай-ақ осы топырақтың суармалы нұсқалары туралы мәліметтер келтірілген. Осы топырақтардағы қарашірік құрамының өзгеру динамикасы зерттелді және олардың ерекшеліктері талданды. Қарашірік құрамы мен кейбір биологиялық көрсеткіштер, атап айтқанда фитомасса мен микроорганизмдер арасында байланыс жүргізілді. Жалпы, біз алған нәтижелер мен әдеби дереккөздерде келтірілген мәліметтер арасында салыстырмалы теориялық талдау жасалды.

Түйінді сөздер: топырақ, қарашірік, фитомасса, микробиота, биотоп.

SUMMARY

B.B. Aliyeva¹

HUMUS STATE OF GRAY-BROWN (CHESTNUT) SOILS AND ITS INTERRELATION WITH
SOME BIOLOGICAL FACTORS

¹Institute of Soil Science and Agrochemistry of ANAS, AZ 1073, Baku, st. M. Ragima,
5, Azerbaijan, e-mail: beyli.aliyeva@gmail.com

As is well known, the content of organic matter (humus) in the soil is the most important indicator of its fertility. The transformation of organic residues into humic substances is directly related with the activity of biological factors of soil formation. This article is devoted to this actual problem. We tried to consider this issue using the example of gray-brown (chestnut) soils of semi-humid subtropics (Jalilabad) of Lankaran region. The article presents data on the amount of humus in individual horizons of gray-brown soils and its individual subtypes – ordinary, light, dark, as well as in irrigated variants of these soils. The dynamics of changes in the humus content in these soils were studied and their distinctive features were analysed. The relationship between the humus content and some biological indicators, in particular, phytomass and microorganisms, was carried out. In general, a comparative theoretical analysis is carried out between our results and the data given in the literature.

Key words: soil, humus, phytomass, microbiota, biotope.

СВЕДЕНИЕ ОБ АВТОРЕ

Алиева Бейли Бахадкызы, ведущий научный сотрудник лаборатории биологии почв, доктор философии по биологии, доцент, e-mail: beyli.aliyeva@gmail.com

БИОЛОГИЯ ПОЧВ

ГРНТИ 68.31.21. 68.05.45

https://doi.org/10.51886/1999-740X_2022_3_26М.А. Ибраева^{1*}, А.И. Сулейменова¹, Т.Р. Сундет¹**НАКОПЛЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ РИСОВО-ЛЮЦЕРНОВОГО СЕВООБОРОТА**¹Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии имени У.У. Успанова, 050060, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 75В, Казахстан,*e-mail: ibraevamar@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты исследования агрономической роли корневых и пожнивных остатков в условиях затопления почв. Установлено, что гумусное состояние рисово-болотных почв под рисом при соблюдении чередования культур в севообороте резких изменений не претерпевает. Между количеством гумуса и содержанием корневых масс прослеживается положительная корреляция. Биогенность и плодородие почв под культурой риса находится в прямой зависимости от предшественника и механического состава почвы. Наибольшее содержание корневой массы в исходных образцах было на поле, где предшественник пласт люцерны, но посев риса по пласту привёл к снижению её к концу сезона (осенью) более чем в 2 раза, что указывает на высокую скорость минерализации органических остатков в рисовых почвах. Таким образом, происходит постоянная трансформация органических остатков, которая зависит от предшественника и культуры севооборота. В течение всего вегетационного периода в почвах под посевом риса по пласту люцерны преобладали аэробные клетчаткоразлагающие микроорганизмы. В почвах под посевом риса по обороту пласта люцерны также доминировали аэробные формы клетчаткоразлагающих микроорганизмов. В сезонной динамике отмечался резкий рост численности клетчаткоразлагающих микроорганизмов. Проведённые исследования показали, что в почвах с посевами люцерны под покровом ячменя весной преобладали грибы родов *Mucor* *Trichoderma*. В почвах по пласту люцерны доминировали актиномицеты *Act.albus* и грибы *Trichoderma*, а в почвах по обороту пласта люцерны – муконовые грибы и актиномицеты (*Act. albus*).

Ключевые слова: гумус, водорастворимый гумус, люцерна, рисово-люцерновый севооборот, корневые и пожнивные остатки, клетчаткоразлагающие микроорганизмы.

ВВЕДЕНИЕ

Установлено, что среди факторов плодородия важное значение принадлежит органическому веществу почвы. В многочисленных исследованиях показано комплексное воздействие гумуса на агрономические свойства пахотных почв. Однако пути стабилизации и оптимизации их гумусного состояния, которые являются наиболее рациональными не вполне ясны. Поэтому дальнейшие исследования эффективности способов увеличения в почвах уровня их гумусированности, особенно в затопленных, представляется целесообразным.

Актуальность исследования определяется необходимостью изучения

эффективности действия растительных остатков на основные почвенные параметры и целесообразностью поиска наиболее рационального использования растительных остатков как одного из перспективных способов успешного решения проблемы расширенного воспроизводства плодородия рисовых почв, оптимизации их гумусного состояния.

Получение высоких и устойчивых урожаев тесно связано с плодородием почв, важным показателем которого является количество и качество гумуса. Практика мирового земледелия столкнулась с колоссальными потерями гумуса при сельскохозяйственном использовании почв. Это обстоятельство

ставит нас перед необходимостью тщательного изучения главных составляющих гумусового баланса. Задача этих исследований заключается в оценке основных потоков органического вещества в почвах, по которым происходят потери гумуса и его восполнение с целью оптимизации и стабилизации гумусового режима в условиях орошения.

Другая группа органического вещества – растительные остатки. В большинстве случаев растительные остатки рассматривают как источник гумуса или резерв элементов минерального питания растений. Однако весь ход почвообразовательного процесса указывает на то, что роль растительных остатков не ограничивается этими двумя функциями. Растительные остатки оказывают комплексное действие на формирование и воспроизводство почвенного плодородия, характер которого к настоящему времени изучен недостаточно.

Большое значение в решении этих задач отводится рациональному использованию пожнивных и корневых остатков и побочной продукции, увеличению доли промежуточных, сидеральных и бобовых культур в структуре севооборотов. Растительные остатки служат органической матрицей для новых почвенных агрегатов, источником аминокислот, лигнина и полифенолов, из которых образуются гумусовые вещества, комфортной средой колонизации почвенных микроорганизмов, в биомассе которых накапливаются значительные запасы потенциально-минерализуемых соединений углерода и азота. Поэтому поступление в почву органического вещества растительных остатков является одним из ключевых условий оптимизации свойств и режимов почвы, снижения потерь азота минеральных удобрений, повышения продуктивности сельскохозяйственных культур [1-3].

Макромолекулы гумусовых веществ обеспечивают полноценную жизнедеятельность биоты, устойчивые физические, обменные и энергетические характеристики почвы [4-6].

На всех этапах в нем участвуют различные группы микроорганизмов, в первую очередь актинобактерии и грибы. Гумус образуется из нескольких органических источников — надземного и подземного опада, корневых экссудатов растений, продуктов жизнедеятельности почвенной биоты и т.д. (в агроценозах — в основном из удобрений и пожнивных остатков культур) [7].

О значении растительных остатков в общем круговороте веществ можно судить по тому, что с каждой их тонной в почву поступает приблизительно 5 – 10 кг азота, 30 – 50 кг зольных элементов [8].

В условиях недостаточного применения минеральных и органических удобрений большая часть урожая сельскохозяйственных культур формируется за счёт мобилизации естественного плодородия, что ведет к отрицательному балансу питательных веществ и гумуса. Гумус в почве является не только источником элементов питания, но и поставляет энергию для полезной почвенной микрофлоры, которая во многом определяет процессы минерализации, поступающей свежей органической массы в почву [9-11].

В последние годы из-за резкого снижения поголовья скота в Балхашском районе применение органических удобрений не практикуется, что не даёт возможности компенсировать потери гумусовых веществ при минерализации органического вещества. Поэтому в хозяйствах основным источником пополнения органического вещества являются корневые и пожнивные остатки, количество которых зависит от почвенно-климатических условий, вида культур и уровня агротехники. За счёт раститель-

ных остатков должно компенсироваться не менее 55-60 % минерализованного гумуса. При этом существенно возрастает роль многолетних трав, которые оставляют в почве наибольшее количество растительной массы.

Предотвращение деградации почвы и уменьшение риска экологических нарушений при производстве устойчиво высокого урожая сельскохозяйственных культур, всесторонняя биологизация агротехнологий и приоритетность органических средств воспроизводства почвенного плодородия - отличительные черты современных систем земледелия. Большое значение в решении этих задач отводится рациональному использованию пожнивно-корневых остатков и побочной продукции, увеличению доли промежуточных, сидеральных и бобовых культур в структуре севооборотов. Растительные остатки служат органической матрицей для новых почвенных агрегатов, источником аминокислот, лигнина и полифенолов, из которых образуются гумусовые вещества, комфортной средой колонизации почвенных микроорганизмов, в биомассе которых накапливаются значительные запасы потенциально-минерализуемых соединений углерода и азота.

Работы Л.Н. Александровой [12-16] и других авторов внесли существенный вклад в развитие теории микробной трансформации растительных остатков. Применение меченых по ^{13}C , ^{14}C , ^{15}N материалов, способов количественного измерения микробной биомассы, методов математического моделирования позволило получить новые сведения о характере разложения в почве растительной и микробной биомассы, установить их роль в формировании активных пулов углерода и азота в почве, показать участие разных трофических групп микроорганизмов в трансформации поступающего в почву органического вещества [17-22].

Макромолекулы гумусовых веществ обеспечивают полноценную жизнедеятельность биоты, устойчивые физические, обменные и энергетические характеристики почвы [4-6]. На всех этапах в нем участвуют различные группы микроорганизмов, в первую очередь актинобактерии и грибы. Гумус образуется из нескольких органических источников — надземного и подземного опада, корневых экссудатов растений, продуктов жизнедеятельности почвенной биоты и т.д. (в агроценозах — в основном из удобрений и пожнивных остатков культур) [7].

Микроорганизмы в органических почвах не только активизируют процесс минерализации, но и способствуют созданию стабильного органического вещества в почвах. Существует прямая связь между микробной биомассой почвы и скоростью разложения органических веществ. Почвенные организмы, кроме того, способствуют формированию структуры почвы за счет продуцируемых ими в результате жизнедеятельности химических веществ, связывающих частицы почвы в почвенные агрегаты. Как известно, агрегированные почвы наиболее удобны при сельскохозяйственном возделывании, характеризуются лучшей инфильтрацией воды и дренажными свойствами.

Такыровидные почвы в целинном состоянии содержат 6–7 т/га корневой массы, а засоленные варианты от 1,5 до 4,0 т/га в зависимости от степени засоления. В связи с их освоением под рис на Акдалинском массиве орошения они обогащаются органическими остатками и содержание корневой массы в незасоленных почвах достигает 11-14 т/га, а в засоленных 4–5 т/га [23].

Незначительные запасы гумуса в такыровидных почвах являются не столько следствием ограниченного поступления растительных остатков, а главным образом следствием их высокой минерализационной активности

[24]. Весной, в период благоприятных гидротермических условий, в такыровидных почвах возрастает биологическая активность. По данным Д.К. Карагуйшиевой [25] целинные такыровидные почвы в весенний период в верхнем горизонте содержат до 10 млн микроорганизмов на 1 г почвы. Такое же их количество обнаружено и на такыровидных почвах Акдалинского массива орошения. Ш.А. Чулаков [26] установил, что при освоении целинных почв под рис их биогенность намного повышается. Освоение целинных почв под культуру риса вносит существенные изменения в характер накопления корневых масс. Целинная почва при распашке за весьма короткий срок теряет половину всего запаса гумуса и растительных остатков [27].

Исходя из вышеизложенного, целью наших исследований было разностороннее изучение агрономической роли растительных остатков в условиях затопления почв. Установить пути накопления и разложения органических веществ и разработать мероприятия по сохранению и стабилизации гумуса в почвах рисового севооборота. Выявить главные составляющие гумусового баланса и оценки их величин.

Исследована сезонная динамика численности клетчаткоразлагающих микроорганизмов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования был почвенный покров Акдалинского массива орошения, который расположен на головной части древней Акдала - Баканасской дельты реки Или. Древняя дельта занимает большую часть площади низовий реки Или. Она расположена на правом берегу реки Или и простирается от Тасмурунских гор в сторону посёлка Баканас, который является административным центром Балхашского района Алматинской области. Границей низовьев служат: на северо-востоке - песчаная пустыня Сары-Ишик-Отрау,

юго-востоке - горы Тасмурун, северо-западе и севере - акватория оз. Балхаш. Более подробно объект исследования описан в предыдущей работе [28].

Методы исследования общепринятые в почвоведении и почвенной микробиологии.

Для решения поставленных задач были заложены балансовые участки на лёгких почвах в освоенных севооборотах АО «Бырлык».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как известно научно-обоснованный севооборот повышает плодородие почвы: бобовые (такие как люцерна, соя и фасоль) фиксируют азот в почве. За счет фиксации азота клубеньковыми бактериями люцерны накапливает 200 кг/га азота, улучшает структуру почвы, даёт возможность рационально использовать ее питательные вещества, помогает в борьбе с сорняками, вредителями и болезнями, позволяет получить разные типы продукции. В нашем хозяйстве применяется рисово-люцерновый севооборот, чередование культур в течение 4-х лет приведено в таблице 1.

На этом участке была исследована сезонная динамика гумуса общего и водорастворимого, результаты которого приведены в статье [28], определена численность аэробных и анаэробных клетчаткоразлагающих микроорганизмов.

Установлено, что содержание гумуса осенью второго года ротации (люцерна 2-го года жизни) увеличивается и становится почти в 2 раза выше, чем осенью прошлого года по всем вариантам, что указывает на положительную роль пожнивных и корневых остатков люцерны.

Как гуматы, так и фульваты щелочных металлов хорошо растворимы в воде и при наличии нисходящего тока воды легко могут передвигаться в глубь почвенного профиля. Поэтому в условиях рисосеяния, где щелочные

Таблица 1 - Чередование культур первого балансового участка

№ балан- сового участка, почвы	№№ раз- резо- в	1-ый год ротации		2-ой год ротации		3-ий год ротации		4-ый год ротации	
		Предше- ственник	Культура	Предше- ственник	Культура	Предше- ственник	Культура	Предше- ственник	Культура
1, лёгкие рисово- болот- ные поч- вы	1	Рисовище	Люцерна под покровом ячменя	-	Люцерна 2-го года жизни	Пласт лю- церны	Рис	Оборот пласта люцерны	Рис
	3	Оборот пла- ста люцер- ны	Рис	Рисовище	Люцерна под покровом яч- меня	-	Люцерна 2- го года жиз- ни	Пласт лю- церны	Рис
	5	Пласт лю- церны	Рис	Оборот пла- ста люцер- ны	Рис	Рисовище	Люцерна под покровом ячменя	-	Люцерна 2- го года жиз- ни

почвы в течение длительного времени находятся в затопленных условиях, можно ожидать повышения мобильности органических веществ и ухудшения гумусного состояния данных почв.

В связи с этим мы вели наблюдения также и за водорастворимым гумусом с результатами которого можно ознакомиться в статье [28]. Было выяснено, что к осени во всех трёх полях севооборота количество этой формы гумуса резко увеличилось. На 3-ий и 4-ый годы ротации содержание водорастворимой формы гумуса было стабильно высоким, что говорит о высокой миграционной способности гумуса рисовых почв лёгкого механического состава.

Между количеством гумуса и содержанием корневых масс прослеживается положительная корреляция. Масса последних также зависит от предшественника и механического состава почвы. Содержание корневых масс в исходных образцах, отобранных весной первого года ротации на полях, где предшественником было рисовище (таблица 2) составило 6,49 т/га. Посев люцерны под покровом ячменя обеспечил увеличение корневой массы к осени в 2 раза (13,5 т/га). Наибольшее содержание корневой массы было в исходных образцах, отобранных на поле, где предшественник пласт люцерны, но посев риса по пласту привёл к снижению её к концу сезона (осенью) более чем в 2 раза, что указывает на высокую скорость минерализации органических остатков в рисовых почвах, о чём не раз говорили учёные [29].

На следующий год по предшественнику люцерны под покровом ячменя величина корневой массы весной была 5,15 т/га, а осенью в почвах под люцерной 2-го года жизни она увеличилась почти в 2 раза и составила 9,7 т/га, что указывает на позитивную роль люцерны в накоплении органического вещества (таблица 3).

Таблица 2 - Содержание корневых масс по полям севооборота 1-го года ротации.

	Поля севооборота	Масса корней, т/га
Предшественник	Рисовище	<u>6,49*</u> 13,5
Культура	Люцерна под покровом ячменя	
Предшественник	Пласт люцерны	<u>25,9</u> 11,9
Культура	Рис по пласту	
Предшественник	Оборот пласта люцерны	<u>2,7</u> 10,6
Культура	Рис	
*Примечание: в числителе – исходные образцы, в знаменателе – в конце уборки		

Таблица 3 - Содержание корневых масс по полям севооборота во 2-ой год ротации

	Поля севооборота	Масса корней, т/га
Предшественник	Люцерна под покровом ячменя	<u>5.15*</u> 9,7
Культура	Люцерна 2-го года жизни	
Предшественник	Рис	<u>5.6</u> 13,5
Культура	Люцерна под покровом ячменя	
Предшественник	Рис по пласту люцерны	<u>5.17</u> 13,2
Культура	Оборот пласта люцерны	
*Примечание: в числителе – весна, в знаменателе – осень		

На полях же, где предшественником был рис, весной также содержалось в 2 раза меньше корневой массы, чем осенью после культуры люцерны под покровом ячменя. Такая же картина и по предшественнику рис по пласту люцерны и обороту пласта люцерны. Таким образом, происходит постоянная трансформация органических остатков, которая зависит от предшественника и культуры севооборота.

При гумификации пожнивно-корневых остатков многолетних бобовых трав обеспечивается не только восстановление запасов минерализованного гумуса, но и увеличение его количества в почве. В среднем многолетние травы в зависимости от срока возделывания и уровня урожаев накапливают в почве 0,5-1,0 т/га гумуса [30].

Следовательно, в комплексе мероприятий по регулированию баланса гу-

муса в пахотных почвах весьма важное значение имеют совершенствование структуры посевных площадей, введение и освоение правильных севооборотов, возделывание многолетних бобовых трав, рост урожайности сельскохозяйственных культур, что обеспечивает увеличение поступления в почву пожнивно-корневых остатков растений и повышение коэффициентов их гумификации.

Общеизвестно, что в разложении растительных остатков главным образом участвуют микроорганизмы. Результатом этого является накопление и разложение сложных органических веществ и превращение их в конечном итоге в минеральные соединения.

В связи с этим нами была определена сезонная динамика численности клетчаткоразлагающих микроорганизмов исследуемых нами почв (таблица 4).

Как видно из приведённых в таблице данных в исследуемых почвах при посеве люцерны под покровом ячменя клетчаткоразлагающие микроорганиз-

мы распространены преимущественно в пахотном горизонте, но содержатся в меньшем количестве и в подпахотном.

Таблица 4 - Сезонная динамика численности клетчаткоразлагающих микроорганизмов в рисово-болотных почвах в зависимости от предшественников

№ п/п	№ раз-рез	Глубина, см	Почвы	Предшественники	Культура севооборота	Число микроорганизмов, тыс/г почвы			
						аэробы		анаэробы	
						весна	осень	весна	осень
1	1	0-27	Лёгкие	Рисовище	Люцерна под покровом	0,6	3,0	0,6	0,6
2		27-57				0,2	0,6	0,1	0,3
3	3	0-24		Оборот пласта люцерны	Рис		70,0		0,6
4		0-1				0,6		0,3	
5		1-6					70,0		0,1
6		6-15					70,0		0,1
7	5	0-1		Пласт люцерны	Рис		70,0		6,0
8		0-24				0,1		1,3	
9		1-6					45,0		6,0
10		6-15					70,0		25,0
11		15-25					25,0		0,3

Численность аэробных микроорганизмов в исследуемых почвах повышалась от весны к осени, а анаэробных колебалась в незначительных пределах.

Осенью в почвах лёгкого механического состава повысилась численность как аэробных, так и анаэробных микроорганизмов, особенно в слое 6 – 15 см. В течение всего вегетационного периода в почвах под посевом риса по пласту люцерны преобладали аэробные клетчаткоразлагающие микроорганизмы.

В почвах под посевом риса по обороту пласта люцерны также доминировала данная группа аэробных форм микроорганизмов. В сезонной динамике отмечался также резкий рост их численности.

Проведённые исследования показали, что в почвах с посевами люцерны под покровом ячменя весной преобладали грибы родов *Mucor* *Trichoderma*. В почвах по пласту люцерны доминиро-

вали актиномицеты *Act.albus* и грибы *Trichoderma*, а в почвах по обороту пласта люцерны – мукоровые грибы и актиномицеты (*Act. albus*).

Летом из почв под рисом выделялись микобактерии, миксобактерии и актиномицеты.

Осенью видовой состав бактерий и актиномицетов был шире. Под люцерной преобладали актиномицеты белые, серые, голубые; из бактерий в разложении клетчатки принимали участие *Vibrio*, *Cytophaga*, *Sporocytophaga*, *Sorangium*. В почвах по пласту и обороту пласта люцерны доминировали бактерии родов *Vibrio* и *Sorangium*, а также принимали участие актиномицеты *Act.albus* и *Act.griesus*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оптимальный уровень плодородия той или иной почвы, как известно, определяется таким сочетанием её основных свойств и показателей, при котором могут быть наиболее полно использованы все жизненно важные для

растений факторы и реализованы возможности выращиваемых сельскохозяйственных культур. Как показали наши исследования, чтобы достичь такого сочетания свойств и показателей, одного соблюдения чередования культур по полям севооборота мало. Необходимо проводить ряд агротехнических и других мероприятий, способствующих утяжелению механического состава лёгких почв, достичь близких к оптимальному для растений риса содержанию в них подвижных соединений азота, фосфора и калия. Значительное внимание уделить повышению важнейшего показателя потенциального плодородия почв – содержанию в них гумуса. Необходимо найти пути повышения биологической активности рисово-

болотных почв, оптимизации наиболее ценной в агрономическом отношении микрофлоры почв с помощью различных способов и приёмов регулирования её плодородия.

Для получения высоких урожаев риса и сопутствующих ему в севообороте культур (ячмень, люцерна и др.) необходимо обогащение их органическим веществом, в первую очередь, и внесение минеральных удобрений. Кроме традиционного внесения навоза необходимо практиковать посевы сидеральных культур, измельчение и обратное внесение в почву соломы риса, ячменя и других культур, т.е. необходимо создать бездефицитный баланс органического вещества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ганжара Н.Ф. Концептуальная модель гумусообразования// Почвоведение. - 1997. - №9. - С. 1075-1080.
- 2 Кудеяров В.Н. Азотно-углеродный баланс в почве// Почвоведение. - 1999. - №1. - С. 73-82.
- 3 Назарюк В.М. Баланс и трансформация азота в агроэкосистемах. - Новосибирск: СО РАН, 2002. - 257 с.
- 4 Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв. - М.: МГУ, 1974. - 333 с.
- 5 Лыков А.Д. Гумус и плодородие почвы. - М.: Моск. рабочий, 1985. - 192 с.
- 6 Кирюшин В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика. - М.: МСХА, 2000. - 473 с.
- 7 Тейт Р. Органическое вещество почвы: биологические и экологические аспекты. - М.: Мир, 1991. - 400 с.
- 8 Кононова М.М. Проблема органического вещества почвы на современном этапе// Органическое вещество целинных и освоенных почв. - М.: Наука, 1972. - С. 7-29.
- 9 Лыков А. М., Еськов А. И., Новиков М. Н. Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья. - М.: РАСХН, 2004. - 630 с.
- 10 Лошаков В. Г. Севооборот и плодородие почвы. - М.: ВНИИА, 2012. - 512 с.
- 11 Лошаков В. Г. Зелёные удобрения в земледелии России (к 150-летию со дня рождения Д. Н. Прянишникова). - М.: ВНИИА, 2015. - 300 с.
- 12 Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. - Л.: Наука. 1980. - 287 с.
- 13 Аристовская Т.В. Микробиологические процессы почвообразования. - Л.: Наука, 1980. - 187 с.
- 14 Кононова М.М. Органическое вещество почв, его природа, свойства и методы изучения. - М.: АН СССР, 1963. - 314 с.

15 Burns R.G., Martin J.P. Biodegradation of organic residues in soil// Microfloral and Faunal Interactions in Natural, and Agro-ecosystems. M.J.Mitchell, J.P.Nakos (Eds). Boston, 1986. - P. 137-202.

16 Jenkinson D.S. Studies on decomposition of plant material in soil. V. The effects of plant cover and soil type on the loss of carbon from ^{14}C -labelled rye grass decomposing under field conditions// J. Soil Sci. -1977. - V. 28. - P. 424-434.

17 Фокин А.Д. Идеи В.В. Докучаева и проблема органического вещества почв //Почвоведение, 1996. - №2. - С. 187-196.

18 Семенов В.М., Кузнецова Т.В., Иванникова Л.А., Семенова Н.А., Лисова Е.П. Участие растительной биомассы в формировании активной фазы почвенного азота// Агрохимия. - 2001. - №7. - С. 5-12.

19 Mueller T., Jensen L.S., Nielsen N.E., Magid J. Turnover of carbon and nitrogen in a sandy loam soil following incorporation of chopped maize plants, barley straw and blue grass in the field// Soil Biology and Biochem. - 1998. - V.30. - P. 561-571.

20 Nicolardot B., Recous S., Mary B. Simulation of C and N mineralisation during crop residue decomposition: a simple dynamic model based on the C:N ratio of the residues// Plant and Soil. - 2001. - V. 228. - P. 83-103.

21 Trinsoutrot et al, 2000a; 2000b и другие) Trinsoutrot I. Recous S., Mary B. Nicolardot B. C and N fluxes of decomposing ^{13}C and ^{15}N Brassica napus L.: effects of residue composition and N content// Soil Biology and Biochem. - 2000. - V. 32. - P. 1717-1730.

22 Trinsoutrot I., Recous S., Bentz B., Lineres M., Cheneby D., Nicolardot B. Biochemical quality of crop residues and carbon and nitrogen mineralization kinetics under nonlimiting nitrogen conditions// Soil Sci. Soc. Amer. J. - 2000. - V. 64. - P. 918-926.

23 Карабалаева Р.М., Мамутов Ж.У., Чулаков Ш.А. Динамика фитомассы в такыровидных почвах рисовых полей. В кн.: Повышение продуктивности почв рисовых полей. - М., 1975. - С. 48-53.

24 Розанов А.Н. Серозёмы Средней Азии. - 1951. - С. 178-203.

25 Карагуйшиева Д.К. Микрофлора такыровидных почв низовий р. Или// Труды Института почвоведения АН КазССР. - 1969. - Т. 16. - С. 24-41.

26 Чулаков Ш.А. Плотность микронаселения почв Кызыл-Ординского массива орошения// Вестник АН КазССР, 1958. - № 8. - С. 83-88.

27 Гельцер Ф.Ю., Ласукова Т.П. Влияние культур на плодородие почвы в условиях орошаемого земледелия Средней Азии. - Ташкент, 1954.

28 Ибраева М.А. Плодородие рисово-болотных почв Акдалинского массива орошения (на примере АФ «Бирлик»)// Почвоведение и агрохимия. - 2021. - № 2. - С. 5-19.

29 Илялетдинов А.Н., Микробиологические превращения азотосодержащих соединений в почве. - А., 1976. - 282 с.

30 Жуков А. И., Попов П. Д. Регулирование баланса гумуса в почве. — М.: Росагропромиздат, 1988. - 40 с.

REFERENCES

1 Ganzhara N.F. Kontseptualnaya model gumusoobrazovaniya// Pochvovedeniye. - 1997. - №9. - S. 1075-1080.

2 Kudayarov V.N. Azotno-uglerodny balans v pochve// Pochvovedeniye. - 1999. - №1. - S. 73-82.

3 Nazaryuk V.M. Balans i transformatsiya azota v agroekosistemakh. - Novosibirsk: SO RAN, 2002. - 257 s.

- 4 Orlov D.S. Gumusovye kisloty pochv. - M.: MGU, 1974. - 333 s.
- 5 Lykov A.D. Gumus i plodorodiye pochvy. - M.: Mosk. rabochy, 1985. - 192 s.
- 6 Kiryushin V.I. Ekologizatsiya zemledeliya i tekhnologicheskaya politika. - M.: MSKhA, 2000. - 473 s.
- 7 Teyt R. Organicheskoye veshchestvo pochvy: biologicheskkiye i ekologicheskkiye aspekty. - M.: Mir, 1991. - 400 s.
- 8 Kononova M.M. Problema organicheskogo veshchestva pochvy na sovremennom eta-pe// Organicheskoye veshchestvo tselinnykh i osvoyennykh pochv. - M.: Nauka, 1972. - S. 7-29.
- 9 Lykov A. M., Yeskov A. I., Novikov M. N. Organicheskoye veshchestvo pakhotnykh pochv Nechernozemya. - M.: RASKhN, 2004. - 630 s.
- 10 Loshakov V. G. Sevooborot i plodorodiye pochvy. - M.: VNIIA, 2012. - 512 s.
- 11 Loshakov V. G. Zelyonye udobreniya v zemledelii Rossii (k 150-letiyu so dnya rozhdeniya D. N. Pryanishnikova). - M.: VNIIA, 2015. - 300 s.
- 12 Aleksandrova L.N. Organicheskoye veshchestvo pochvy i protsessy ego transformatsii. - L.: Nauka. 1980. - 287 s.
- 13 Aristovskaya T.V. Mikrobiologicheskkiye protsessy pochvoobrazovaniya. - L.: Nauka, 1980. - 187 s.
- 14 Kononova M.M. Organicheskoye veshchestvo pochv, ego priroda, svoystva i metody izucheniya. - M.: AN SSSR, 1963. - 314 s.
- 15 Burns R.G., Martin J.P. Biodegradation of organic residues in soil// Microfloral and Faunal Interactions in Natural, and Agro-ecosystems. M.J.Mitchell, J.P.Nakos (Eds). Boston, 1986. - P. 137-202.
- 16 Jenkinson D.S. Studies on decomposition of plant material in soil. V. The effects of plant cover and soil type on the loss of carbon from ¹⁴C-labelled rye grass decomposing under field conditions// J. Soil Sci. - 1977. - V. 28. - P. 424-434.
- 17 Fokin A.D. Idei V.V. Dokuchayeva i problema organicheskogo veshchestva pochv //Pochvovedeniye, 1996. - №2. - S. 187-196.
- 18 Semenov V.M., Kuznetsova T.V., Ivannikova L.A., Semenova N.A., Lisova Ye.P. Uchastiye rastitelnoy biomassy v formirovanii aktivnoy fazy pochvennogo azota// Agrokimiya. - 2001. - №7. - S. 5-12.
- 19 Mueller T., Jensen L.S., Nielsen N.E., Magid J. Turnover of carbon and nitrogen in a sandy loam soil following incorporation of chopped maize plants, barley straw and blue grass in the field// Soil Biology and Biochem. - 1998. - V.30. - P. 561-571.
- 20 Nicolardot V., Recous S., Mary B. Simulation of S and N mineralisation during crop residue decomposition: a simple dynamic model based on the C:N ratio of the residues// Plant and Soil. - 2001. - V. 228. - P. 83-103.
- 21 Trinsoutrot et al, 2000a; 2000b i drugiye) Trinsoutrot I. Recous S., Mary B. Nicolardot V. S and N fluxes of decomposing ¹³C and ¹⁵N Brassica napus L.: effects of residue composition and N content// Soil Biology and Biochem. - 2000. - V. 32. - P. 1717-1730.
- 22 Trinsoutrot I., Recous S., Bentz V., Lineres M., Cheneby D., Nicolardot B. Biochemical quality of crop residues and carbon and nitrogen mineralization kinetics under non-limiting nitrogen conditions// Soil Sci. Soc. Amer. J. - 2000. - V. 64. - P. 918-926.
- 23 Karabalayeva R.M., Mamutov Zh.U., Chulakov Sh.A. Dinamika fitomassy v takyrovnykh pochvakh risovykh poley. V kn.: Povysheniye produktivnosti pochv risovykh poley. - M., 1975. - S. 48-53.
- 24 Rozanov A.N. Serozyomy Sredney Azii. - 1951. - S. 178-203.

25 Karaguyshiyeva D.K. Mikroflora takyrovodnykh pochv nizovy r. Ili//Trudy Instituta pochvovedeniya AN KazSSR. - 1969. - T. 16. - S. 24-41.

26 Chulakov Sh.A. Plotnost mikronaseleniya pochv Kzyl-Ordinskogo massiva orosheniya// Vestnik AN KazSSR, 1958. - № 8. - S. 83-88.

27 Geltser F.Yu., Lasukova T.P. Vliyaniye kultur na plodorodiye pochvy v uslovi-yakh oroshayemogo zemledeliya Sredney Azii. – Tashkent, 1954.

28 Ibrayeva M.A. Plodorodiye risovo-bolotnykh pochv Akdalinskogo massiva orosheniya (na primere AF «Birlik»)// Pochvovedeniye i agrokhimiya. - 2021. - № 2. - S. 5-19.

29 Ilyaletdinov A.N., Mikrobiologicheskiye prevrashcheniya azotosoderzhashchikh so-edineniy v pochve. - A., 1976. - 282 s.

30 Zhukov A. I., Popov P. D. Regulirovaniye balansa gumusa v pochve. — M.: Rosagropromizdat, 1988. - 40 s.

ТҮЙІН

М.А.Ибраева^{1*}, А.И.Сулейменова¹, Т.Р.Сундет¹

ӨСІМДІК ҚАЛДЫҚТАРЫНЫҢ ЖИНАЛУЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ КҮРІШ-ЖОҢЫШҚА АУЫСПАЛЫ ЕГІСТІКТЕРІ ТОПЫРАҒЫНЫҢ ГУМУСТЫҚ ЖАҒДАЙЫНА ӘСЕРІ.

¹Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-зерттеу институты, 050060, Алматы, әл-Фараби даңғылы, 75В, Қазақстан,
e-mail: ibraevamar@mail.ru

Мақалада топырақтың су басу жағдайында тамыр және өсімдік қалдықтарының агрономиялық рөлін зерттеудің нәтижелері берілген. Ауыспалы егістегі дақылдардың кезектесіп ауысуына байланысты күріш астындағы күрішті-батпақты топырақтардағы қарашірік күйінің түбегейлі өзгерістерге ұшырамайтыны анықталды. Қарашірік мөлшері мен тамыр массасы мөлшерлері арасында оң корреляция байқалды. Күріш егетін топырақтың биогенділігі мен құнарлылығы алдыңғы және топырақтың механикалық құрамына тікелей байланысты. Түпнұсқа үлгілердегі тамыр массасының ең жоғары мөлшері алдында жоңышқа егілген егістігінде болды, бірақ маусымның соңына (күзде) қарай қабатта күріш егу оның 2 есе азаюына әкелді, бұл күріш топырақтарындағы органикалық қалдықтардың минералдануының жоғары жылдамдығын көрсетеді. Осылайша, алдыңғы және ауыспалы егіске байланысты органикалық қалдықтардың тұрақты түрленуі жүреді. Бүкіл вегетациялық кезеңде жоңышқа егілген алқап бойымен күріш егілген топырақтарда азобты талшықты ыдырататын микроорганизмдер басым болды. Жоңышқа егілген алқап айналымы бойымен күріш егілген топырақтарда да талшықты ыдырататын микроорганизмдердің азобты формалары басым болды. Маусымдық динамикада талшықты ыдырататын микроорганизмдер санының күрт өсуі байқалды. Жүргізілген зерттеулер көктемде арпа егілген танаптың топырақ жамылғысының астындағы жоңышқа дақылдары бар топырақта *Mucor*, *Trichoderma* тектес саңырауқұлақтардың басым болатынын көрсетті. Жоңышқа егілген алқап қабаты бойындағы топырақтарда актиномицеттер *Act.albus* және *Trichoderma* саңырауқұлақтар, ал жоңышқа егілген алқап айналымы бойымен егілген топырақтарда шырышты саңырауқұлақтар мен актиномицеттер (*Act. albus*) басым болды.

Түйінді сөздер: қарашірік, суда еритін қарашірік, жоңышқа, күріш-жоңышқа ауыспалы егістігі, тамыр және сабан қалдықтары, талшықты ыдырататын микроорганизмдер.

SUMMARY

M.A. Ibrayeva^{1*}, A.I. Suleimenova¹, T.R. Sundet¹

ACCUMULATION OF PLANT RESIDUE AND THEIR INFLUENCE ON THE HUMUS
CONDITION OF SOILS OF RICE-LUCERN CROPTATION

¹*Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry, named after U.U. Usmanov, 050060, Almaty, al-Farabi ave., 75B, Kazakhstan, e-mail: ibraevamar@mail.ru*

The article presents the results of a study of the agronomic role of root and crop residues under conditions of soil flooding. It has been established that the humus state of rice-marsh soils under rice, subject to the alternation of crops in the crop rotation, does not undergo drastic changes. There is a positive correlation between the amount of humus and the content of root masses. The biogenicity and fertility of soils under rice cultivation is directly dependent on the predecessor and the mechanical composition of the soil. The highest content of the root mass in the original samples was in the field, where the predecessor layer was alfalfa, but the sowing of rice in the layer led to a decrease in it by the end of the season (in autumn) by more than 2 times, which indicates a high rate of mineralization of organic residues in rice soils. Thus, there is a constant transformation of organic residues, which depends on the predecessor and crop rotation. During the entire growing season, aerobic fiber-decomposing microorganisms predominated in the soils under rice sowing along the alfalfa layer. Aerobic forms of fiber-decomposing microorganisms also dominated in the soils under rice sowing along the turnover of the alfalfa layer. In seasonal dynamics, there was a sharp increase in the number of fiber-decomposing microorganisms. The conducted studies showed that in the soils with alfalfa crops under the cover of barley in the spring, fungi of the *Mucor Trichoderma* genera predominated. Actinomycetes *Act. albus* and fungi *Trichoderma* dominated in the soils along the alfalfa layer, and mucosal fungi and actinomycetes (*Act. albus*) dominated in the soils along the turnover of the alfalfa layer.

Key words: humus, water-soluble humus, alfalfa, rice-alfalfa crop rotation, root and stubble residues, fiber-decomposing microorganisms.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ибраева М.А. - кандидат с.-х. наук, зав. отделом плодородия и биологии почв. e-mail: *ibraevamar@mail.ru*

Сулейменова А.И. - магистр почвоведения и агрохимии, научный сотрудник отдела мелиорации засоленных почв e-mail: *s.altynai87@mail.ru*

Сундет Т.Р. - магистр сельскохозяйственных наук, инженер аналитик отдела плодородия и биологии почв

ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

SRNTI 68.05.43

<https://doi.org/10.51886/1999-740X.2022.3.38>**L.M. Kalimoldina^{1*}, G.S. Sultangazieva¹, M.Sh. Suleimenova¹****CONTAMINATION OF SOILS WITH HEAVY METAL IN THE URBAN AREA OF ALMATY**¹*Almaty Technological University, 100, Tolebi Str., Almaty, Kazakhstan,***email: Kalimoldina.laila@mail.ru*

Abstract. Heavy metals refer to special pollutants, monitoring of which is obligatory in all environments. In this regard, the study of soil contamination with heavy metals is one of the urgent issues. The research results showed that the amount of heavy metals in samples from sites located along the Tashkent tract was several times higher than the norm. The study of anthropogenic impact on soil microbiota is a necessary element of any biomonitoring study. Heavy metals already rank second in terms of danger, inferior to pesticides and well ahead of such well-known pollutants as carbon dioxide and sulfur. In the future, they may become more dangerous than nuclear power plant waste and solid waste. Contamination with heavy metals is associated with their widespread use in industrial production. Due to imperfect cleaning systems, heavy metals get into the environment, including soil, polluting and poisoning it.

Key words: soil, heavy metals, concentration, contamination, maximum permissible concentration.

INTRODUCTION

One of the main problems of the modern world is the impact of heavy metals on the environment. The spread of heavy metals in the living environment is intensively taking place not only in natural conditions, but also by anthropogenic means. These include production waste, transport, chaotic use of fertilizers, which contain heavy metals, and general urbanization. Residual substances emitted from transport smoke of the highway, which is located on the territory of Almaty city, have been polluting the environment for many years. The main ones are the degree of distribution of heavy metals into the air, soil and water. Heavy metals spread in the air in the direction of the wind, and in the soil, passing to the middle layers, they are transported to the plant organism through plant roots.

An important role in the process of anthropogenic changes in soils is played by their contamination with technological waste. The main group of pollutants includes heavy metals, the main part of which enters the lower layers of troposphere with emissions from industrial enterprises, migrating by air and settling into soil surface layers. The

position of polluting metals in space is quite complex and depends on many factors. However, even in any case, the soil is the main accumulator of technogenic part of heavy metals. Any type of industrial pollution of soils with heavy metal is estimated by increased concentration of metal compared to the initial natural concentration, to which plant and animal organisms have long adapted.

The soil largely determines the microelement composition of growing plant. Currently, the study of accumulation of heavy metals in soil and their passage through the nutrient chain is one of the important issues, since they have a long-term toxic effect on all living organisms, including the human body [1].

The purpose of our research work is to identify harmful substances in soil composition in anthropogenically contaminated zones. Environmental protection- the first issue, that is put before scientists, determination of the total and active concentration of heavy metals in soil. The second point is the development of simple and sufficiently reliable models for distribution of pollutants in order to predict the level of

pollution of natural objects. Thirdly, scientifically justified neutralization and rationing of heavy metals aimed to prevent the negative consequences of pollution. In general fractions in the form of dust (0.001-0.005 μm) of heavy metals that spread differently into the air, very small particles (0.001-0.005 μm) and medium-level fractions in different places make up about 34-54 % compared to large-sized fractions. According to scientific data, in trophic relations, human body takes 40-50 % of toxic substances from food, 20-40 % from water, 20-40 % from air. Heavy metal ions, entering this way are the main cause of occurrence of various diseases in the human body. In technogenically polluted areas, diseases of stomach are in the first place, diseases of respiratory system are in the second place, and diseases of circulatory system are in the third place. Therefore, purification of the environment from heavy metal ions and its preservation, apparently, is an urgent relevant issue [2].

Heavy metals, when entering the environment in large quantities, result in poisoning the soil. These metals include lead, zinc, cadmium, mercury, molybdenum, manganese, nickel, tin, cobalt, titanium, copper, vanadium. These elements are not destroyed by the process of self-purification of ecosystems when released into the environment. They accumulate in soil, pass to plants and then enter into biological circulation. The biological chain: soil-plant-human, soil-water-human and soil-atmospheric air penetrate the human body, causing various diseases.

MATERIALS AND METHODS

For conducting the research, we used an I-160M laboratory ionometer, which is designed to measure temperature in laboratory conditions, automatically converts electronic input signals from primary pH-converters or to information measurement signals displayed on automatic digital indicators of the

recovery of aqueous solutions, as well as analog and digital output signals. The device measures pH, as well as redox potential (eh), temperature (T) of monovalent and bivalent anions and cations (hereinafter referred to as ion activity, pX), as well as ion concentration (Cx) in aqueous solution (in accordance with approved measurement procedures).

This device is intended for use in laboratories of industrial enterprises and research institutions in various sectors of the national economy. The device consists of a measuring transducer (hereinafter referred to as the transducer) and a set of measurement accessories. The device is based on potentiometric method for measuring pH (pH) and eh of controlled solution. The operation of converter is based on conversion of electronic system and other sources of EMF into proportional voltage, followed by conversion into a digital code and an analog output signal. When measuring pX (pH) or eh solutions, electrode system is used, which is consisting of measuring and auxiliary electrodes. For this, various concentrations of lead were prepared and their potentials were determined. In the methods of phototurbidimetry and nephelometry, the element to be detected is converted into weakly soluble compound, and this compound must form a stable dispersion system during formation.

Soil samples were taken from the study sites from depth of 25 cm. Concentration of heavy metals and trace elements in soil samples has been determined in accordance with the guidelines for determination of heavy metals in soils and crop products suitable for agriculture [2].

Determination of sulfate ions in soil composition by turbidimetric method. Based on the basis of the method, $T_d = T_d + V/V_k$, using this formula we determined T_d - turbidity of sulfate ions, T_d - turbidity degree, V - volume of sulfate ions.

As turbidity value of soil solution increases, sulfate concentration decreases, and the degree of turbidity increases. The

turbidity of solution has changed at different concentrations, as shown in the graph (figure 1).

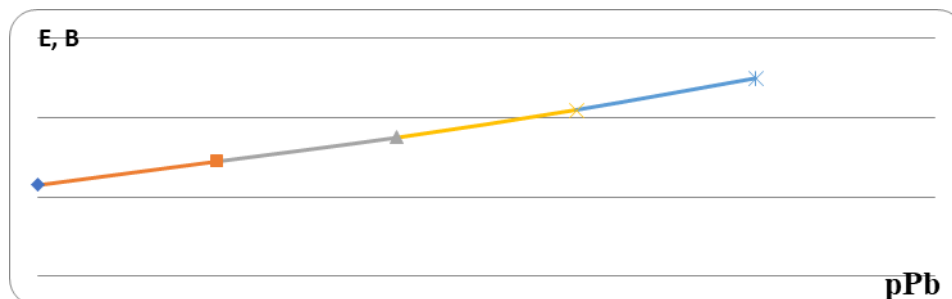


Figure 1 – Correlation between different lead concentrations and potentials

RESULTS AND DISCUSSION

To determine the amount of distribution of heavy metals in soil, we selected study sites where observations were made. On the territory of Almaty, study sites have been identified:

- study site No.1 - adjacent areas of Raiymbek avenue (Tashkentskaya st.);

- study site No.2 - botanical garden located in the central area of the city;

- study site No.3 - settlement "Altyn Orda" 2 km from the city

For this purpose, soil is taken from a depth of 30-35 cm per 1 square meter of land. The soil was taken from the surface, middle and lower layers and completely mixed (table 1).

Table 1- Concentration of heavy metals in soil (mg/kg)

Soil study site	Soil environme	Lead	Copper	Zinc	Cadmium
		32 mg/kg	33 mg/kg	55 mg/kg	1,0 mg/kg
No. 1 - areas adjacent to Raiymbek ave. (Tashkentskaya st.)	pH-8,2	445,72±6,74	136,45±4,64	169,26±4,85	10,71±1,42
No. 2 - Botanical Garden	pH-8,3	318,16±5,23	110,35±3,92	90.96±4.10	2,88±0,86
No. 3 - the settlement "Altyn Orda" 2 km from the city	pH-8,0	27,66±2,45	23,15±2,32	26,54±2,80	-

According to the results of study site No. 1, it was found that lead concentration in soil was 14 times higher than maximum permissible concentration (MPC), and amounted to 445.72 mg/kg. At the study site No. 2, the amount of lead was 318.16 mg/kg, which was 10 times higher than the MPC. At study site No.3, lead concentration was 27.66 mg/kg, i.e. did not exceed MPC (control samples).

Analysis of data on copper in soil showed that in the zone of Raiymbek avenue (Tashkentskaya street, site No.1), its concentration was 136.45 mg/kg, which is 4.2 times higher than the MPC. Taking into account that the established maximum concentration of copper in soil is 33.0 mg/kg. At the study site 2 (Botanical Garden), 110.35 mg/kg of copper was detected, which is 3.3 times

higher than the MPC. In the control sample, the amount of copper was 23.15 mg/kg, i.e. does not exceed the maximum permissible concentration [3].

In the soil along Raimbek Avenue, the highest accumulation of zinc 169.26 was observed which exceeds the MPC 3 times. In soil sample taken in the Botanical Garden, it is much less - 90.96 mg/kg, but there is also an excess of MPC by 1.6 times. Zinc concentration in soil sample of Altyn Orda is 2 times less than MPC.

Cadmium concentration in the area adjacent to Raiymbek Avenue is 10.7 times

higher than MPC. On the territory of the Botanical Garden, cadmium concentration is much lower, exceeding the MPC by 2.8 times. Cadmium was not found in the Altyn Ordy soil sample.

According to the results of table 2, in soil selected in the Botanical Garden, cadmium concentration in soils decreases as the distance decreases in other study sites. The deviation is observed in comparison with the nearest places, cadmium concentration decreases within 47.8-100 %

Table 2 - Cadmium concentration in soils of Almaty city, mg/kg

500 m		1000 m		1500 m		2000 m		500-2000 m
n	%	n	%	n	%	n	%	P
0,667	100	0,550	82,4	0,351	52,6	0,316	47,3	0,70
0,213	100	0,176	82,6	0,95	65,2	0,102	47,8	0,97
0,566	100	0,538	80,7	0,99	61,7	0,283	42,4	0,99
0,136	100	0,103	75,7	0,999	56,6	0,057	41,9	0,999

Table 3 shows that zinc concentration in soils decreased in terms of distance in other soil study sites, at study site of Raimbek Ave., the greatest accumulation of zinc 28.0 mg/kg was observed. The de-

crease of zinc concentration in the soil sample in the area of Altyn Orda was observed in the range of 18.8-100 % compared to the nearest sites.

Table 3 –Concentration of zinc in soils of Almaty, mg/kg

500 m		1000 m		1500 m		2000 m		500-2000 m
n	%	n	%	n	%	n	%	P
64,4	100	50,9	79,0	37,5	58,2	24,1	37,4	0,999
46,2	100	40,1	86,7	34,1	73,8	28,0	60,6	0,95
64,7	100	61,0	81,6	41,5	55,5	16,0	21,4	0,99
70,1	100	65,8	57,1	34,7	30,0	21,7	18,8	0,999

Table 4 shows that in soil sample of the Altyn Orda region, concentration of copper in soils decreases compared to other study sites. The deviation was

observed in comparison with the nearest sites, zinc concentration decreases within 36.1-100 %.

Table 4 - Copper concentration in soils of Almaty, mg/kg

500 m		1000 m		1500 m		2000 m		500-2000 m
n	%	n	%	n	%	n	%	P
-	100	8,4	76,0	6,67	-	-	-	-
7,15	100	7,08	99,0	6,78	60,3	5,84	52,8	0,99
25,7	100	20,23	78,7	14,76	94,8	6,27	87,6	0,96
2,88	-	-	-	-	57,4	9,29	36,1	0,999

Table 5 shows the data obtained during the research work on heavy metal contamination of soils in Almaty. The settlement "Altyn Orda", which is located 2

km from the city, there was a decrease in lead in the range of 58.9-100 % compared to the nearest sites.

Table 5 –Concentration of lead in soils of Almaty, mg/kg

500 m		1000 m		1500 m		2000 m		500-2000 m
n	%	n	%	n	%	n	%	P
6,19	100	5,90	95,3	5,53	89,3	4,89	78,9	0,99
0,93	100	0,76	81,7	0,59	63,4	0,42	45,1	0,96
8,72	100	4,22	48,3	1,83	20,9	1,54	17,6	0,99
0,73	100	0,63	86,3	0,53	72,6	0,43	58,9	0,999

The data obtained as a result of conducting studies on the level of heavy metals concentration, and sampling of soil at various distances in Almaty city, are presented. Soil contamination with heavy metals was especially often observed near the highway, as evidenced by the result of this work [4].

Thus, according to the research results, it was found that at different distances (500-2000 m) in the territory of Almaty, the adjacent areas to the south of Raiymbek avenue (Tashkentskaya street); botanical garden, to the east of the city; "Altyn Orda", 2 km south of the city, concentration of detected heavy metals in soils is at different levels. In accordance with this, in soils of the same region, heavy metals fluctuate in different concentrations.

The danger of the increased concentration of heavy metals in soil and atmosphere is also associated with their active absorption and accumulation in plants, which has negative effect not only on plant vital activity, but also poses a serious threat to human and animal health.

According to the results of statistical analysis, there is a direct correlation between soil and plants. Morphopathogenesis of leaves and all plants was observed in the zone of ventilation distribution of harmful residual substances. Leaf damage manifested itself as necrosis with a change in shape and color, as well as chlorosis, yellowing, loss

of turgor properties, color change, fall after change or minor external damage. In heavily polluted areas, industrial dust also has a significant negative impact on plants. Large dust particles (5-10 m/km) mechanically affect the above-ground plant organs. Dust, along with damage to buds, flowers, leaves (cutting down), damages the bark of the trees, causing its cracking and falling. Purified wood loses water and begins to fade, the function of potassium is disturbed, that is, the viability of the whole plant organism decreases [5].

Plants contaminated with cadmium in the entire atmosphere amount to 20-60 %. Cadmium which enters through the atmosphere can pollute the flora.

Lead mainly enters plants through the roots or even through the leaves. Atmospheric lead can reach 40 % compared to the content of vegetation in the area of highways.

The main amount of lead is concentrated on vegetative organs, and 4-7% of plant composition accumulates in the reproductive organs. The impact of heavy metals on plants and their response are subject to the well-known "dose-effect" correlation, which often has a two-phase character. This means that, at low concentrations, heavy metals can have a stimulating effect on plants (in relation to certain physiological processes and indicators), while higher doses cause an inhibitory effect, which increases as active

concentration increases. In certain cases, it can even end in the plant death.

Depending on the source of pollution (natural or technogenic), there are noticeable differences in the profile distribution of heavy metals in soil.

According to research data, concentration of heavy metals in soil is very high in comparison with the control zone. The concentration of heavy metals in soil, except for zinc, is much higher than in the studied areas (table 6).

Table 6 - Concentration of heavy metals in soils, mg/kg

Heavy metals	Concentration, mg/kg								
	500 meters		1000 meters		1500 meters		2000 meters		500-2000 м
	n	%	n	%	n	%	n	%	P
Cu	11	100	5,0	70	5,0	50	3,0	30	0,999
Cd	0,3	100	0,1	66,6	0,1	33,3	0,05	16,6	0,95
Pb	4,1	100	2,7	60	2,7	54	2,0	40	0,99
Zn	30	100	15,0	53,3	15,0	50	12,0	40	0,999

Heavy metals - is group of non-ferrous metals, which density exceeds the density of iron (7.874 g/cm³). These include zinc, lead, tin, manganese, bismuth, copper, mercury, antimony, nickel, cadmium. Therefore, concentration of heavy metals in the environment should not exceed the MPC [6].

Phytoremediation is the most important method of soil purification from heavy metals. Phytoremediation is cost-effective, and environmentally friendly compared to other physical and chemical methods. Depending on soil conditions and metal concentrations, plants account only 5 % of the cost of other solar energy cleaning methods. In this regard, the study of metal-saving activity of natural plant species in Kazakhstan is relevant and timely, and identification of the most effective plant species for phytoremediation of contaminated soils a promising direction.

For the phytoextraction method, it is necessary to clean the contaminated soil from heavy metals by increasing concentration of metal in biomass and aerial part of the plant, and conducting effective agronomic measures, taking into account physical and chemical properties of each heavy metal, biological characteristics of plants. Mowing and

removing the plant green mass, in which a large amount of metal ions has accumulated in soil, results in biological purification of soil. The rate of absorption of heavy metal from soil by the plant also depends on pH, soil density, redox reactions, concentration of organic substances in it, and concentration of other metal ions.

For toxic metals such as lead, the limiting factor is poor solubility, mobility, and vascular absorption of its salts. The only way to increase solubility of heavy metal salts is reduction of the pH, that is, soil acidification, concentrating lead at the roots [7].

CONCLUSION

Soil contamination with heavy metals is associated with intensive development of production and motor transport, as well as the fact that soil is not the only source of plant pollution. Plants can also be polluted with heavy metals through the atmosphere. High concentration of heavy metals in soil leads to disappearance of plant species which are sensitive to them and decrease in vegetation in a certain area.

Soil contamination with heavy metals was especially often observed near the highway, as evidenced by the results obtained in this work.

In connection with the increased number of vehicles in the environment, the "technogenic zones" appear. Due to the large amount of heavy metals in nature, only plant species which are resistant to these conditions, remain. The adaptability and natural selection of plants to extreme chemical conditions in the environment is determined by biochemical and physiological variability of organisms within populations. Under the influence of heavy metal, the cells of the root meristem zone are destroyed, and further zones of stretching and formation of root hairs. In strong and prolonged exposure to heavy metals. In regions which are contaminated with heavy metals, plant resistance increases, and intolerant and sensitive species die

completely. The issue of cleaning the soil, which is contaminated by their specific components, has not yet been solved. As a result of research work, the following goals were achieved:

- ways of heavy metals entry into the soil are determined;
- methods of determining heavy metals in soil are considered;
- amounts of distribution of heavy metals in soil at selected research sites where observations were done, were determined.

It is shown that the increased migration of chemical elements in biosphere affects the need to reduce concentration of heavy metals in soil, which pollute the wildlife components.

REFERENCES

- 1 Kul'sumakova A.I. Auyr metaldardyn Aral onirinin Kyzylorda boligi ajmagynda taraluy// Kosmos i chelovek, M-N. n-p-k 50 let K.Ery. Kiev-Kyzylorda, 2011. - 144-146 b.
- 2 Faizov K.SH., Asanbaev I.K., Ahmetova K.K. Kazakstan topyraktarynyn himiyalyk toksikanttarmen lastanuy// Gidrometeorologiya zhane ekologiya. - 2008. - №3-4. 156-165 b.
- 3 Kalimoldina L. M., Alipbaev A.N., Abilkasova S.O. Issledovanie zagryazneniya pochvy tyazhelymi metallami vblizi avtomagistralej g. Almaty i Almatinskoj oblasti - Promyshlennost' Kazahstana. - 2019. - №4. - 34 s.
- 4 Kanagatov ZH.ZH. Zerttelgen audannan alyngan topyrak synamalaryndagy auyr metaldardyn melsheri//KUAU/ Izdenister, natizheler gylymi zhurnaly. - Almaty. - №1. - 2009. - 77-79 b.
- 5 Platonov V.V., Proskuryakov V.A., Savchenkov V.E. i dr. Guminovye kisloty – Effektivnye sorbenty tyazhelyh metallov. – M., 2010. – 55 c.
- 6 Dobrovol'skij G.V. Auyr metaldardyn migraciya agyndaryn kalyptastyrudagy kara shirindi kyshkyldarynyn roli// Topyraktanu. - 2008. - №1. - 32-39 b.
- 7 Mamontov V.G. Pochvovedenie: Spravochnoe posobie Uchebnoe posobie. - Moskva: FORUM, OOO "Nauchno-izdatel'skij centr INFRA-M". - 2016. - 368 s.

ТҮЙІН

Л.М. Калимолдина^{1*}, Г.С. Султангазиева¹, М.Ш. Сулейменова¹
АЛМАТЫ ҚАЛАСЫНЫҢ ҚАЛА АЙМАҒЫНДАҒЫ ТОПЫРАҚТАРДЫҢ АУЫР
МЕТАЛДАРМЕН ЛАСТАНУЫ

¹Алматы технологиялық университеті, Қазақстан. Алматы қаласы, Төле би көшесі, 100, email: kalimoldina.laila@mail.ru

Ауыр металдар - бұл барлық орталарда бақылауды қажет ететін ерекше ластаушы заттар. Осыған байланысты топырақтың ауыр металдармен ластануын зерттеу біздің заманымыздың өзекті мәселелерінің бірі болып табылады. Деректер топырақтағы ауыр металдар мен олардың қосылыстарының шоғырлануы мен ұлғаюын көрсетеді. Бұл

мақалада топырақтың ластану көрсеткіштері анықталған. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, Алматы трассасының бойындағы, атап айтқанда Райымбек ауданының трактісі учаскелерінде ауыр металдардың мөлшері, нормадан бірнеше есе асып түсті. Топырақ микробиотасына антропогендік әсерді зерттеу кез-келген биомониторингтік зерттеудің қажетті элементі болып табылады. Қазірдің өзінде ауыр металдар пестицидтерден төмен және көміртегі диоксиді мен күкірт сияқты танымал ластаушы заттардан едәуір озып, қауіптілік деңгейі бойынша екінші орында. Болашақта олар атом электр станцияларының қалдықтары мен қатты қалдықтардан гөрі қауіпті болуы мүмкін. Ауыр металдардың ластануы олардың өнеркәсіптік өндірісте кеңінен қолданылуымен байланысты. Тазалаудың жетілмеген жүйелеріне байланысты ауыр металдар қоршаған ортаға, соның ішінде топыраққа еніп, оны ластайды және уландырады. Ауыр металдар арнайы ластаушы заттарға жатады, оларды бақылау барлық ортада міндетті болып табылады. Топырақ-ауыр металл түсетін негізгі орта, оның ішінде атмосфера мен сулы орта.

Түйінді сөздер: топырақ, ауыр металдар, концентрация, ластану, шекті рұқсат етілген концентрация.

РЕЗЮМЕ

Л.М. Калимолдина^{1*}, Г.С. Султангазиева¹, М.Ш. Сулейменова¹

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВ ГОРОДСКОЙ ЗОНЫ АЛМАТЫ

¹*Алматинский технологический университет, Казахстан. г. Алматы, ул.*

Толе би, 100, email: Kalimoldina.laila@mail.ru

Тяжелые металлы относятся к особым загрязняющим веществам, наблюдения за которыми обязательны во всех средах. В связи с этим изучение загрязнения почвы тяжелыми металлами является одной из актуальных проблем. Результаты исследований показали, что количество тяжелых металлов в пробах с участков, расположенных вдоль ташкенского тракта превышено в несколько раз от нормы. Изучение антропогенного воздействия на почвенную микробиоту является необходимым элементом любого биомониторингового исследования. Тяжелые металлы уже сейчас занимают второе место по степени опасности, уступая пестицидам и значительно опережая такие широко известные загрязнители, как двуокись углерода и сера. В перспективе они могут стать более опасными, чем отходы атомных электростанций и твердые отходы. Загрязнение тяжелыми металлами связано с их широким использованием в промышленном производстве. В связи с несовершенными системами очистки тяжелые металлы попадают в окружающую среду, в том числе и в почву, загрязняя и отравляя ее.

Ключевые слова: почва, тяжелые металлы, концентрация, загрязнение, предельно-допустимая концентрация.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Kalimoldina Laila Mautenovna - senior lecturer of the department "Chemistry, chemical technology and ecology", candidate of technical sciences, *e-mail: Kalimoldina.laila@mail.ru*

2 Sultangazieva Gulbaram. Sapina. - Lecturer of the Department of Chemistry, Chemical Technology and Ecology, Master of Agricultural Sciences, *e-mail: gul-2012@mail.ru*

3 Suleimenova Maria Shayakhmetovna - Head of the Department "Chemistry, Chemical Technology and Ecology", Candidate of Chemical Sciences, *e-mail: s.mariyash@mail.ru*

АГРОХИМИЯ

ГРНТИ 68.33.29

https://doi.org/10.51886/1999-740X_2022_3_46Е.В. Мамыкин^{1*}, Я.П. Наздрачёв¹, П.Е. Назарова²**ВЛИЯНИЕ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ И ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ**

¹ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева», 021601, Акмолинская обл., Шортандинский р-н, п. Шортанды-1, ул. Бараева, 15, Казахстан, *e-mail: tsenter-zerna@mail.ru

²НАО «Казахский агротехнический университет имени Сакена Сейфуллина», 010000, г. Нур-Султан, проспект Женис 62, Казахстан, e-mail: office@kazatu.kz

Аннотация. Представлены исследования по влиянию различных гидротермических условий, предшественников и минеральных удобрений на урожайность и вынос макроэлементов яровой мягкой пшеницы. Пшеницу возделывали в плодосменном севообороте при нулевой технологии обработки почвы на чернозёме карбонатном в ТОО «НПЦЗХ им. А.И. Бараева». Установлено, что максимальное содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы перед посевом пшеницы по гороху наблюдалось в 2018 году - 130 мм, минимальное в 2020 году - 84,5 мм. На пшенице, высеваемой по льну наибольшее количество продуктивной влаги отмечено в 2017 году - 125,1 мм, а наименьшее в 2012 году - 58,9 мм. Максимальная урожайность яровой пшеницы, высеваемой по стерне гороха и льна, в контрольном варианте была получена в 2018 году - 21,0 и 19,2 ц/га, а минимальная в 2012 году - 6,5 и 2,6 ц/га. Горох как предшественник для пшеницы обеспечивал влияние на ее урожайность в сравнении со стерней льна только в 50% изученных лет. По двум предшественникам достоверная прибавка за четыре изучаемых года была получена при внесении аммофоса Р20 в рядки при посеве, которая в зависимости гидротермических условий вегетации колебалась от 1,1 до 5,7 ц/га. Увлажненность вегетационного периода, предшественник и удобрения не оказывали существенного влияния на содержание макроэлементов в зерне пшеницы. Вынос азота, фосфора и калия зерном пшеницы зависел от урожайности, на уровень которой влияли погодные условия предшественник и удобрения. Наибольший вынос макроэлементов по двум предшественникам и вариантам опыта был отмечен в 2018 году, а наименьший - в 2012 году.

Ключевые слова: продуктивная влага, минеральные удобрения, азот, фосфор, вынос, нулевая технология, яровая пшеница.

ВВЕДЕНИЕ

Выращивание яровой мягкой пшеницы в Северном Казахстане, осуществляется в жестких погодноклиматических условиях и на различных почвенных разностях, что создает разнородность условий для роста и развития растений [1]. Учитывая большую пестротность данного региона, неправильный и необоснованный подход может привести к значительному снижению урожайности этой культуры [2]. Управление урожайностью в данном регионе, является очень сложным и проблематичным процессом, при кото-

ром необходимо учитывать множество факторов - погодные условия, продуктивная влага, способ обработки почвы и др. [3-5]. Очень важное значение для формирования урожайности пшеницы имеет сбалансированное питание растений макро- и микроэлементами [6], которое зависит от применения научно обоснованных доз минеральных удобрений для создания оптимальных условий питания растений [7-11].

Внесение минеральных удобрений способствует регулированию питательного режима почвы, улучшая её химические, физические и биологиче-

ские свойства, что положительно влияет на её плодородие [12, 13]. Однако, потребление макроэлементов пшеницей из почвенного раствора в данной климатической зоне, может значительно различаться в зависимости от условий года и по-разному влиять на её химический состав, а следовательно, и на количество выносимых ею питательных элементов из почвы [14, 15]. Совокупность этих факторов оказывает непосредственное влияние на эффективность вносимых минеральных удобрений и в конечном счёте на урожай.

Новизна исследований заключается в том, что в условиях Акмолинской области было изучено влияние условий увлажнения вегетационного периода на урожайность яровой мягкой пшеницы и вынос её основных элементов питания из почвы в плодосменном севообороте при нулевой технологии возделывания.

Цель исследования: изучить влияние предшественника, минеральных удобрений на урожайность яровой мягкой пшеницы и вынос макроэлементов из почвы зерном, при различных гидротермических условиях вегетационного периода.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые опыты по возделыванию яровой мягкой пшеницы по двум предшественникам (горох и лен) проводились в Акмолинской области на полях ТОО «НПЦЗХ им. А.И. Бараева». Выборка лет исследований подобрана по критериям гидротермического коэффициента увлажнения периода вегетации по Г.Т. Селянину: сухой (ГТК – < 0,4), очень засушливый (ГТК – 0,4-0,7), засушливый (ГТК – 0,7-1,0) и увлажнённый (ГТК – 1,3-1,6) [16]. Почва опытного участка – чернозем южный карбонатный тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Содержание гумуса – 3,4 %, pH – 7,3. Сорт яровой мягкой пшеницы – «Астана». Чередование культур в плодосменном севообороте:

горох–пшеница–лён–пшеница. Опыты развернуты во времени и в пространстве, повторность вариантов 4-х кратная. Размер делянки 4,3х50 м (площадь 210 м²). Все культуры в плодосменном севообороте возделывали в условиях нулевой технологии. Сроки посева, норма высева и глубина заделки семян – рекомендованные для зоны проведения исследований. Посев проводился сеялкой СКП-2,1 с чизельными сошниками. Минеральные удобрения аммофос (N-10 %, P₂O₅-46 %) в дозе P₂₀, аммиачная селитра (N-34 %) в дозе N₃₀, а также нитроаммофос (N-23 %, P₂O₅-23 %) в дозе P₂₀N₂₀ вносили ежегодно при посеве в рядки. Борьба с сорняками за неделю до посева проводилась гербицидом сплошного действия Торнадо 540 г/л в дозе 2 л/га. В период вегетации культуры для защиты посевов от вредителей, болезней и сорняков применяли различные группы пестицидов – инсекто-фунгицидный протравитель, гербициды, фунгициды и инсектициды.

Запас продуктивной влаги в метровом слое почвы определяли по Бакаеву Н.И. и Васьюко И.А. [17]. Запасы продуктивной влаги оценивались по шкале Вадюниной А.Ф. и Корчагиной З.А. [18]. Учет урожая проводили способом прямого комбайнирования поделочно, с последующим взвешиванием и пересчетом на стандартную влажность и чистоту. Математическая обработка данных проводилась методами дисперсионного анализа по Доспехову Б.А. [19] с применением программы «Snedecor».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для достижения поставленной цели были подобраны годы, контрастно различающиеся по гидротермическим условиям вегетационных периодов согласно градации по Селянину Г.Т.

Метеорологические условия вегетационного периода (июнь-август) 2012 года (ГТК – 0,5) характеризова-

лись высокими среднесуточными температурами и низким количеством атмосферных осадков (рисунок 1). Количество продуктивных осадков в июне

было низким – 29,3 мм (рисунок 2), что отрицательно сказалось на росте и развитии растений в начале развития пшеницы (ГТК за месяц 0,5).

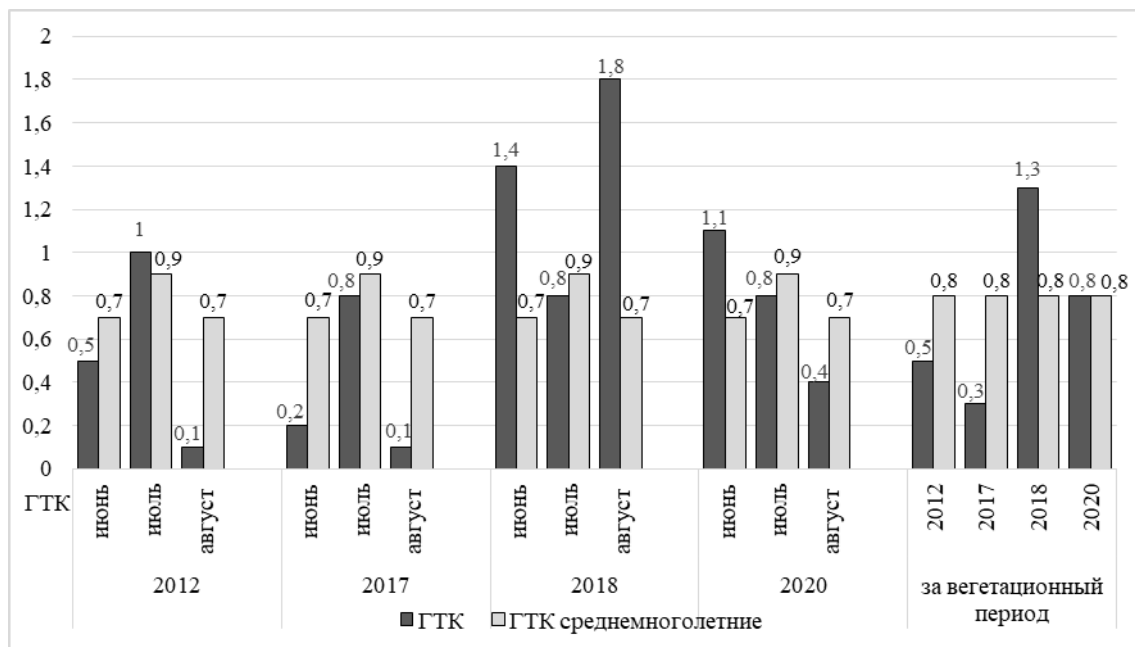


Рисунок 1 - Характеристика вегетационных периодов по различным условиям (июнь-август)

Максимум осадков выпал только 27 и 28 июля в количестве 67,6 мм, что на 10,6 мм больше среднемесячного значения (ГТК за месяц 1,0). Август был сухим (ГТК – 0,1), при норме в 39,8 мм выпало только 3,8 мм. Все наиболее важные фазы развития пшеницы, влияющие на формирование её продуктивности, протекали в экстремально засушливых условиях, и как следствие привели к получению низкого урожая. В целом за вегетационный период температура превышала среднемноголетние значения (18,5 °C) на 2,0 °C, дефицит осадков составил 26 % от многолетней нормы.

Вегетационный период 2017 года, так же характеризовался засушливыми климатическими условиями. В июне выпало всего 11,3 мм осадков, практически в три раза меньше среднемноголетней нормы (39,5 мм), а среднесуточ-

ная температура на 2,2 °C была выше многолетних значений (18,3 °C). ГТК за месяц составил – 0,2. Малое количество осадков, выпавших в июне, негативно повлияло на всхожесть и начальное развитие пшеницы. Максимум осадков, был отмечен в июле – 43,2 мм (меньше нормы на 13,8 мм), при среднесуточной температуре на уровне среднемноголетних значений (ГТК – 0,8). Август был острозасушливым (ГТК – 0,1) выпало всего 5,7 мм осадков, при температуре на 2,7 °C выше нормы. В сумме за вегетационный период выпало всего 60,2 мм, что в 2,3 раза меньше среднегодовых значений (136,3 мм). Среднесуточная температура вегетационного периода была на 1,1 °C выше нормы (18,5 °C). Поэтому, рост, развитие и формирование урожая яровой пшеницы проходило в основном за счёт запасов почвенной влаги.

2018 год по метеорологическим условиям был благоприятным для роста и развития растений пшеницы. Однако, в течение вегетационного периода, температурный режим характеризовался неустойчивостью, а выпавшие атмосферные осадки – неравномерностью распределения их по месяцам и декадам. Запас осенне-зимних осадков, оказывающих влияние на начальный период развития пшеницы, был очень благоприятным. Выпавшие осадки апреля-второй декады мая способствовали сохранению и накоплению влаги в метровом слое почвы. Осадки июня превышали многолетнюю норму почти

в два раза (ГТК – 1,4), что положительно повлияло на рост и развитие яровой пшеницы. Гидротермические условия июля были на уровне среднеемноголетних показателей. Осадки августа были в 2,2 раза выше, а температура на 4,8 градуса ниже нормы (ГТК - 1,8). Столь влажные погодные условия способствовало развитию болезней и увеличению периода вегетации пшеницы. В сумме за вегетационный период выпало 202,2 мм осадков, что в 1,5 раза было выше нормы. Температура была на 1,1 °C ниже среднеемноголетних значений (18,5 °C).

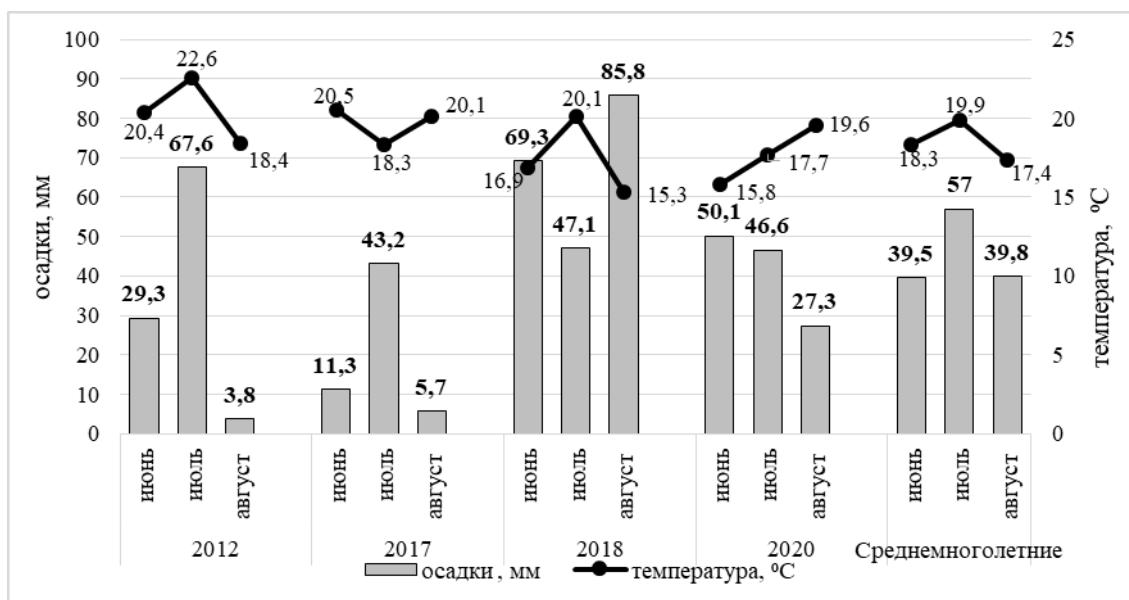


Рисунок 2 -Характеристика агрометеорологических условий вегетационного периода

В июне месяце 2020 года количество осадков было больше, а температура ниже среднеемноголетних данных (ГТК – 1,1). В июле эти показатели были ниже нормы, что позволило сформировать ГТК на уровне среднегодовых значений – 0,8. Благоприятные гидротермические условия июня и июля способствовали хорошему росту и развитию растений яровой пшеницы. В 1-ой и 2-ой декадах августа установилась сухая погода, которая ускорила созре-

вание зерновых культур. В сумме за вегетационный период выпало 124,0 мм осадков, что на 12,3 мм ниже нормы. Среднесуточная температура была на 0,8 °C ниже многолетних значений.

Как видно из представленных данных погодные условия изучаемых лет были крайне разнообразны и характеризовались неустойчивостью и неравномерностью температурного режима и выпадения атмосферных осадков.

В условиях Северного Казахстана, который расположен в зоне неустойчивого увлажнения первоочередное значение имеет содержание влаги в метровом слое почвы перед посевом. Эти запасы оказывают основное влияние на рост и развитие растений, а в отдельные годы урожайность культур напрямую зависит от их количества. Содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы в 2012 году перед посевом пшеницы по стерне гороха составляло 101,9 мм, по стерне льна – 58,9 мм (рисунок 3). Согласно градации Вадюниной и Корчагиной у первого предшественника запасы оцениваются как удовлетворительные, у второго – как плохие. Это связано с тем, что из-за глубокого промерзания почвы в зимний период, почва весной не успела вовремя оттаять, что привело к слабому усвоению небольшого количества зимних осадков. Ранняя весна способствовала

испарению почвенной влаги посевного слоя. Преимущество горохового предшественника объясняется тем, что после уборки гороха (в 2011 году) осталось больше пожнивных остатков, которые надёжно закрывали почву снижая испарение влаги. В 2017 году содержанию почвенной влаги по двум предшественникам хотя и оценивалось как удовлетворительные, но по стерне льна они на 17 % были выше, чем по гороху. Удовлетворительные запасы почвенной влаги перед посевом пшеницы наблюдались так же и в 2018 году. Содержание влаги в почве перед посевом пшеницы в 2018 году по гороху и льну было практически на одном уровне и составили 130,0 и 122,4 мм. В 2020 году увлажнение метрового слоя почвы перед посевом пшеницы по стерне гороха оценивалось как плохое (84,5 мм), а по стерне льна – как удовлетворительное (93,8 мм).

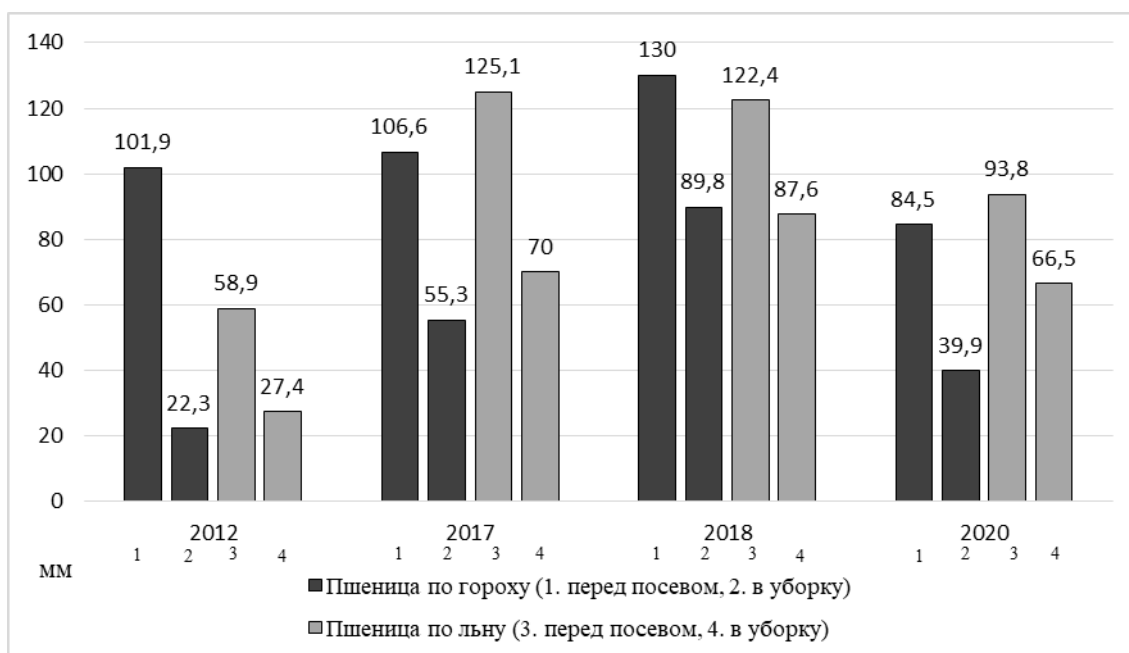


Рисунок 3 - Среднее содержание продуктивной влаги перед посевом и в уборку в метровом слое почвы, мм

В процессе вегетации происходило интенсивное потребление растениями почвенной влаги и к уборке, её количество было низким. Учитывая, что

годы были подобраны в зависимости от ГТК, то и осадки, неравномерно выпадающие в период вегетации пшеницы, также влияли на количество продук-

тивной влаги перед уборкой пшеницы. Так, например в засушливые 2012, 2017 и 2020 годы при высоком температурном фоне и невысоком количестве атмосферных осадков остаточное количество влаги в почве колебалось в пределах 14,7-55,3 мм. В 2018 году остаточные запасы влаги в почве после уборки пшеницы оценивались как удовлетворительные - 87,6-89,8 мм, что было на уровне предпосевных значений по отдельным годам.

Показатели продуктивности пшеницы могут кардинально отличаться по годам в зависимости от гидротермических условий, складывающихся в период её вегетации [20, 21]. Однако, при правильном проведении мероприятий по улучшению показателей роста и развития растений, можно сгладить влияние этих условий и добиться максимального увеличения урожайности возделываемых культур. Одним из таких мероприятий является обоснованное применение минеральных удобрений [22, 23]. В 2012 году продуктив-

ность пшеницы, посеянной после гороха в контрольном варианте, составила – 6,5 ц/га (таблица 1). Начало развития пшеницы проходило в очень засушливых условиях (при ГТК – 0,5). Жаркая и сухая погода при посеве способствовала иссушению верхнего слоя почвы и уменьшению запасов продуктивной влаги. Достоверные прибавки были получены во всех вариантах внесения удобрений. Однако наиболее эффективным было внесение нитроаммофоса, где прибавка зерна пшеницы составила - 1,7 ц/га. Урожайность пшеницы, возделываемой по стерне льна в контрольном варианте, была на 60 % меньше аналогичного варианта по стерне гороха. Это напрямую связано с более низкими стартовыми запасами продуктивной влаги и высоким температурным фоном в период вегетации пшеницы. Внесение минеральных удобрений по данному предшественнику в таких экстремальных условиях было не эффективно.

Таблица 1 – Урожайность яровой пшеницы по предшественникам в годы с различными гидротермическими условиями и вариантами удобрения, ц/га

Вариант (А)	2012 г.		2017 г.		2018 г.		2020 г.	
	ц/га (В)	+/-	ц/га (В)	+/-	ц/га (В)	+/-	ц/га (В)	+/-
Пшеница по гороху								
Контроль (без удобрений)	6,5	-	4,4	-	21,0	-	13,5	-
P20 аф в рядки	7,6	1,1	7,5	3,1	26,5	5,5	15,5	2,0
N30 аа в рядки	7,7	1,2	4,5	0,1	25,0	4,0	10,3	-3,2
P20N20 наф в рядки	8,2	1,7	4,6	0,2	27,2	6,2	12,6	-0,9
Пшеница по льну								
Контроль (без удобрений)	2,6	-	3,4	-	19,2	-	13,2	-
P20 аф в рядки	2,7	0,1	6,8	3,4	24,7	5,5	18,9	5,7
N30 аа в рядки	2,5	-0,1	5,5	2,1	20,4	1,2	15,1	1,9
P20N20 наф в рядки	3,0	0,4	7,0	3,6	26,7	7,5	18,8	5,6
HCP _{0,05}	А – 0,6; В – 0,8; А+В – 1,4		А – 0,8; В – 1,1; А+В – 1,6		А – 2,3; В – 3,3; А+В – 4,7		А – 1,4; В – 2,0; А+В – 3,0	

В 2017 году урожай пшеницы, посеваемой по стерне гороха, составил – 4,4 ц/га. Как и в предыдущем году, это связано с экстремальными гидротермическими условиями июня месяца, а

формирование урожайности пшеницы шло в основном за счет запасов почвенной влаги. Достоверное повышение урожайности пшеницы, в сравнении с контролем, на 70 % обеспечивало толь-

ко внесения аммофоса дозой P_{20} в рядки при посеве. Остальные варианты применения удобрений были не эффективны. Урожайность яровой пшеницы, возделываемой по стерне льна в варианте без удобрений, составила 3,4 ц/га, что на 23 % достоверно меньше, чем по стерне гороха. Низкая урожайность пшеницы по стерне льна, связана с низкими запасами почвенной влаги. Внесение минеральных удобрений во всех вариантах достоверно повышало продуктивность пшеницы в сравнении с контролем. Так, аммофос (P_{20}) увеличивал сбор зерна в два раза, а аммиачная селитра (N_{30}) – в 1,6 раза. Внесение нитроаммофоса было достоверно выше контрольного и азотного вариантов, но не имело преимущества перед фосфорным вариантом.

В 2018 г. развитие растений пшеницы во все наиболее важные фазы, проходило в благоприятных погодных условиях. Урожайность пшеницы по гороху в контрольном варианте составила 21,0 ц/га. Применение аммофоса и аммиачной селитры увеличивало сбор зерна на 5,5 и 4,0 ц/га. Использование нитроаммофоса не имело преимуществ перед аммофосом и аммиачной селитрой. Урожай пшеницы по стерне льна в контроле составил – 19,2 ц/га, что было на уровне аналогичного варианта по гороховому предшественнику. Применение аммофоса достоверно повышало сбор зерна пшеницы на 5,5 ц/га, по сравнению с контролем. Урожайность пшеницы в азотном варианте была на уровне контроля. Использование нитроаммофоса обеспечивало прибавку на уровне фосфорного варианта.

В 2020 году урожай зерна пшеницы по гороху составил – 13,5 ц/га. Осадки, выпавшие в июне месяце, способ-

ствовали увеличению запасов продуктивной влаги в почве и положительно повлияли на рост и развитие растений пшеницы. Достоверная прибавка зерна пшеницы получена только в фосфорном варианте – 2,0 ц/га. Внесение аммиачной селитры приводило к снижению урожайности пшеницы. Применение нитроаммофоса было не эффективным. Урожайность пшеницы, высеваемой по стерне льна в неудобренном варианте, составила – 13,2 ц/га, что было на уровне аналогичного варианта по стерне гороха. Прибавка зерна в фосфорном варианте составила 5,7 ц/га, на этом же уровне была урожайность при использовании нитроаммофоса. Внесение только азотного удобрения было не эффективно.

Питание растений, проходившее при различных гидротермических условиях изучаемых лет, существенно не влияло на количество макроэлементов в зерне пшеницы и находилось примерно на одном уровне независимо от предшественника и варианта удобрения. Количество элементов в зерне пшеницы колебалось по N в пределах 2,40-2,66 %, по P_2O_5 – 0,30-0,39 %, по K_2O – 0,40-0,48 % (таблица 2).

Вынос элементов питания на 1 тонну основной продукции, был в прямой зависимости от биохимического состава зерна и не сильно различался по годам. Количество отчуждаемого азота в контрольных вариантах независимо от условий года и предшественника было практически одинаковым и варьировало в пределах – 24,5-26,3 кг/т (таблица 3). Аналогичная ситуация отмечалась по фосфору и калию, где вынос был в пределах 3,0-3,9 и 4,0-4,8 кг/т. Минеральные удобрения существенного влияния на вынос макроэлементов не оказывали.

Таблица 2 – Содержание макроэлементов в зерне пшеницы в зависимости от гидротермических условий года и предшественника, %

Вариант	N				P ₂ O ₅				K ₂ O			
	2012 г.	2017 г.	2018 г.	2020 г.	2012 г.	2017 г.	2018 г.	2020 г.	2012 г.	2017 г.	2018 г.	2020 г.
Пшеница по гороху												
Контроль (без удобрений)	2,61	2,52	2,47	2,63	0,39	0,31	0,36	0,39	0,46	0,42	0,36	0,45
P20 аф в рядки	2,54	2,55	2,40	2,59	0,36	0,30	0,34	0,38	0,47	0,43	0,34	0,45
N30 аа в рядки	2,66	2,64	2,59	2,64	0,39	0,32	0,36	0,39	0,45	0,42	0,36	0,45
P20N20 наф в рядки	2,60	2,62	2,50	2,62	0,31	0,32	0,40	0,37	0,48	0,46	0,40	0,44
Пшеница по льну												
Контроль (без удобрений)	2,54	2,52	2,45	2,47	0,38	0,39	0,37	0,38	0,45	0,48	0,44	0,44
P20 аф в рядки	2,59	2,49	2,46	2,44	0,39	0,38	0,36	0,37	0,47	0,40	0,40	0,45
N30 аа в рядки	2,63	2,62	2,51	2,60	0,32	0,33	0,36	0,38	0,46	0,40	0,41	0,44
P20N20 наф в рядки	2,61	2,60	2,50	2,52	0,39	0,38	0,35	0,37	0,47	0,41	0,40	0,46
НСР _{0,5}	0,6				0,1				0,1			

Таблица 3 – Вынос элементов питания зерном пшеницы, кг/т

Вариант	N				P ₂ O ₅				K ₂ O			
	2012 г.	2017 г.	2018 г.	2020 г.	2012 г.	2017 г.	2018 г.	2020 г.	2012 г.	2017 г.	2018 г.	2020 г.
Пшеница по гороху												
Контроль (без удобрений)	26,1	25,2	24,7	26,3	3,9	3,1	3,6	3,9	4,6	4,2	3,6	4,5
P20 аф в рядки	25,4	25,5	24,0	25,9	3,6	3,0	3,4	3,8	4,7	4,3	3,4	4,5
N30 аа в рядки	26,6	26,4	25,9	26,4	3,9	3,2	3,6	3,9	4,5	4,2	3,6	4,5
P20N20 наф в рядки	26,0	26,2	25,0	26,2	3,1	3,2	4,0	3,7	4,8	4,6	4,0	4,4
Пшеница по льну												
Контроль (без удобрений)	25,4	25,2	24,5	24,7	3,8	3,9	3,7	3,8	4,5	4,8	4,4	4,4
P20 аф в рядки	25,9	24,9	24,6	24,4	3,9	3,8	3,6	3,7	4,7	4,0	4,0	4,5
N30 аа в рядки	26,3	26,2	25,1	26,0	3,2	3,3	3,6	3,8	4,6	4,0	4,1	4,4
P20N20 наф в рядки	26,1	26,0	25,0	25,2	3,9	3,8	3,5	3,7	4,7	4,1	4,0	4,6

Если содержание элементов питания в зерне пшеницы и их вынос на 1 тонну не зависели от гидротермических условий года, предшественника и удобрений, то уровень урожая оказывал непосредственное влияние на эту величину. Так, напри-

мер, наибольший вынос всех элементов с гектара в контрольных вариантах, независимо от предшественника отмечался при высокой урожайности пшеницы во влажном 2018 году - N – 47,0 и 51,9 кг/га, P₂O₅ – 7,1 и 7,6 кг/га, K₂O – 7,6 и 8,4 кг/га (таблица 4). Применение минеральных удобрений повышало вынос макроэлементов, за счет увеличения продуктивности. Максимальный вынос отмечался в варианте с нитроаммофосом, где по стерне гороха и льна он составил по азоту – 66,8 и 68,0 кг/га, по фосфору - 9,3 и 10,9, и по калию - 10,7 и 10,9 кг/га.

В засушливых условиях 2012 года количество отчуждаемого азота урожаем пшеницы, возделываемой по гороху в контрольном варианте, составило всего 17,0 кг/га. Внесенные удобрения повышали вынос данного элемента на 14-

29 %. По стерне льна независимо от варианта этот показатель был в два-три раза ниже, чем по стерне гороха. Аналогичная ситуация по изучаемым предшественникам и вариантам была отмечена по выносу фосфора и калия.

В засушливых условиях 2017 года вынос макроэлементов в контрольных вариантах по стерне гороха и льна был наименьшим и составлял по N – 11,1 и 8,6 кг/га, P₂O₅ – 1,4 и 1,3, K₂O – 1,8 и 1,6 кг/га. Максимальный вынос азота зерном пшеницы, возделываемой по гороху был в варианте с аммофосом P20 – 19,1 кг/га, а по стерне льна в варианте с нитроаммофоса P20N20 – 18,2 кг/га. Наибольшее отчуждение фосфора и калия так же было отмечено на аналогичных вариантах по двум предшественникам.

Таблица 4 – Вынос элементов питания зерном пшеницы, кг/га

Вариант	N				P ₂ O ₅				K ₂ O			
	2012 г.	2017 г.	2018 г.	2020 г.	2012 г.	2017 г.	2018 г.	2020 г.	2012 г.	2017 г.	2018 г.	2020 г.
Пшеница по гороху												
Контроль (без удобрений)	17,0	11,1	51,9	35,5	2,5	1,4	7,6	5,3	3,0	1,8	7,6	6,1
P20 аф в рядки	19,3	19,1	63,6	40,1	2,7	2,3	9,0	5,9	3,6	3,2	9,0	7,0
N30 аа в рядки	20,5	11,9	64,8	27,2	3,0	1,4	9,0	4,0	3,5	1,9	9,0	4,6
P20N20 наф в рядки	21,3	12,1	68,0	33,0	2,5	2,5	10,9	4,7	3,9	2,1	10,9	5,5
Пшеница по льну												
Контроль (без удобрений)	6,6	8,6	47,0	32,6	1,0	1,3	7,1	5,0	1,2	1,6	8,4	5,8
P20 аф в рядки	7,0	16,9	60,8	46,1	1,1	2,6	8,9	7,0	1,3	2,7	9,9	8,5
N30 аа в рядки	6,6	14,4	51,2	39,3	0,8	1,8	7,3	5,7	1,2	2,2	8,4	6,6
P20N20 наф в рядки	7,8	18,2	66,8	47,4	1,2	2,7	9,3	7,0	1,4	2,9	10,7	8,6

В 2020 году количество выносимых элементов питания зерном пшеницы в контрольных вариантах по двум предшественникам было практически одинаковым и составляло по N-32,6-35,5 кг, по P₂O₅ – 5,0-5,3 и по K₂O - 5,8-6,1 кг/га. Максимальный вы-

нос азота зерном пшеницы отмечен: по стерне гороха в варианте P20, по стерне льна - при применении аммофоса P20 и нитроаммофоса P20N20. На этих же вариантах отмечалось наибольшее отчуждение урожаем пшеницы P₂O₅ и K₂O.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В регионах с неустойчивым увлажнением урожайность яровой пшеницы в первую очередь зависит от запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы перед посевом и количеством осадков, выпадающих в июне месяце. Поэтому максимальная урожайность яровой пшеницы была получена в увлажненный 2018 год, независимо от предшественника, а наименьшая в 2012 году. Рядковое внесение аммофоса Р20 достоверно повышало урожай зерна пшеницы во все годы независимо от

увлажнения. Влияние гороха, как предшественника для яровой пшеницы, обеспечивало преимущество по урожаю над стернёй льна только в половине изученных лет. Гидротермические условия, предшественник и удобрения не повлияли на содержание макроэлементов в зерне пшеницы. Вынос азота, фосфора и калия зависел напрямую от уровня урожайности, на которую оказывали влияние погодные условия, предшественник и варианты удобрений.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Работа подготовлена в рамках программно-целевого финансирования Министерства образования и науки Республики Казахстан BR10764908: «Разработать систему земледелия возделывания сельскохозяйственных культур (зерновых, зернобобовых, масличных и технических культур) с применением элементов технологии возделывания, дифференцированного питания, средств защиты растений и техники для рентабельного производства на основе сравнительного исследования различных технологий возделывания для регионов Казахстана».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Агроклиматические ресурсы Северо-Казахстанской области [Текст]: научно-прикладной справочник / Под ред. С.С. Байшоланова. – Астана. – 2017. – 125 с.
- 2 Зыкин В.А. Экология пшеницы [Текст]: монография/ В.А. Зыкин, В.П. Шмакин, И.А. Белан. – Омск: изд-во ОмГАУ, – 2000. – 124 с.
- 3 Можаяев Н.И. Растениеводство [Текст]/ Н.И. Можаяев, К.К. Аринов, А.Н. Нургаалиев, А.Н. Можаяев. – Акмола. – 1996. – 356 с.
- 4 Рутц Р.И. Научные основы и практические результаты селекции яровой пшеницы и озимых мятликовых культур в Западной Сибири [Текст]/ Р.И. Рутц. - Новосибирск: РАСХН. Сиб. отд-ние. СибНИИСХ, – 2005. - 624 с.
- 5 Зыкин В.А. Экологическая пластичность сельскохозяйственных растений (методика и оценка) [Текст]/ В.А. Зыкин, И.А. Белан, В.С. Юсов, [и др.] – Уфа. – 2011. – 97 с.
- 6 Вильдфлуш И. Р. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур [Текст]/ И. Р. Вильдфлуш, П. А. Саскевич [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, П. А. Саскевича. – Горки: БГСХА, – 2016. – 383 с.
- 7 Ряховский А.В. Агрономическая химия в приложении к условиям степных районов Российской Федерации [Текст]/ А.В. Ряховский, И.А. Батулин, А.П. Березнёв. - Оренбург. – 2004. – С. 283.
- 8 Елисеев В.И. Влияние систематического внесения различных доз минеральных удобрений на урожайность яровой мягкой пшеницы [Текст] / В.И. Елисеев// Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 6 (62). – С. 16-17.

9 Елисеев В.И. Зависимость содержания белка в зерне яровой мягкой пшеницы от систематического внесения различных доз минеральных удобрений [Текст]/ В.И. Елисеев// Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 2 (64). – С. 14-16.

10 Елисеев В.И., Химический состав растений яровой пшеницы и вынос питательных веществ с урожаем при длительном применении удобрений [Текст] / В.И. Елисеев, Р.Р. Абдрашитов// Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 6 (68). – С. 237-239.

11 Абдрашитов Р.Р. Влияние основного внесения минеральных удобрений на продуктивность яровой твёрдой пшеницы в Оренбургском Предуралье [Текст]/ Р.Р. Абдрашитов// дисс. канд. с.-х. наук. – Оренбург, – 2014. – 220 с.

12 Кирюшин В.И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтном земледелии [Текст]/ В.И. Кирюшин// Почвоведение. – 2019. – № 9. – С. 1130-1139. DOI: 10.1134/S0032180X19070062.

13 Шафран С.А. Развитие исследования по диагностике минерального питания растений [Текст] / С.А. Шафран// Агрохимия. – 2014. – № 3. – С. 3-11.

14 Найдин П.Г. Географические особенности биологического выноса из почвы азота, фосфора и калия [Текст]/ П.Г. Найдин, И.В. Гулидова// Агрохимия. – 1969. – №10. – С. 130-140.

15 Панников В.Д. Почва, климат, удобрение и урожай [Текст]/ В.Д. Панников, В.Г. Минеев. –М.: Агропромиздат, – 1987. – 512 с.

16 Селянинов Г.Т. О сельскохозяйственной оценке климата// Труды по сельскохозяйственной метеорологии. – 1928. Вып. 20. – С. 165-177.

17 Бакаев Н.И., Васько И.А. Методика определения влажности почвы в агротехнических опытах [Текст]/ Н.И. Бакаев, И.А. Васько// Методические указания и рекомендации по вопросам земледелия. – Целиноград. – 1975. – С. 57-80.

18 Вадюнина А.Ф. Методы исследования физических свойств почв [Текст]/ А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина – Москва: Агропромиздат, – 1986. – 416 с.

19 Доспехов Б.А. Методика полевого опыта [Текст]/ Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, – 1985. – 351 с.

20 Зубаилова Г. И. Агрометеорологические показатели формирования урожая яровой пшеницы в лесостепной зоне Красноярского края [Текст]/ Г. И. Зубаилова// Автореф. дис. к. с.-х. н. – Москва. – 1982. – 18 с.

21 Журавлева Н.Н. Изменения урожайности яровой пшеницы в различные по метеоусловиям годы [Текст] /Н.Н. Журавлева, В.А. Сапега, Г.Ш. Турсумбекова// Земледелие. – 2010. – № 1. – С. 35-36.

22 Терехова О.Б. Применение научно обоснованных доз минеральных удобрений на землях сельскохозяйственного назначения нижегородской области [текст]/ О.Б. Терехова, Н.В. Родыгина, Г.И. Капитанова// Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2021. – № 1-1 (52). – С. 57-61.

23 Шустикова Е.П. Эффективность длительного использования минеральных удобрений на чернозёме обыкновенном [Текст]/ Е.П. Шустикова, Н.Н. Шаповалова, Е.В. Богатырева// Земледелие. – 2012. – № 3. – С.13-16.

REFERENCES

1 Agroklimaticheskiye resursy Severo-Kazakhstanskoy oblasti [Tekst]: nauch-no-prikladnoy spravochnik / Pod red. S.S. Baysholanova. – Astana. – 2017. – 125 s.

- 2 Zykin V.A. Ekologiya pshenitsy [Tekst]: monografiya/ V.A. Zykin, V.P. Shmakin, I.A. Belan. – Omsk: izd-vo OmGAU, – 2000. – 124 s.
- 3 Mozhayev N.I. Rasteniyevodstvo [Tekst]/ N.I. Mozhayev, K.K. Arinov, A.N. Nurgaliyev, A.N. Mozhayev. – Akmla. – 1996. – 356 s.
- 4 Rutts R.I. Nauchnye osnovy i prakticheskiye rezultaty selektsii yarovoy pshenitsy i ozimyykh myatlikovykh kultur v Zapadnoy Sibiri [Tekst]/ R.I. Rutts. Novosibirsk: RASKhN. Sib. otd-niye. SibNIISKh, – 2005. 624 s.
- 5 Zykin V.A. Ekologicheskaya plastichnost sel'skokhozyaystvennykh rasteny (metodika i otsenka) [Tekst]/ V.A. Zykin, I.A. Belan, V.S. Yusov, [i dr.] – Ufa. – 2011. – 97 s.
- 6 Vildflush I. R. Sovremennyye tekhnologii vozdeyvaniya sel'skokhozyay-stvennykh kultur [Tekst]/ I. R. Vildflush, P. A. Saskevich [i dr.]; pod red. I. R. Vildflusha, P. A. Saskevicha. – Gorki: BGSKhA, – 2016. – 383 s.
- 7 Ryakhovsky A.V. Agronomicheskaya khimiya v prilozhenii k usloviyam stepnykh rayonov Rossyskoy Federatsii [Tekst]/ A.V. Ryakhovsky, I.A. Baturin, A.P. Berez-nyov. Orenburg. – 2004. – S. 283.
- 8 Yelisseyev V.I. Vliyaniye sistemicheskogo vneseniya razlichnykh doz mineralnykh udobreny na urozhaynost yarovoy myagkoy pshenitsy [Tekst] / V.I. Yelisseyev// Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – № 6 (62). – S. 16-17.
- 9 Yelisseyev V.I. Zavisimost sodержaniya belka v zerne yarovoy myagkoy pshenitsy ot sistemicheskogo vneseniya razlichnykh doz mineralnykh udobreny [Tekst]/ V.I. Yelisseyev// Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – № 2 (64). – S. 14-16.
- 10 Yelisseyev V.I., Khimichesky sostav rasteny yarovoy pshenitsy i vynos pitatelnykh veshchestv s urozhayem pri dlitelnom primenenii udobreny [Tekst] / V.I. Yelisseyev, R.R. Abdrashitov// Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – № 6 (68). – S. 237-239.
- 11 Abdrashitov R.R. Vliyaniye osnovnogo vneseniya mineralnykh udobreny na produktivnost yarovoy tvyordoy pshenitsy v Orenburgskom Predural'ye [Tekst]/ R.R. Abdrashitov// diss. kand. s.-kh. nauk. – Orenburg, – 2014. – 220 s.
- 12 Kiryushin V.I. Upravleniye plodorodiyem pochv i produktivnostyu agrotsenozov v adaptivno-landshaftnom zemledelii [Tekst]/ V.I. Kiryushin// Pochvovedeniye. – 2019. – № 9. – S. 1130-1139. DOI: 10.1134/S0032180X19070062.
- 13 Shafran S.A. Razvitiye issledovaniya po diagnostike mineralnogo pitaniya rasteny [Tekst] / S.A. Shafran// Agrokimiya. – 2014. – № 3. – S. 3-11.
- 14 Naydin P.G. Geograficheskiye osobennosti biologicheskogo vynosa iz pochvy azota, fosfora i kaliya [Tekst]/ P.G. Naydin, I.V. Gulidova// Agrokimiya. – 1969. – №10. – S. 130-140.
- 15 Pannikov V.D. Pochva, klimat, udobreniye i urozhay [Tekst]/ V.D. Pannikov, V.G. Mineyev. – M.: Agropromizdat, – 1987. – 512 s.
- 16 Selyaninov G.T. O sel'skokhozyaystvennoy otsenke klimata// Trudy po sel'skokhozyaystvennoy meteorologii. – 1928. Vyp. 20. – S. 165-177.
- 17 Bakayev N.I., Vasko I.A. Metodika opredeleniya vlazhnosti pochvy v agrotekhnicheskikh opytakh [Tekst]/ N.I. Bakayev, I.A. Vasko// Metodicheskiye ukazaniya i rekomendatsii po voprosam zemledeliya. – Tselinograd. – 1975. – S. 57-80.
- 18 Vadyunina A.F. Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv [Tekst]/ A.F. Vadyunina, Z.A. Korchagina – Moskva: Agropromizdat, – 1986. – 416 s.

19 Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Tekst]/ B.A. Dospekhov. – М.: Agropromizdat, – 1985. – 351 s.

20 Zubailova G. I. Agrometeorologicheskiye pokazateli formirovaniya urozhaya yarovoy pshenitsy v lesostepnoy zone Krasnoyarskogo kraya [Tekst]/ G. I. Zubailova// Avtoref. dis. k. s.-kh. n. – Moskva. – 1982. – 18 s.

21 Zhuravleva N.N. Izmeneniya urozhaynosti yarovoy pshenitsy v razlichnye po meteorosloviyam gody [Tekst] /N.N. Zhuravleva, V.A. Sapega, G.Sh. Tursumbekova// Zemledeliye. – 2010. – № 1. – S. 35-36.

22 Terekhova O.B. Primeneniye nauchno obosnovannykh doz mineralnykh udobreny na zemlyakh selskokhozyaystvennogo naznacheniya nizhegorodskoy oblasti [tekst]/ O.B. Terekhova, N.V. Rodygina, G.I. Kapitanova// Mezhdunarodny zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk. – 2021. – № 1-1 (52). – S. 57-61.

23 Shustikova Ye.P. Effektivnost dlitel'nogo ispolzovaniya mineralnykh udobreny na chernozyome obyknovennom [Tekst]/ Ye.P. Shustikova, N.N. Shapovalova, Ye.V. Bogatyreva// Zemledeliye. – 2012. – № 3. – S.13-16.

ТҮЙІН

Е.В. Мамыкин^{1*}, Я.П. Наздрачев¹, П.Е. Назарова²

ВЕГЕТАЦИЯ КЕЗЕҢІНІҢ АГРОКЛИМАТТЫҚ ЖАҒДАЙЛАРЫНЫҢ ЖАЗДЫҚ ЖҰМСАҚ БИДАЙ ШЫҒЫМЫНА ӘСЕРІ ЖӘНЕ ҚОРЕКТІК ЭЛЕМЕНТТЕРДІ АЛУ

¹ЖШС «А.И. Бараев атындағы астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы», 021601 Ақмола облысы, Шортанды ауданы, Шортанды-1, Бараев көшесі, 15, Қазақстан, e-mail: tsenter-zerna@mail.ru

²«Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті» КЕАҚ, 010000, Нұр-Сұлтан қаласы, Жеңіс даңғылы, 62, Қазақстан, e-mail: office@kazatu.kz

Жұмыста жаздық жұмсақ бидайдың өнімділігіне және макроэлементтердің жойылуына әртүрлі гидротермиялық жағдайлардың, прекурсорлар мен минералды тыңайтқыштардың әсері туралы зерттеулер берілген. Бидай ауыспалы егіспен нөлдік өңдеу технологиясымен әкті қара топырақта Н.П. А.И. Бараев. Асбұршаққа арналған бидай себу алдында топырақтың бір метрлік қабатындағы өнімді ылғалдың максималды мөлшері 2018 жылы – 130 мм, ең азы 2020 жылы – 84,5 мм болғаны анықталды. Зығыр егілген бидайда өнімді ылғалдың ең көп мөлшері 2017 жылы – 125,1 мм, ал ең азы 2012 жылы – 58,9 мм болды. Бақылау нұсқасында бұршақ және зығыр сабанына егілген жаздық бидайдың максималды өнімділігі 2018 жылы – 21,0 және 19,2 ц/га, ал ең төменгісі – 2012 жылы – 6,5 және 2,6 ц/га алынды. Асбұршақ бидайдың прекурсоры ретінде зерттелген жылдардың 50%-ында ғана зығыр сабағымен салыстырғанда оның өнімділігіне әсер етті. Екі предшественниктердің мәліметтері бойынша, егіс кезінде қатарларға аммофос P20 енгізгенде зерттелген төрт жыл ішінде айтарлықтай өсім алынды, ол вегетациялық кезеңнің гидротермиялық жағдайына байланысты 1,1-ден 5,7 ц/га-ға дейін болды. Бидай дәніндегі макроэлементтердің мөлшеріне вегетациялық кезеңнің ылғалдылығы, алдыңғы және тыңайтқыштар айтарлықтай әсер еткен жоқ. Бидай дәнінің азотты, фосфорды және калийді жоюы өнімге байланысты болды, оның деңгейіне алдыңғы және тыңайтқыштардың ауа райы жағдайлары әсер етті. Эксперименттің екі предшественнигі мен нұсқалары үшін макронутриенттердің ең көп жойылуы 2018 жылы, ал ең азы - 2012 жылы байқалды.

Түйінді сөздер: өнімді ылғал, минералды тыңайтқыштар, азот, фосфор, жою, нөлдік технология, жаздық бидай.

SUMMARY

E.V. Mamykin^{1*}, Ya.P. Nazdrachev¹, P.E. Nazarova²

INFLUENCE OF AGROCLIMATE CONDITIONS OF THE VEGETATION PERIOD ON YIELD OF SPRING SOFT WHEAT AND REMOVAL OF NUTRITION ELEMENTS

LLP "A.I. Barayev Research and production center for grain farming", 021601
Akmola region, Shortandy district, Shortandy-1 village, Barayev street, 15, Kazakhstan,
e-mail: tsenter-zerna@mail.ru

²NJSC "Kazakh Agrotechnical University named after Saken Seifullin", 010000,
Nur-Sultan, Zhenis Avenue, 62, Kazakhstan, e-mail: office@kazatu.kz

The paper presents studies on the effect of various hydrothermal conditions, precursors and mineral fertilizers on the yield and removal of macronutrients by spring soft wheat. Wheat was cultivated in crop rotation with zero tillage technology on calcareous chernozem at N.P. A.I. Barayev. It has been established that the maximum content of productive moisture in a meter layer of soil before sowing wheat for peas was observed in 2018 - 130 mm, the minimum in 2020 - 84.5 mm. On wheat sown on flax, the largest amount of productive moisture was noted in 2017 - 125.1 mm, and the smallest in 2012 - 58.9 mm. The maximum yield of spring wheat sown on pea and flax stubble in the control variant was obtained in 2018 - 21.0 and 19.2 c/ha, and the minimum in 2012 - 6.5 and 2.6 c/ha. Peas as a precursor for wheat provided an impact on its yield in comparison with flax stubble only in 50% of the studied years. According to the two predecessors, a significant increase over the four studied years was obtained when ammophos P20 was introduced into the rows during sowing, which, depending on the hydrothermal conditions of the growing season, ranged from 1.1 to 5.7 c/ha. The humidity of the growing season, the predecessor and fertilizers did not have a significant effect on the content of macronutrients in wheat grain. The removal of nitrogen, phosphorus and potassium by wheat grain depended on the yield, the level of which was influenced by the weather conditions of the predecessor and fertilizers. The largest removal of macronutrients for the two predecessors and variants of the experiment was noted in 2018, and the smallest - in 2012.

Key words: productive moisture, mineral fertilizers, nitrogen, phosphorus, removal, zero technology, spring wheat.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1 Мамыкин Евгений Владимирович – научный сотрудник лаборатории «Агрохимии и удобрений», магистр, e-mail: tamykin_ev@mail.ru

2 Наздрачев Яков Павлович – старший научный сотрудник лаборатории «Агрохимии и удобрений», кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: yakov.n.81@mail.ru

3 Назарова Перизат Ержанаткызы – докторант PhD НАО «Казахский агротехнический университет имени Сакена Сейфуллина», e-mail: nazarova_perizat@mail.ru

ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

ГРНТИ 68.05.45

<https://doi.org/10.51886/1999-740X.2022.3.60>Ф.Д. Микаилсой^{1*}**ВЛИЯНИЕ ВЫСОКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ СУБСТРАТА НА КАТАЛАЗНУЮ РЕАКЦИЮ В СУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ (ПРОВИНЦИЯ ЫГДЫР, ТУРЦИЯ)****1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КИНЕТИКИ ФЕРМЕНТАТИВНЫХ РЕАКЦИЙ В ПОЧВЕ**

¹Сельскохозяйственный факультет университета «Ыгдыр», 76000, Ыгдыр, Кампус имени Шехит Бюлент Юртсевер, Турция, *e-mail: fariz.mikailsoy@igdir.edu.tr

Аннотация. В работе изложены классические и современные представления моделирования ферментативных процессов и определения начальной скорости ферментативной реакции графическими и аналитическими методами. Приводятся методики определения начальной скорости ферментативной реакции в почвах. В отличие от аналитического метода Ньютона-Грегори предлагается новый метод определения начальных скоростей реакций, катализируемых ферментами. Для этой цели, рекомендуются наиболее часто используемые моделирования: гиперболический, биномиальный, биномиально-параболические многочлены 5-й и 6-й степени, псевдополиномы 5-й и 6-й степени модели. Предложено использование пакетной программы на ЭВМ для вычисления кинетических параметров. Показана перспективность использования математического моделирования при изучении ферментативных реакций в почве.

Ключевые слова: почва, ферментативная реакция, начальная скорость, ингибирование субстратом, моделирование.

ВВЕДЕНИЕ

Кинетика ферментативных реакций – раздел энзимологии, изучающий зависимость скорости химических реакций, катализируемых ферментами, от химической природы реагирующих веществ, а также от факторов окружающей среды.

По вопросам кинетики действия почвенных ферментов проведены многочисленные исследования [1–16]. Кинетический подход к изучению почвенных ферментов сложился в прошлом столетии, и особенно начиная с 1950 годы в этом направлении наблюдается значительный прогресс.

Известно, что почвенные ферменты могут с полным основанием рассматриваться как ферменты организмов, иммобилизованные на поверхности почвенных частиц. Тогда более целесообразно исследовать кинетику почвенно-ферментативных реакций в стационарном режиме.

Стационарная кинетика находит широкое применение при исследовании ферментативных реакций. Она основана [3, 7, 10–13, 18–19] на измерении начальной скорости v_0 образования продуктов реакции при различных концентрациях субстрата, который, как правило, меняются в интервале $[S] = 10^{-2} - 10^{-3}$ М.

ПОНЯТИЕ О ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ

Ферментативная активность почвы. Все биологические процессы, связанные с превращением веществ и энергии в почве, осуществляются с помощью ферментов, играющих важную роль в мобилизации элементов питания растений, а так же, обуславливающих интенсивность и направленность наиболее важных биохимических процессов, связанных с синтезом и распадом гумуса, гидролизом органических соединений и окислительно-восстановительным режимом почвы [6, 20].

Формирование и функционирование ферментативной активности почвы - сложный и многофакторный процесс. Согласно системно-экологической концепции он представляет собой единство экологически обусловленных процессов поступления, стабилизации и проявления активности ферментов в почве. Эти три звена определены как блоки продуцирования, иммобилизации и действия ферментов [21–23].

Ферменты в почве - это продукты метаболизма почвенного биоценоза, но мнения о вкладе различных компонентов в их накоплении противоречивы.

Ряд исследователей [24, 25] считает, что основная роль в обогащении почвы ферментами принадлежит корневым выделениям растений, другие [26] – почвенным животным, большинство же [27–33] придерживаются мнения о том, что *ферментативный пул* в почве состоит из внутриклеточных и внеклеточных ферментов, преимущественно микробного происхождения.

Почвенные ферменты участвуют при распаде растительных, животных и микробных остатков, а также синтезе гумуса. В результате ферментативных процессов питательные вещества из трудно усвояемых соединений переходят в легкодоступные формы для растений и микроорганизмов. Ферменты отличаются исключительно высокой активностью, строгой специфичностью действия и большой зависимостью от различных условий внешней среды. Последняя особенность имеет большое значение в регулировании их активности в почве [22].

Для определения активности почвенных ферментов разработаны многочисленные методы.

Впервые Купревич В.Ф. (1949, 1951) разработал методы определения активности ферментов в растениях и почве [34, 35].

В последующие годы было проведено множество исследований по этому вопросу, и были разработаны методы, которые развивались и обновлялись [20, 32, 36–46].

Ферментативная активность почв по Д.Г. Звягинцеву [30] складывается из:

- а) внеклеточных иммобилизованных ферментов;
- б) внеклеточных свободных ферментов;
- в) внутриклеточных ферментов мертвых клеток;
- г) внутриклеточных и внеклеточных ферментов, образованных в искусственных условиях эксперимента и не характерных для данной почвы.

Установлено, что каждый фермент действует лишь на вполне определенное вещество или сходную группу веществ и вполне определенный тип химической связи. Это вызвано их строгой специфичностью.

Ферментативная активность находится в функциональной зависимости от таких характеристик почвы, как влажность, температура, численность и метаболическая активность микрофлоры. Все эти факторы обуславливают динамичность ферментативной активности [21].

Для активности ферментов большое значение имеют условия среды (субстрат, влажность, температура, pH и т.д.). Условия почвенной среды, оптимальные для микроорганизмов и высших растений, являются оптимальными и для ферментативной активности. Каждый отдельный экологический фактор при различных сочетаниях других экологических параметров будет иметь неодинаковое значение. Например, в почвах лесостепной зоны большая доля варьирования ферментативной активности обусловлена дефицитом тепла, а в почвах степной - дефицитом влаги.

Ферментативную активность почв можно использовать в качестве диагностического показателя плодородия различных почв, потому что активность ферментов отражает не только биологические свойства почвы, но и их изменения под влиянием агроэкологических факторов [47].

Ферменты, попадая из различных источников в почву, не разрушаются, а сохраняются в активном состоянии. Нужно полагать, что ферменты, являясь наиболее активным компонентом почвы, сосредоточены там, где наиболее напряженно идет жизнедеятельность микроорганизмов, то есть на поверхности раздела между почвенными коллоидами и почвенным раствором.

Экспериментально доказано, что ферменты в почве находятся главным образом в твердой фазе [30].

Присутствие ферментов в почве и их важная роль для оценки почвенной биологической активности в настоящее время общепризнаны. Присутствие фермента каталазы в почве способствует распаду биохимически токсичной перекиси водорода, которая поступает в почву с выделениями корней и микроорганизмов [48].

Ферментативная активность почв [от лат. *fermentum*-закваска] – способность почвы проявлять каталитическое воздействие на процессы превращения экзогенных и собственных органических и минеральных соединений благодаря имеющимся в ней ферментам. Характеризуя ферментативную активность почв, имеют в виду суммарный показатель активности. Ферментативная активность различных почв неодинакова и связана с их генетическими особенностями и комплексом взаимодействующих экологических факторов. Уровень ферментативной активности почв определяется активностью различных ферментов (инвертазы, каталазы, фосфатаз, и др.)

выражаемой количеством разложенного субстрата за единицу времени на 1 г почвы.

Ферментативная активность почв – результат совокупности процессов поступления, стабилизации и действия ферментов в почве. Вследствие комплексного источника поступления ферментов (микроорганизмы, растения, животные) почва является самой богатой системой по ферментативному разнообразию. Она позволяет выявить особенности биологического фактора почвообразования, который играет важную роль в формировании и развитии почвы как естественно-исторического органоминерального тела. Она является одной из самых главных характеристик при проведении биомониторинга и биодиагностики. Ферментативная активность коррелирует с основными агрохимическими характеристиками

Вполне обоснован интерес к изучению вопроса о ферментативной активности, так как ферменты играют важную роль катализаторов сложных биохимических процессов, протекающих в живых клетках животных, растений и микроорганизмов. В почве энзимы определяют общий биохимический и питательный уровень той или иной исследуемой системы. Почвенные катализаторы имеют разное происхождение: биологическое (ферменты) и абиотическое (минералы).

Активность почвенных ферментов затрагивает превращения углерода, азота, фосфора, серы и окислительно-восстановительные процессы и, следовательно, отражает напряженность биохимических процессов в почве.

Роль ферментов заключается в том, что они осуществляют функциональные связи между компонентами экосистемы и, таким образом, ферментативная активность отражает

функциональное состояние почвенного населения.

Почвы по ферментативной активности различаются в соответствии с их эколого-генетическими особенностями. Так, в генетическом ряду от дерново-подзолистых почв к серым лесным и черноземам активность гидролитических ферментов возрастает в соответствии с увеличением общей микробиологической активности, содержанием гумуса и органических соединений азота и фосфора. В пределах подтипов и разновидностей значение имеют уже другие факторы. Например, в пределах разновидностей черноземов активность отдельных ферментов определяется не содержанием органических соединений, а значениями pH и содержанием карбонатов, оказывающих *ингибирующее (замедляющее) влияние* на активность гидролитических ферментов.

Почвы естественных ландшафтов имеют повышенную ферментативную активность. Сельскохозяйственное освоение снижает ее. Дальнейшая эволюция биологической активности почв зависит от характера ее использования.

Например, окультуривание почв способствует росту активности некоторых ферментов. Развитие эрозионных процессов ухудшает основные почвенно-экологические параметры, контролирующие ферментативный пул и приводит к снижению ферментативной активности почв. Степень эродированности адекватно отражается изменением, в частности, сахарозной и протеазной активности.

Таким образом, относительный уровень ферментативной активности почв диагностирует интенсивность и направленность почвообразовательных процессов как в естественных условиях, так и при различных антропогенных воздействиях на почву.

Одним из характерных проявлений жизни является удивительная способность живых организмов кинетически регулировать химические реакции, подавляя стремление к достижению термодинамического равновесия.

Ферментативная активность может регулироваться активаторами и ингибиторами, которые соответственно, увеличивают или уменьшают скорость реакции.

Кинетика ферментативных реакций. Общие принципы кинетики химических реакций применимы и к ферментативным реакциям. Кинетика ферментативных реакций изучает закономерности протекания во времени ферментативных реакций, а также их механизм.

Кинетика ферментативной реакции (т. е. зависимость скорости реакции от ее условий) определяется в первую очередь свойствами катализатора, вследствие чего она значительно сложнее, чем кинетика некаталитических реакций.

Главной целью изучения кинетики ферментативных реакций является получение информации, которая может способствовать выяснению молекулярного механизма действия фермента.

Ферментативная кинетика занимается исследованием закономерностей влияния химической природы реагирующих веществ (ферментов, субстратов) и условий их взаимодействия (концентрация, pH среды, температуры, присутствие активаторов или ингибиторов) на скорость ферментативной реакции.

Ферментативный катализ начинается с образования активного промежуточного соединения - фермент-субстратного комплекса. Комплекс - результат присоединения молекулы субстрата к каталитически активному

центру фермента. При этом пространственные конфигурации молекул субстрата несколько видоизменяются. Новое ориентированное размещение на ферменте реагирующих молекул обеспечивает высокую эффективность ферментативных реакций, способствующих снижению энергии активации.

За каталитическую активность фермента ответственны не только активный центр фермента, но и вся структура молекулы в целом. Скорость ферментативной реакции регулируется множеством факторов: температурой, pH, концентрацией фермента и субстрата, наличием активаторов и ингибиторов. В роли активаторов могут выступать органические соединения, но чаще различные микроэлементы [40].

Скорость ферментативной реакции. Прежде чем перейти к рассмотрению кинетики ферментативных реакций, нужно установить, что мы принимаем за скорость ферментативной реакции, как ее охарактеризовать и как ее определить экспериментально [41].

Для ферментативной реакции скорость зависит существенно от количества добавленного фермента, т.е. скорость реакции будет являться мерой каталитической активности фермента. Эта мера часто называется «активностью фермента» и выражается в стандартных единицах.

Е - «единица количества фермента» - это его количество, которое превращает один моль субстрата (S) в 1 минуту в стандартных условиях (насыщающие концентрации субстрата, оптимум pH, температура 25 °C, избыток кофактора);

«удельная активность» - активность единицы веса фермента в стандартных условиях; она выражается в мкмольх превращенного субстрата в мин. на мг белка;

«молекулярная активность» - число молекул субстрата, претерпевающих превращение в стандартных условиях под действием одной молекулы фермента за 1 минуту;

«активность каталитического центра» - число молекул субстрата, претерпевающих превращение в стандартных условиях в одном каталитическом центре за 1 минуту.

Удельная активность и скорость ферментативной реакции выражаются в мкмольх, однако это не одно и то же, т.к. удельная активность - это величина, полученная в определенных стандартных условиях.

Практическое определение скорости ферментативной реакции осуществляется на основании определения начальной скорости ферментативной реакции.

Начальная скорость - это скорость в первые моменты инкубации, пока еще сохраняется пропорциональная зависимость между нарастанием продукта и временем инкубации, пока превращению подверглось не более 10-15 % субстрата.

Итак, основное правило работы с ферментами - *определять начальную скорость ферментативной реакции*, иначе любое кинетическое исследование или ингибиторный анализ теряют всякий смысл.

Стационарная кинетика ферментативных реакций с одним субстратом. Уравнение Кинетика Михаэлиса-Ментена. Самая ранняя попытка математически описать ферментативные реакции была предпринята французским биохимиком Дюкло в 1898 г. [41].

В 1903 году французский физик-химик русского происхождения Виктор Анри [49] и независимо от него Браун [50] открыли, что ферментативные реакции начинаются с образования связи между ферментом и субстратом

[51], выдвинули гипотезу об образовании фермент-субстратного комплекса в ходе реакции.

Главный вклад Анри заключался в том, что он разделил ферментативные реакции на две стадии. На первом этапе фермент-субстрат обратимо связывается с образованием комплекса фермент-субстрат. Это иногда называют комплексом Михаэлиса.

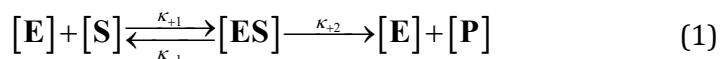
Затем фермент катализирует химическую стадию реакции и высвобождает продукт.

Его работу продолжили американский биохимик Леонор Михаэлис и

канадский врач Мод Ментен [1], изучавшие кинетику одного из простейших механизмов ферментативной реакции.

В 1913 году Михаэлис и Ментен [1] опубликовали свою теорию общего механизма ферментативных реакций. Их уравнение стало фундаментальным принципом всех кинетических исследований ферментов вот уже целый век.

Михаэлис и Ментен предположили, что механизм ферментативных реакций с участием одного субстрата и образованием одного продукта, описывается моделью:



где E – фермент; S – субстрат; ES – фермент-субстратный комплекс (так называемый комплекс Михаэлиса); P – продукт; k_{+1} , k_{+2} и k_{-1} – константы скорости двух прямых и одной обратной реакций соответственно. При этом вторая стадия предполагается

необратимой, и определяет скорость ферментативной реакции.

В реакции (1), на основе закона действующих масс, скорости двух прямых и одной обратной реакций соответственно определяются следующими равенствами:

$$v_{+1} = k_{+1} [E] \cdot [S] \quad , \quad v_{+2} = k_{+2} [ES] \quad \text{и} \quad v_{-1} = k_{-1} [ES] \quad (2)$$

Для данного механизма скорость реакции определяется скоростью образования конечного продукта. Михаэлис и Ментен предположили, что

скорость реакции определяется расходом комплекса (ES) и образования продукта (P) т.е. константой k_{+2} .

$$v = \frac{d[P]}{dt} = -\frac{d[ES]}{dt} = +k_{+2} [ES] \quad (3)$$

Константу скорости k_{+2} иногда называют *числом оборотов* фермента. Она может изменяться в пределах от 10 до 10^8 мин^{-1} .

Отметим, что процесс образования фермент-субстратного комплекса ES есть реакция второго порядка, а процесс распада его – реакция первого порядка. Эту реакцию можно считать необратимой, что в большинстве

случаев соответствует действительности. Применение закона массового действия, который гласит, что скорость реакции пропорциональна произведению концентраций реагентов (т.е. $[E][S]$), дает систему из четырех нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений, которые определяют скорость изменения реагентов со временем t^{21} :

$$\left. \begin{aligned} \frac{d[\mathbf{E}]}{dt} &= -k_{+1}[\mathbf{S}][\mathbf{E}] + k_{-1}[\mathbf{ES}] + k_{+2}[\mathbf{ES}] \\ \frac{d[\mathbf{S}]}{dt} &= -k_{+1}[\mathbf{S}][\mathbf{E}] + k_{-1}[\mathbf{ES}] \\ \frac{d[\mathbf{ES}]}{dt} &= k_{+1}[\mathbf{S}][\mathbf{E}] - k_{-1}[\mathbf{ES}] - k_{+2}[\mathbf{ES}] \\ \frac{d[\mathbf{P}]}{dt} &= -\frac{d[\mathbf{ES}]}{dt} = +k_{+2}[\mathbf{ES}] \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

В этом уравнении и далее квадратные скобки обозначают концентрацию соответствующего вещества в моль/л или ммоль/л.

Во всех четырех уравнениях положительные члены описывают

прибыль соответствующих концентраций, а отрицательных – убыль.

Если учитывать условия сохранения молекул фермента в процессе рекации (1), то система (4) намного упрощается и получим:

$$\begin{aligned} \frac{d[\mathbf{E}]}{dt} + \frac{d[\mathbf{ES}]}{dt} &= \frac{d}{dt} \langle [\mathbf{E}] + [\mathbf{ES}] \rangle = \\ &= \langle -k_{+1}[\mathbf{E}][\mathbf{S}] + k_{+1}[\mathbf{E}][\mathbf{S}] \rangle + \langle k_{-1}[\mathbf{ES}] - k_{-1}[\mathbf{ES}] \rangle + \langle k_{+2}[\mathbf{ES}] - k_{+2}[\mathbf{ES}] \rangle = 0 \end{aligned}$$

Другими словами, получим уравнения материального баланса для

фермента в момент времени t после начала реакции в следующем виде:

$$\frac{d}{dt} \langle [\mathbf{E}] + [\mathbf{ES}] \rangle = 0 \Leftrightarrow [\mathbf{E}] + [\mathbf{ES}] = \text{const} = [\mathbf{E}]_0$$

Здесь, $[\mathbf{E}]_0$ – начальная концентрация фермента; $[\mathbf{E}]$ – концентрация свободного фермента, а $[\mathbf{ES}]$ – связанного фермента; индекс "0" обозначает начальную концентрацию.

Следовательно, уравнения материального баланса для фермента и субстрата в момент времени t после начала реакции имеют вид:

$$[\mathbf{E}]_0 = [\mathbf{E}] + [\mathbf{ES}] \quad (5)$$

Равенство (5) означает, что фермент, изначально существовавший только в свободной форме, в процессе реакции находится как в виде фермент-субстратного комплекса, так и в виде молекул свободного фермента [52].

Квазиравновесное приближение (метод квазиравновесных концентраций) применяется, если в сложных реакциях есть обратимая стадия (или

несколько стадий) с быстро устанавливающимся равновесием, а все остальные реакции участников этого равновесия медленные. Предполагается, что равновесие в обратимой стадии достигается мгновенно.

Система кинетических уравнений (4) и уравнение материального баланса (5) полностью описывают кинетическое поведение системы (1).

Система не имеет точного аналитического решения, но решается методами *квазиравновесных* и *стационарных* концентраций [53].

Первый метод был использован для получения кинетического уравнения Анри [49, 51] Л. Михаэлисом и М. Ментен [1], второй метод, предложенный Г. Бриггсом и Дж. Холдейном [2] в 1925 г., стал общепринятым в кинетике ферментативных реакций [54].

Многие из нас понимают кинетику ферментов с точки зрения моделей, разработанных почти столетие назад Михаэлисом и Ментеном [1].

Эти исследования были уточнены Бриггсом и Холдейном [2] десятилетие спустя, а затем расширены в последующие годы многими другими [55, 56].

В зависимости от численных значений константы скорости элементарных стадий κ_{+1} , κ_{-1} и κ_{+2} , реакция (1) называется *квазиравновесный* или *квазистационарный режим протекания реакции*.

Так например, если $\kappa_{-1} \gg \kappa_{+2}$, то на первой стадии (образование комплекса ES) ферментативной реакции с течением времени очень быстро по сравнению со скоростью следующей стадии устанавливается равновесие (*квазиравновесный режим протекания реакции*).

Сначала исследуем случай когда имеет место $\kappa_{-1} \gg \kappa_{+2}$. В своем первоначальном анализе Михаэлис и Ментен предположили, что субстрат [S] находится в мгновенном химическом равновесии с ферментно-субстратным комплексом [ES].

На основе закона действующих масс, скорости прямых и обратной реакции в модели (1) определяются следующими равенствами: $v_{+1} = \kappa_{+1}[E] \cdot [S]$ и $v_{-1} = \kappa_{-1}[ES]$. Поскольку в квазиравновесном состоянии скорости прямой и обратной реакций равны ($v_{+1} = v_{-1}$), то получаем следующее равенство:

$$\kappa_{+1} \cdot [E][S] = \kappa_{-1} [ES] \quad (6)$$

Учитывая уравнения материального баланса для фермента в уравнение (6), получаем следующее

выражение для концентрации [ES] ферментно-субстратного комплекса:

$$\begin{aligned} \kappa_{+1} \cdot ([E]_0 - [ES]) \cdot [S] &= \kappa_{-1} [ES] \Rightarrow (\kappa_{+1} + \kappa_{-1} [S]) [ES] = \kappa_{+1} \cdot [E]_0 [S] \\ [ES] &= \frac{\kappa_{+1} \cdot [E]_0 [S]}{\kappa_{+1} + \kappa_{-1} [S]} = \frac{[E]_0 [S]}{\kappa_{-1} / \kappa_{+1} + [S]} = \frac{[E]_0 \cdot [S]}{K_s + [S]}, \left(K_s = \frac{\kappa_{-1}}{\kappa_{+1}} = \frac{[E][S]}{[ES]} \right) \end{aligned} \quad (7)$$

Здесь K_s называется константой диссоциации (разложения) ферментно-субстратного комплекса или константой субстрата и характеризующая

взаимодействие фермента с субстратом в равновесных условиях определяется следующим образом:

$$K_s = 1 / K_p = \kappa_{-1} / \kappa_{+1}, K_p = \kappa_{+1} / \kappa_{-1} \quad (8)$$

По значению K_s можно судить о ферменте. Константа K_s имеет химическое сродство субстрата к ферменту. Константа K_s имеет размерность концентрации (моль/л).

Равновесное состояние характеризуется соответствующей константой равновесия K_p . Эта константа равна отношению констант прямой и

обратной реакций. Итак, скорость v реакции, т. е. скорость образования продукта P, равна:

$$v = \frac{d[P]}{dt} = \kappa_{+2} \cdot [ES] = \kappa_{+2} \cdot \frac{[E]_0 \cdot [S]}{K_s + [S]} = \frac{\kappa_{+2} \cdot [E]_0 \cdot [S]}{K_s + [S]} = \frac{V_{\max} \cdot [S]}{K_s + [S]} \quad (9)$$

Это и есть уравнение Михаэлиса-Ментен, выражающее количественное соотношение между скоростью ферментативной реакции и концентрацией субстрата [S] при условии, что обе константы $V_{\max}$ и K_s известны.

Для того чтобы обойти трудности, связанные с решением громоздких систем кинетических уравнений (4), применяется весьма эффективный приближенный метод – *метод квазистационарных концентраций*.

Допущение о стационарности, точнее — о квазистационарности, сводит процесс отыскания решения для скорости ферментативной реакции к чисто алгебраической задаче [57].

$$\bar{v}_{+1} = \bar{v}_{-1} + \bar{v}_{+2} \Leftrightarrow \kappa_{+1} [S][E] = \kappa_{-1} [ES] + \kappa_{+2} [ES] \quad (10)$$

Так что концентрация [ES] должна оставаться постоянной (стационарной) в ходе ферментативной реакции, во всяком случае в начальный период реакции (при $[S] \approx [S]_0$). Это предположение является логичным, если принять во внимание высокую реакционную способность фермент-субстратных промежуточных соединений (что уже доказано в ряде случаев экспериментально) [58].

Квазистационарное состояние (т.е. примерно стационарный, почти не зависящий от времени) — состояние, не являющееся стационарным, но проявляющее свойства стационарного состояния в течение достаточно малых промежутков времени [59].

Далее исследуем случай когда имеет место $\kappa_{+2} \gg \kappa_{+1}$. Если $\kappa_{+2} \gg \kappa_{+1}$, то для фермент-субстратного комплекса применим метод *квазистационарности*, так как в подавляющем большинстве реакций константа скорости (κ_{+2}) превращения фермент-субстратного комплекса (ES) в фермент и продукт много больше, чем константа скорости образования фермент-субстратного комплекса (κ_{+1}) из фермента и субстрата.

В этом случае скорость образования v_{+1} фермент-субстратного комплекса (ES) должна быть практически равна скорости его распада, ($v_{-1} + v_{+2}$) т.е.

В 1925 г. Бриггс и Холдейн доказали, что уравнение Михаэлиса-Ментен справедливо, если $\kappa_2 \ll \kappa_{-1}$ т.е. когда равновесие элементарной стадии устанавливается очень быстро по сравнению со скоростью следующей стадии.

Обычно ферментативные реакции проводят в избытке субстрата по сравнению с ферментом. Поэтому фермент практически полностью входит в состав фермент-субстратного комплекса ES [52].

Благодаря этому концентрация [ES] практически постоянна в ходе реакции, т.е. не зависит от времени (квазистационарна): $[ES] = \text{const}$.

В этом случае должно выполняться соотношение:

$$\frac{d[\text{ES}]}{dt} = \bar{v}_{+1} - (\bar{v}_{-1} + \bar{v}_{+2}) = \kappa_{+1}[\text{S}][\text{E}] - (\kappa_{-1} + \kappa_{+2})[\text{ES}] = 0 \quad (11)$$

Учитывая уравнения материального баланса для фермента (5) и выражение для ферментно-субстратного комплекса [ES]:
уравнение (11), получаем следующее

$$\frac{d[\text{ES}]}{dt} = \kappa_{+1}[\text{S}][\text{E}] - (\kappa_{-1} + \kappa_{+2})[\text{ES}] = \kappa_{+1}[\text{S}]([\text{E}]_0 - [\text{ES}]) - (\kappa_{-1} + \kappa_{+2})[\text{ES}] = 0 \quad (12)$$

Решая уравнение (12) относительно [ES], получим:

$$\begin{aligned} \kappa_{+1}[\text{S}][\text{E}]_0 - \kappa_{+1}[\text{S}][\text{ES}] - (\kappa_{-1} + \kappa_{+2})[\text{ES}] &= 0 \\ [\text{ES}]\{\kappa_{+1}[\text{S}] + (\kappa_{-1} + \kappa_{+2})\} &= \kappa_{+1}[\text{S}][\text{E}]_0 \\ [\text{ES}] &= \frac{\kappa_{+1} \cdot [\text{E}]_0 [\text{S}]}{\kappa_{+1} \cdot [\text{S}] + \kappa_{-1} + \kappa_{+2}} = \frac{[\text{E}]_0 [\text{S}]}{[\text{S}] + (\kappa_{-1} + \kappa_{+2}) / \kappa_{+1}} \end{aligned} \quad (13)$$

Комбинируя выражения (3) и тивной реакции (1), протекающей в (13), найдем уравнение скорости двух- стационарном режиме:
стадийной односубстратно фермента-

$$v = \frac{d[\text{P}]}{dt} = \kappa_{+2} \cdot [\text{ES}] = \kappa_{+2} \cdot \frac{[\text{E}]_0 [\text{S}]}{[\text{S}] + (\kappa_{-1} + \kappa_{+2}) / \kappa_{+1}} = \frac{V_{\max} \cdot [\text{S}]}{K_M + [\text{S}]} \quad (14)$$

где $V_{\max} = \kappa_{+2}[\text{E}]_0$ — максимальная скорость реакции при полном насыщении фермента субстратом и $K_M = (\kappa_{-1} + \kappa_{+2}) / \kappa_{+1}$ — называется *константой Михаэлиса теории Бриггса – Холдейна*. Это кинетическая константа (с размерностью концентрации), которая равняется такой концентрации субстрата, при которой скорость ферментативной реакции

составляет половину от максимального значения.

Численное значение K_M зависит от многих факторов (pH, температуры, присутствия ингибиторов или активаторов) и изменяется в довольно широких пределах – примерно от 1 до 10^{-8} моль·л⁻¹. Оба константы Михаэлиса связаны между собой:

$$K_M = \frac{\kappa_{-1} + \kappa_{+2}}{\kappa_{+1}} = \frac{\kappa_{-1}}{\kappa_{+1}} + \frac{\kappa_{+2}}{\kappa_{+1}} = K_s + \frac{\kappa_{+2}}{\kappa_{+1}} = \frac{[\text{E}][\text{S}]}{[\text{ES}]} \quad , \quad \left(K_s = \frac{\kappa_{-1}}{\kappa_{+1}} = \frac{[\text{E}][\text{S}]}{[\text{ES}]} \right)$$

Уравнение (14) было получено Бриггсом и Холдейном в 1925 г., но названо ими уравнением Михаэлиса-Ментен в честь классических исследований этих учёных, предложивших воз-

можную схему ферментативной реакции и заложивших основы современной энзимологии.

При изучении *начальных скоростей* реакции можно полагать $[\text{S}] = [\text{S}]_0$

и для начальной стадии реакции можно пренебречь уменьшением концентрации субстрата [60]. Это предположение является логичным, если принять во внимание высокую реакциюную способность фермент-субстратных промежуточных соединений.

В экспериментальном отношении гораздо проще исследовать зависимость скорости ферментативной реакции не от текущей $[S]$, а от начальной концентрации субстрата $[S]_0$; в этом случае уравнение (14) записывают в виде [61].

$$v_0 = \frac{V_{\max} [S]_0}{K_M + [S]_0} \quad (15)$$

где v_0 — начальная скорость ферментативной реакции, измеренная для заданной начальной концентрации субстрата $[S]_0$.

Уравнение (15) является фундаментальным уравнением ферментативной кинетики и обычно называется уравнением Михаелиса – Ментен или Бриггса–Холдейна. Он служит полезной отправной точкой для анализа кинетики ферментативных процессов.

На рисунке 1 представлена зависимость начальной скорости ферментативной реакции от начальной концентрации субстрата.

График зависимости начальной скорости v_0 ферментативной реакции от начальной концентрации субстрата $[S]_0$ представляет собой гиперболу (рисунок 2), похожую на кривую, изображенную на рисунке 1.

Однако построение такого графика не используется для экспериментального определения максимальной скорости реакции и константы Михаелиса, т. к. в эксперименте нередко сложно достичь субстратного насыщения (и даже если оно достигнуто, то определить параметры из кривой с насыщением бывает довольно трудно).

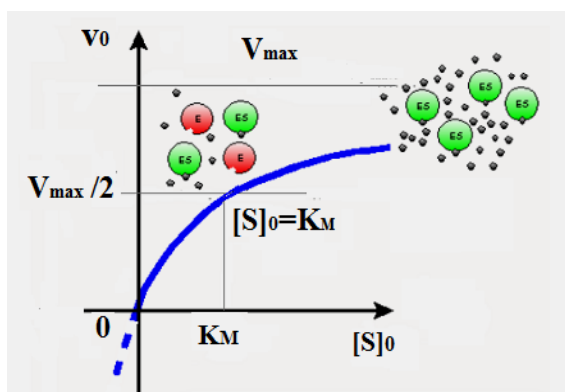


Рисунок 1 - График зависимости начальной скорости v_0 от концентрации $[S]_0$

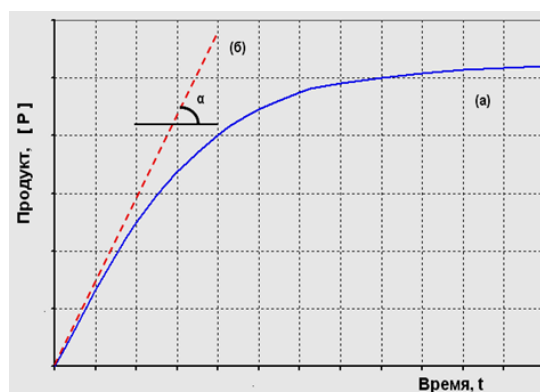


Рисунок 2 - График накопления продукта во времени и определение начальной скорости v_0 реакции графическим методом.

Если $\kappa_{+1} \gg \kappa_{+2}$, то на первой стадии ферментативной реакции с течением времени устанавливается квазиравновесие, и в выражение для скорости ферментативной реакции входит уже

не константа Михаэлиса, а субстратная константа K_s , характеризующая взаимодействие фермента с субстратом в равновесных условиях:

$$v = \frac{\kappa_{+2} \cdot [E]_0 [S]}{K_M + [S]} = \frac{\kappa_{+2} \cdot [E]_0 [S]}{K_s + (\kappa_{+2} / \kappa_{+1})_{\kappa_{+1} \ll \kappa_{+2}} + [S]} \approx \frac{\kappa_{+2} \cdot [E]_0 [S]}{K_s + [S]} \quad (9)$$

Очевидно, что стационарная теория Бриггса-Холдейна переходит в равновесную теорию Михаэлиса при $\kappa_{+1} \gg \kappa_{+2}$, так как в этом случае $K_M = K_s$.

В силу идентичности уравнений (9) и (14) смысл константы Михаэлиса остается прежним: она численно равна такой концентрации субстрата, при которой скорость реакции равна половине максимальной.

В большинстве случаев кинетика ферментативных реакций весьма удовлетворительно описывается простым уравнением Михаэлиса — Ментен, что подтверждает правильность основных представлений о механизме рассматриваемого процесса и справедливость допущения о квазистационарности его течения [57].

Уравнение (15) является основным уравнением начальной скорости стационарной кинетики с участием одного субстрата и образованием одного продукта. Оно носит название Михаэлиса — Ментен авторов, которые развивая представления Брауна и Анри в области ферментативной кинетики, экспериментально показали приложим-

ность этого уравнения ко многим ферментативным процессам.

Влияние константы скорости κ_{+2} на $[ES]$ было учтено Бриггсом и Холдейном. В 1925 г. они доказали, что уравнение Михаэлиса-Ментен справедливо, если $\kappa_{+2} \ll \kappa_{-1}$ т.е. когда равновесие элементарной стадии устанавливается очень быстро по сравнению со скоростью следующей стадии.

Однако в уравнении (15) сохранили название первых авторов. Точно так же константа K_M представляющая соотношение трех констант (κ_{+1} , κ_{+2} и κ_{-1}), носит название константы Михаэлиса, хотя и имеет иной, более точный смысл [3].

Анализ Уравнения Михаэлиса-Ментена

Проанализируем уравнение (15) для начальной скорости реакции при различных начальных концентрациях субстрата.

1) В случае, когда начальная концентрация субстрата мала по сравнению с константой Михаэлиса, $[S]_0 \ll K_M$, то

$$v_0 = \frac{V_{\max} [S]_0}{K_M + [S]_0} \approx \frac{V_{\max} [S]_0}{K_M + 0} = \frac{V_{\max}}{K_M} \cdot [S]_0 \quad (16)$$

и ферментативная реакция имеет первый порядок как по ферменту, так и по субстрату.

2) При больших концентрациях субстрата, $[S]_0 \gg K_M$, начальная ско-

рость реакции не зависит от концентрации субстрата и называется максимальной скоростью ферментативной реакции $v_{\max}$. Другими словами, при увеличении концентрации субстрата

скорость реакции стремится к предельному значению. Тогда уравнение для начальной скорости реакции можно записать в виде:

$$\lim_{[S]_0 \rightarrow \infty} v_0 = \frac{d[P]}{dt} = \lim_{[S]_0 \rightarrow \infty} \frac{V_{\max} [S]_0}{K_M + [S]_0} = \lim_{[S]_0 \rightarrow \infty} \frac{V_{\max}}{1 + K_M/[S]_0} = \frac{V_{\max}}{1 + 0} = V_{\max} \quad (17)$$

Этот эффект так называемого субстратного насыщения обусловлен практически полным связыванием всего имеющегося в системе фермента в фермент-субстратный комплекс, поэтому его концентрация, а, следовательно, и наблюдаемая скорость реакции перестает зависеть от концентрации субстрата.

Ингибирование ферментативной реакции субстратом. Субстратное ингибирование представляет собой частный случай неконкурентного ингибирования, при котором две молекулы субстрата связываются с ферментом и препятствуют образованию продукта.

Исследование кинетики торможения ферментов высокими концентрациями субстрата имеет большое значение для понимания механизмов ферментативного катализа.

Наличие большого количества субстрата в среде затрудняет связывание молекул субстрата с ферментом. Это называется чрезмерным субстратным ингибированием.

Это следует учитывать при определении концентрации субстрата в ферментном анализе. Одновременное связывание 2 молекул субстрата с активным центром фермента схематически показано на рисунке 3.

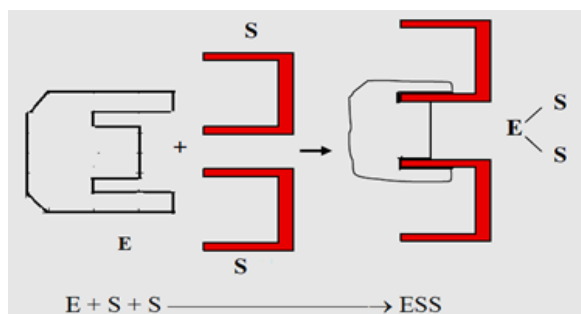


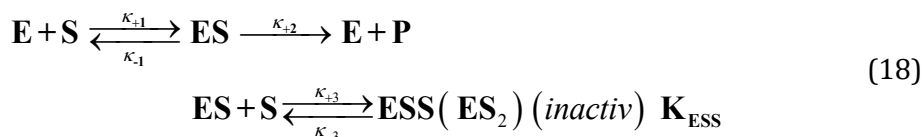
Рисунок 3 - Одновременное связывание 2 молекул субстрата с активным центром фермента

Классическая модель Михаэлиса недостаточна, если большое количество субстрата ингибирует образование продукта в ферментативных реакциях. В этом случае избыток субстрата ингибирует фермент, так как к активному центру фермента присоединяются одновременно больше двух молекул субстрата. Ингибирование снимается только снижением концентрации субстрата.

Кинетика неактивного (ES+S или) формирования ESS.

Если к активному центру фермента присоединяются одновременно 2 молекулы субстрата, в этом случае одно субстратная модель используется для описания эффекта ингибирующего элемента субстрата, представленного Haldane (и обобщенного Lineweaver и Burk, как описано ниже [57, 62-66])

Рассмотрим стационарную кинетику ингибирования субстратом простейшей ферментативной реакции, в которой, помимо активного комплекса ES, образуется неактивный комплекс ES₂ [57]:



Путем несложных преобразований можно получить выражение для начальной скорости (v_0) стационарной

Схема стационарной кинетики субстратного ингибирования простейшей ферментативной реакции, в которой помимо активного комплекса ES образуется неактивный комплекс ESS, выглядит следующим образом:

реакции, тормозимой избытком субстрата [62–63]:

$$v_0 = \frac{V_{\max} \cdot [S]_0}{K_M + [S]_0 + \frac{1}{K_{ESS}} [S]_0^2} = \frac{V_{\max} \cdot [S]_0}{K_M + \left(1 + \frac{[S]_0}{K_{ESS}}\right) \cdot [S]_0} \quad (19)$$

Здесь K_M – константа Михаэлиса, K_{ESS} – это коэффициент разложения, характеризующий скорость образо-

вания неактивного комплекса [ESS], который ингибирует (блокирует) ферментативную реакцию:

$$V_{\max} = \kappa_{+2} [E]_0, \quad K_M = \frac{[E][S]}{[ES]} = \frac{\kappa_{-1} + \kappa_{+2}}{\kappa_{+1}}, \quad K_{ESS} = \frac{[ES][S]}{[ESS]} = \frac{\kappa_{-3}}{\kappa_{+3}} \quad (20)$$

Уравнение (19) графически выражается характерной «колоколообразной» кривой с максимумом. В практике реализуются и более сложные механизмы субстратного ингибирования.

Определение начальной скорости ферментативной реакции. Следует отметить, что многие исследователи при изучении кинетики ферментативных реакций (в частности в почве), в качестве скорости ошибочно используют результаты измерения активности ферментов (скажем для каталазной реакции за 3 минуты образования продукта, O₂) или в крайнем случае скорости образования продуктов реакции в зависимости от времени t в условиях линейности.

Тут допускаются 2 существенные ошибки: первая, как было выше отмечено, при изучении и определении кине-

тических параметров необходимо определить начальную скорость v_0 реакции (15); вторая, образования [P] никогда не происходит в условиях линейности в ходе реакции в зависимости от времени t (рисунок 4).

Кинетические исследования проводят при малых степенях превращения, т.е. измеряют начальную скорость реакции v_0 – это позволяет не учитывать обратимость второй стадии реакции (1) и влияния продукта [P] на ход реакции, а также не учитывать концентрацию [P] во втором уравнении (5) [67, 68].

Кинетические механизмы реакций, катализируемых ферментами, обычно предлагаются для объяснения данных о начальной скорости. Именно такая попытка корреляции привела Брауна в 1902 г. [49] к предположению,

что фермент и его субстрат должны объединяться в течение ограниченного периода времени, прежде чем может произойти катализ [69].

Как правильно отмечено [10-12, 18, 19], точность определения начальной скорости имеет решающее влияние на точность всех вычислений, использующих этот параметр. Чем лучше (по накоплению продукта или расходу субстрата) выбран временно интервал, при котором $d[ES]/dt=0$, тем точнее будет оценка начальной скорости.

Для определения начальной скорости реакции, сначала по результатам

измерений следует построить кинетические кривые $y=f([P])$.

Для этого, следует определить количество продукта $[P_i]$, выделившегося в ходе реакции в конце времени измерения $t_1, t_2, \dots, t_n$ (секунды, минуты, часы). Далее, измеренные пара значений $(t_i, [P_i])$, $(i=1,2,\dots,n)$ записываются в формате таблицы 1.

Концентрацию образующего продукта реакции y_i в момент времени t_i следует определить в возможно более широком интервале времени. Другими словами, время реакции продолжается до тех пор, пока выделяемый продукт не станет стабильным.

Таблица 1 - Экспериментальные данные

№	i	1	2	3	4	...	n
Время	t_i	t_1	t_2	t_3	t_4	...	t_n
Продукт	$[P_i]$	$[P_1]$	$[P_2]$	$[P_3]$	$[P_4]$	...	$[P_n]$
	y_i	y_1	y_2	y_3	y_4	...	y_n

Затем создается кинетическая кривая с использованием значений измерений в таблице 1 для

определения изменения продукта во времени: $y=f(t)$, $[P]=f(t)$ (рисунок 3).

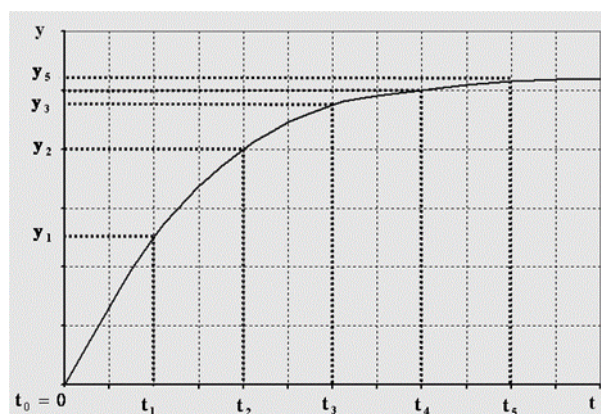


Рисунок 4 - Кинетическая кривая $y=[P]=f(t)$ накопления продукта во времени
Расчет начальной скорости реакции аналитическим методом

Следовательно, одной из основных задач ферментативной кинетики является нахождение значения начальной скорости v_0 от времени. Эта задача решается двумя методами: методом эмпирического дифференцирования (*гра-*

фический, или *дифференциальный метод*) и *аналитическим методом*. На рисунке 2 представлен один из возможных графиков зависимости количества образовавшегося продукта $[P]$ ферментативной реакции от времени t [18].

Из этого графика следует, что со временем скорость реакции $v = d[P]/dt$ уменьшается, так как постепенно уменьшается накопление продукта. Уменьшение скорости может объясняться следующими причинами:

- поскольку в ходе реакции концентрация субстрата уменьшается, то уменьшается и степень насыщения фермента субстратом;

- продукты реакции могут угнетать активность фермента;

- при увеличении концентрации продуктов реакции равновесие может сдвигаться влево;

- возможна инактивация фермента или кофермента из-за нестабильности условий, при которых проводится опыт;

- все перечисленные факторы могут действовать одновременно.

Для того чтобы избежать влияния этих факторов на кинетику ферментативных реакций, стараются оперировать не скоростью реакции вообще, а скоростью реакции в начальный момент времени $t=0$, т.е. начальной скоростью v_0 .

В этот начальный период времени всевозможные нежелательные факторы еще не успевают проявить своего действия [11].

Скорость реакции в начальный момент времени, как правило, максимальна.

Графический метод. Наиболее простой метод определения начальной скорости реакции, если имеется некоторая кинетическая кривая (рисунок 2,а), – построение касательной к этой кривой в точке $t=0$ (рисунок 2) и вычисление тангенса ее наклона к оси абсцисс. Тогда $v_0 = d[P]/dt = \tan \alpha$.

Однако в этом методе точность определения v_0 весьма существенно зависит от точности построения касательной и обычно невелика. Проведение прямой линии (т.е. касательной) по экспериментально полученным точкам, если оно делается на глаз, зависит в значительной мере от опыта и личного предубеждения исследователя [3, 18].

Аналитический метод.

Более точные результаты дают аналитические методы, хотя технически они немного сложнее [3, 11, 18]. Относительно точнее определение начальной скорости обеспечивается *интерполяционным методом Грегори – Ньютона*.

Один из наиболее простых аналитических методов, основанный на экстраполяции (т.е. получение значений y_i вне таблицы данных) по Ньютону – Грегори, состоит в следующем:

1. Экспериментальные результаты измерения концентрации продукта реакции (обозначаем ее $y = [P]$) выражают в виде кинетической кривой (рисунок 3).

2. Время наблюдения за ходом процесса разбивают на равные интервалы (обычно 5-6 от начала координат) Δt . Желательно, чтобы число интервалов соответствовало процессу реакции, когда образование продукта становиться незначительным.

3. Используя величины y_i , соответствующие значениям времени t_i , конечные разности Δy_i , $\Delta^2 y_i$ и т.д. вычисляют по следующей формуле: $\Delta^n y_i = \Delta^{n-1} y_{i+1} - \Delta^{n-1} y_i$ ($n=1,2,\dots$) и выражают в следующей форме (таблица 2).

4. Далее, по следующей формуле находят начальную скорость реакции:

$$v_0 = \sum_{i=1}^n (-1)^{i+1} \frac{\Delta^i y_0}{i \cdot \Delta t} = \frac{\Delta y_0}{\Delta t} - \frac{\Delta^2 y_0}{2 \cdot \Delta t} + \frac{\Delta^3 y_0}{3 \cdot \Delta t} - \frac{\Delta^4 y_0}{4 \cdot \Delta t} + \frac{\Delta^5 y_0}{5 \cdot \Delta t} + \dots \quad (21)$$

Таблица 2 - Вычисление конечных разностей $\Delta^n y_i = \Delta^{n-1} y_{i+1} - \Delta^{n-1} y_i$ ($n=1,2,\dots$) для расчета начальной скорости v_0

i	t_i	y_i	Конечные разности 1, 2, 3,... порядки			
			Δy_i	$\Delta^2 y_i$	$\Delta^3 y_i$	$\Delta^4 y_i$
0	$t_0 = 0$	$y_0 = 0$				
1	t_1	y_1	$\Delta y_0 = y_1 - y_0$			
2	t_2	y_2	$\Delta y_1 = y_2 - y_1$	$\Delta^2 y_0 = \Delta y_1 - \Delta y_0$		
3	t_3	y_3	$\Delta y_2 = y_3 - y_2$	$\Delta^2 y_1 = \Delta y_2 - \Delta y_1$	$\Delta^3 y_0 = \Delta^2 y_1 - \Delta^2 y_0$	
4	t_4	y_4	$\Delta y_3 = y_4 - y_3$	$\Delta^2 y_2 = \Delta y_3 - \Delta y_2$	$\Delta^3 y_1 = \Delta^2 y_2 - \Delta^2 y_1$	$\Delta^4 y_0 = \Delta^3 y_1 - \Delta^3 y_0$

Этот метод дает вполне удовлетворительные результаты, если имеется достаточное число экспериментальных точек и правильно проведена кинетическая кривая по экспериментальным точкам. Другой аналитический метод определения начальной ско-

рости ферментативных реакций основан на использовании различных математических моделей. Различные модели использовались для определения начальной скорости каталитической реакции (таблица 3).

Таблица 3 - Модели, выражающие изменение продукта с течением времени

№	Название Моделей	Аналитические Выражение Моделей
1	Гиперболическая	$[P(t)] = \frac{a_1 t}{a_2 + t}$
2	Биномиальная	$[P(t)] = a_1 t^{a_2} e^{-a_3 t}$
3	Биномиально-параболическая	$[P(t)] = a_1 t^{a_2} e^{-a_3 t \pm a_4 t^2}$
4	Многочлен 5-й степени	$[P(t)] = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_5 t^5 = \sum_{k=0}^5 a_k t^k$
5	Многочлен 6-й степени	$[P(t)] = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_6 t^6 = \sum_{k=0}^6 a_k t^k$
6	Псевдополином 5-й степени	$[P(t)] = a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_n t^n = \sum_{k=0}^5 a_k t^k$
7	Псевдополином 6-й степени	$[P(t)] = a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_n t^6 = \sum_{k=0}^6 a_k t^k$

Параметры a_i определяются по методу наименьших квадратов. Далее начальная скорость находится из уравнения $v_0 = d[P]/dt|_{t=0}$. В соответствии с моделями №1–7 легко находятся фор-

мулы начальной скорости. В частности для (гиперболической) модели №1 и для остальных моделей соответственно имеем:

$$v_0 = \frac{d[\mathbf{P}]}{dt} \Big|_{t=0} = \frac{a_1}{a_2} \quad v_0 = \frac{d[\mathbf{P}]}{dt} \Big|_{t=0} = a_1 \quad (23)$$

Наиболее адекватная модель определяется в соответствии с критериями [70] выбора модели (коэффициент корреляции Пирсона — R^2 , скорректированный R-квадрат — R^2_{adj} , среднеквадратическая ошибка — σ , средняя абсолютная ошибка в процен-

тах — A, индекс согласия — D, U-статистика Тейла — UII), Информационный критерий Акаике — AICс).

Наиболее адекватная модель определялась в соответствии с критериями выбора модели (таблица 4).

Таблица 4 - Основные критерии для выбора моделей

№	Критерии	№	Критерии
1	Коэффициент Корреляции Пирсона	5	Индекс Согласия
	$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$		$\mathbf{D} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n \{ y_i - \bar{y} + \tilde{y}_i - \bar{y} \}^2}$
2	Скорректированный R-Квадрат	6	U-Статистика Тейла
	$R^2_{adj} = 1 - (1 - R^2) \frac{n-1}{n-p}$		$\mathbf{UII} = \sqrt{\frac{ESS}{\sum_{i=1}^n y_i^2}}$
3	Среднеквадратическая Ошибка	7	Информационный Критерий Акаике
	$\sigma_{y/x} = \begin{cases} \sqrt{\frac{ESS}{n-p-1}}, & n \leq 30 \\ \sqrt{\frac{ESS}{n-p}}, & n > 30 \end{cases}$		$\mathbf{AIC} = \begin{cases} \ln\left(\frac{ESS}{n}\right) + \frac{2p}{n}, & \frac{n}{p} \geq 40 \\ \ln\left(\frac{ESS}{n}\right) + \frac{2p(p+1)}{n-(p+1)}, & \frac{n}{p} < 40 \end{cases}$
4	Информационный Критерий Акаике		
	$\mathbf{A} = \% 100 \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left \frac{y_i - \tilde{y}_i}{y_i} \right $		

Большинство этих критериев основано на минимизации остаточной суммы квадратов, то есть:

$$ESS = \sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y}_i)^2$$

Таким образом, определение начальной скорости ферментативных реакций есть общая задача, с которой приходится часто встречаться на практике [3]

Значение параметров $V_{\max}$, K_M и K_{ESS}

Каков смысл $V_{\max}$, K_M и K_{ESS} ? Смысл максимальной скорости очевиден как теоретически, так и практически. Она представляет собой максимально достижимую скорость, т.е. ту скорость, с которой идет реакция, если весь фермент находится в составе фермент – субстратного комплекса.

Кинетическая постоянная (константа скорости) k_2 в уравнении $V_{\max} = k_2[E]_0$ называется *числом оборотов* фермента. Число оборотов – это количество молекул субстрата, превращаемых в продукт в реакции в условиях, когда весь фермент находится в составе фермент – субстратного комплекса.

Например, число оборотов карбоангидразы очень велико, около $6 \cdot 10^5 \text{ с}^{-1}$. Число оборотов большинства ферментов находится в интервале между $0,5$ и 10^4 с^{-1} .

К сожалению, на практике константу k_{+2} не всегда удается оценить. Причина состоит в том, что очень трудно получить фермент высокой чистоты, так что $[E]_0$ обычно величина неизвестная.

Значения K_M обычно приводят наряду с $V_{\max}$ и k_{+2} как количественный параметр ферментативной реакции. Причина состоит в том, что K_M зависит от pH, температуры, природы субстрата и других факторов (свойств и состава почвы и т.д.). Поэтому ее значение может служить для того, чтобы охарактеризовать конкретную фермент-субстратную систему в определенных условиях.

K_{ESS} – это коэффициент разложения, характеризующий скорость образования неактивного комплекса [ESS], который ингибирует (блокирует) ферментативную реакцию:

Эта константа равна концентрации субстрата, при которой скорость реакции равна половине максимальной скорости. Типичные значения K_M – от 10^{-6} до 10^{-1} моль/л.

Определение кинетических параметров Уравнения Михаелиса-Ментена

Величины $V_{\max}$ и K_M обычно находят одним из трёх способов, основанных на преобразовании уравнения Михаелиса-Ментен к линейному виду, удобному для обработки экспериментальных данных.

Определение величины $V_{\max}$ и K_M имеет важное значение при выяснении механизма действия ферментов, также эффекторов (ингибиторов и активаторов) на активность ферментов.

Определение кинетических параметров $V_{\max}$ и K_M возможно двумя методами: *графическим* и *статистическим*.

Графический метод. Для определения кинетических параметров $V_{\max}$ и K_M уравнение (15) существуют много графических методов. Наиболее распространенные описаны ниже.

В принципе $V_{\max}$ и K_M можно определить по графику зависимости v_0 от $[S]_0$ (рис. 2). Так как v_0 асимптотически достигает $V_{\max}$ с возрастанием концентрации субстрата $[S]_0$, то затруднительно получить надежную величину $V_{\max}$ и K_M (рисунок 4) путем экстраполяции. Другими словами, на практике график зависимости v_0 от $[S]_0$, построенный в прямых координатах по уравнению (15), не очень удобен для определения $V_{\max}$ и K_M , так как трудно находить асимптотическое значение $V_{\max}$ (рис 2.) при очень высокой концентрации субстрата.

Для удобства расчетов кинетических параметров уравнение (15) можно преобразовать так, чтобы экспериментальные точки лежали на прямой.

Поэтому используются различные, более удобные линеаризации уравнения (15):

$$\frac{1}{v_0} = \frac{1}{V_{\max}} + \frac{K_M}{V_{\max}} \cdot \frac{1}{[S]_0}, \quad \frac{[S]_0}{v_0} = \frac{K_M}{V_{\max}} + \frac{1}{V_{\max}} \cdot [S]_0, \quad v_0 = V_{\max} - K_M \cdot \frac{v_0}{[S]_0} \quad (24)$$

Одной из самых удобных среди них оказалась первое уравнение (24). Это уравнение представляет собой прямую линию на графике, по осям которого откладываются не сами числа v_0 и $[S]_0$, а их обратные значения $1/v_0$ и $1/[S]_0$ (координаты Лайнуивера-Берка).

Более точные результаты получают из графиков зависимости $1/v_0$ от $1/[S]_0$. Поэтому данный графический метод нашел широкое применение в современной энзимологии и обычно называется графиком Лайнуивера – Берка или *график двойных обратных координат* ($1/v_0$; $1/[S]_0$).

Статистический метод. Использование ЭВМ. В настоящее время данные ферментативной кинетики обрабатывают быстрее и более объективно с помощью вычислительной техники.

Для определения параметров $V_{\max}$ и K_M , строго говоря, вообще нецелесообразно использовать графический метод. Для этой цели следует на ЭВМ использовать пакет прикладных программ, например, «СТАТИСТИКА», кото-

рая с помощью МНК (метода наименьших квадратов) позволяют найти искомые параметры.

ВЫВОДЫ

1 Изложены классические, современные представления моделирования ферментативных процессов и определения начальной скорости ферментативной реакции графическими и аналитическими методами.

2 Предложен новый метод определения начальных скоростей реакций, катализируемых ферментами;

3 Рекомендованы в моделировании наиболее часто используемые: гиперболический, биномиальный, биномиально-параболический многочлены 5-й и 6-й степени, псевдополиномы 5-й и 6-й степени модели.

4 В отличие от графических методов, предложено использование пакетной программы на ЭВМ для вычисления кинетических параметров.

5 Показана перспективность использования математического моделирования при изучении ферментативных реакций в почве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Michaelis, L. and Menten, M.L. Die Kinetik der Invertinwirkung// Biochem. – 1913. – № 49. – PP. 333-369.
- 2 Briggs G.E., and Haldane J.B.S. A note on the kinetics of enzyme action// Biochem J. – 1925. – PP. 338-339.
- 3 Яковлев В.А. Кинетика ферментативного катализа. – Москва: Наука, 1965. – 248 с.
- 4 Tabatabai M. A., Bremner J. M. Michaelis constants of soil enzymes// Soil Biol. Biochem. – 1971. – V 3. – № 4. – PP. 317-323.
- 5 Хазиев Ф.Х., Агафарова Я.М., Константы Михаэлиса почвенных ферментов// Почвоведение. – 1976. – № 8. – С. 150-157.
- 6 Асеева И.В., Паников Н. С. Кинетика ферментативных процессов распада нуклеиновых кислот в почве/ В кн.: Экологические условия и ферментативная активность почв. – Уфа, 1979. – С. 112-125.

- 7 Корниш-Боуден Э. Основы ферментативной кинетики. – М.: Мир, 1979. – 280 с.
- 8 Алиев С. А., Гаджиев Д. А., Микайылов Ф. Д. Кинетические показатели активности каталазы в основных типах почв Азербайджанской ССР// Почвоведение. – 1981. – № 9. – С. 107–112.
- 9 Алиев С. А., Гаджиев Д. А., Микайылов Ф. Д. Кинетические и термодинамические характеристики ферментов инвертазы и уреазы в почвах Азербайджанской ССР// Почвоведение. – 1984. – № 11. – С. 55–66.
- 10 Келети Т. Основы ферментативной кинетики. – Москва: Мир, 1990. – 352 с.
- 11 Курский М.Д., Костерин С.А., Рыбальченко В.К. Биохимическая кинетика. – Киев: Вища школа, 1977. – 261 с.
- 12 Kussainova, M., Er, F., Mikailsoy, F. Assessment of the basic kinetic of catalase in the soil (Province of Konya, Turkey)// The 10th Int Soil Science Congress on “Environment and Soil Resources Conservation”. – Almaty, 2018. – PP. 110–117.
- 13 Микайылов Ф. Оценка основных кинетических параметров каталазы в почве// Живые и биокосные системы. – 2018. 25(3). – С. 1–7.
- 14 Хазиев Ф.Х. О кинетике ферментативных процессов в почвах// Известия Уфимского Научного Центра РАН. – 2018. – № 3. – С. 45–51.
- 15 Yun K.I., Han T.S. Relationship between enzyme concentration and Michaelis constant in enzyme assays// Biochimie. – 2020. – P. 12–20.
- 16 Yano D., Suzuki T. Kinetic analyses of the substrate inhibition of paramecium arginine kinase// Protein J. – 2018. – 37. P. 581–588.
- 17 Cornish-Bowden, A. The origins of enzyme kinetics// FEBS Letters. – 2013. – P. 2725–2730.
- 18 Микайылов Ф.Д., Хабиров И.К. Некоторые вопросы моделирования ферментативных процессов в почве// Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем: матер. III Междунар.науч. –практ. конф. – Иркутск, 2011. – С. 166–171.
- 19 Kızılkaya R, Samofalova I, Mudrykh N, Mikailsoy F, Akça I, Sushkova S, Minkina T. Assessing the impact of azadirachtin application to soil on urease activity and its kinetic parameters//Turkish Journal of Agriculture and Forestry. – 2015. P. 976 – 983.
- 20 Хазиев Ф.Х. Ферментативная активность почв. – М.: Наука, 1976. – 180 с.
- 21 Хазиев Ф.Х. Особенности динамики ферментативной активности черноземов в Предуралье// Почвоведение. – 1977. – № 10. – С. 114–125.
- 22 Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. – М.: Наука, 1982. – 204 с.
- 23 Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. – М.: Наука, 2005. – 254 с.
- 24 Красильников Н.А. Микроорганизмы почвы и высшие растения. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 464 с.
- 25 Козлов К.А. Биологическая активность почвы// Известия АН СССР. Сер. биол. наук. – 1966. – № 5. – С. 719–733.
- 26 Кацнельсон Р.С., Ершов В.В. Исследование микрофлоры целинных и окультуренных почв Карельской АССР// Биологическая активность почв КАСР/ (Микробиология. – 1958. – Т. 27. – Вып. 1. – С. 82–88.
- 27 Галстян А.Ш. Ферментативная активность почв Армении. – Ереван: Айастан, 1974. – Вып. 8. – 275 с.
- 28 Пейве Я.В. Биохимия почв. – М.: Сельхозгиз, 1961, – 422 с.
- 29 Галстян А.Ш. Об инаktivации ферментов почв//Докл. АН АрмССР. – 1965а. – Т.40, –№ 1. – С. 39–42.

- 30 Звягинцев Д.Г. Имобилизованные ферменты в почвах// В кн.: Микробные метаболиты. – М.: Изд-во МГУ, 1979. – С. 31–46.
- 31 Дробник Я. Расщепление крахмала энзиматическим комплексом почв// *Folia biologica*. – 1955. – Т. 1. – № 6. – С. 24–40.
- 32 Hoffmann E., und Seegerer A. Über das Enzymsystem unserer Kulturböden. I: Saccharase// *Biochem. Ztschr.* – 1951. – Bd. 322. – Nr. 1. – S. 174–179.
- 33 Kiss St. Ujabb adatok a talajszaharaz es a talaj- α -glukozidaz (β -maltaz) azonossagiaval szemben// *Stud. Univ. Babcs-Bolyai. Scr. bot.* - 1958. - Vol. 3. - № 7. P. 51–55.
- 34 Купревич В.Ф. Внеклеточные ферменты корней высших автотрофных растений // ДАН СССР. – 1949. – Т. 68. – № 5. – С. 953–956.
- 35 Купревич В.Ф. Биологическая активность почвы и методы ее определения// Доклады АН СССР. – 1951. – Т. 79. – № 5. – С. 863–866.
- 36 Галстян А.Ш. Изучение сравнительной активности каталазы в некоторых типах почв Армении// Доклады АН АрмССР. – 1956. – Т. 23. – № 2. – С. 62–65.
- 37 Runov, E.V., and Terekhov, O.S. The question of the catalase activity of several forest soils// *Soviet Soil Sci.* – 1960. – № 9. – P. 974–978.
- 38 Диксон М., Уэбб Э. Ферменты. – М.: Мир, 1982. – Т. 1–3. – 1120 с.
- 39 Johnson, J. L. and Temple. K.L. Some variables affecting measurement of 'catalase activity' in soil// *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* – 1964. – № 28. – P. 207–209.
- 40 Купревич В. Ф., Щербакова Т.А. Почвенная энзимология. – Минск: Наука и техника, 1966. – 275 с.
- 41 Beck T.H. The determination of catalase activity in soils// *J. Plant Nutr. Soil Sci.* – 1971. – № 130. – P. 68–81.
- 42 Burns R.G. Enzyme activity in soils: some theoretical and practical considerations// In: *Soil Enzymes* (Eds: R.G. Burns). – London, Academic Press, 1978. – P. 295–326.
- 43 Alef K. and Nannipieri P. Catalase activity// *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. – London: Academic Press. – 1995. – P. 362–363.
- 44 Галстян А.Ш. Унификация методов определения активности ферментов почв// Почвоведение. – 1978. – № 2. – С. 107–114.
- 45 Инишева Л.И., Ивлева С.Н., Щербакова Т.А. Руководство по определению ферментативной активности торфяных почв и торфов. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. – 119 с.
- 46 Галстян А.Ш. Роль ферментов в процессах образования соды в почве// Почвоведение. – 1967. – № 5. – С. 89–96.
- 47 Сингх И., Саха С.К., Де С.К. Активность каталазы α -гумуса аллювиальной почвы в присутствии солей Ca, N, P, K.// Почвоведение. – 1982. – № 11. – С. 101–103.
- 48 Henri V. Theorie generale de l'action de quelques diastases// *CR Hebd. Seances Acad. Sci.* – 1902. – P. 916–919.
- 49 Brown A.J. Enzyme action// *J. Chem. Soc.* – 1902. – 81. – PP. 373–388.
- 50 Henri V. Lois générales de l'action des diastases, Librairie Scientifique A. Hermann. – Paris, 1903. – 129 p.
- 51 Жирякова М.В., Тифлова Л.А., Белова В.М., Скокан Е.В. Исследование кинетики ферментативной реакции. – М.: Изд-во, Хим фак. МГУ, 2020. – 30 с.
- 52 Огурцов А. Н. Физико-химические основы биотехнологии. Биокинетика. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2017. – 368 с.

- 53 Байрамов В.М. Основы химической кинетики и катализа. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 256 с.
- 54 Koshland DE Jr, Nemethy G, Filmer D. Comparison of experimental binding data and theoretical models in proteins containing subunits// *Biochemistry*. – 1966. – №5. – P. 365–385.
- 55 Goldbeter A., Koshland DE Jr. An amplified sensitivity arising from covalent modification in biological systems// *Proc Natl Acad Sci*. – 1981. – № 78. – P. 6840–6844.
- 56 Рубин А. Б., Пытьева Н. Ф., Ризниченко Г. Ю. Кинетика биологических процессов: Учеб. пособие. – 2-е изд. – М.: Изд-во МГУ, 1977. – 328 с.
- 57 Березин И. В., Клесов А.А. Практический курс химической и ферментативной кинетики. – М.: Изд-во МГУ, 1976. – 320 с.
- 58 Колинко П.А., Козлов Д. В. Химическая кинетика в курсе физической химии. –Новосибирск: Нов Гос. Унив., 2013. – 99 с.
- 59 Березин И.В., Мартинек К. Основы физической химии ферментативного катализа. – М. : Высшая школа, 1977. – 280 с.
- 60 Романовский, Ю.М., Степанова, Н.В., Чернавский, Д.С. Математическая биофизика. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1984. – 304 с.
- 61 Haldane J.B.S. *Enzymes*– London, Longmans Green, 1930. – PP. 28–53, 74–92.
- 62 Lineweaver, H., Burk, D. The determination of enzyme dissociation constants// *J Am Chem Soc*. – 1930. – № 56(3). – PP. 658–666.
- 63 Yano T., Nakahara T., Kamiyama S., Yamada K. Kinetic studies on microbial activities in concentrated solutions. I. Effect of excess sugars on oxygen uptake rate of a cell-free respiratory system//*Agricultural and Biological Chemistry*. – 1966. – №30. – PP. 43–48.
- 64 Wang J.L., Wan W. The effect of substrate concentration on biohydrogen production by using kinetic models// *Science in China Series B: Chemistry*. – 2008. –№ 51(11). – PP. 1110–1117.
- 65 Tazdait D., Abdi N., Grib H., Lounici H., Pauss A., Mameri N. Comparison of different models of substrate inhibition in aerobic batch biodegradation of malathion// *Turk. J. Eng. Environ. Sci*. – 2013. –№ 37. – PP. 221–230.
- 66 Карахим С. А. Об истинных и кажущихся константах Михаэлиса в энзимологии. I. Отличительные признаки// *Укр. біохім. журн*. – 2011. – Т. 83. - № 5. – С. 94–109.
- 67 Reed M.C., Lieb A, Nijhout H.F. The biological significance of substrate inhibition: a mechanism with diverse functions// *Bioessays*. – 2010. - PP. 422–429.
- 68 Fromm H.J. Summary of kinetic reaction mechanisms// *Methods in Enzymology*. – 1979. – V. 63. – PP. 42 – 53.
- 69 Tuşat E., Mikailsoy F. An investigation of the criteria used to select the polynomial model employed in local GNSS/ leveling geoid determination studies// *Arabian J. Geosciences*. – 2019. –№ 8(24). – PP. 801.

REFERENCES

- 1 Michaelis, L. and Menten, M.L. Die Kinetik der Invertinwirkung// *Biochem*. – 1913. – № 49. – RR. 333–369.
- 2 Briggs G.E., and Haldane J.B.S. A note on the kinetics of enzyme action// *Biochem J*. – 1925. – RR. 338–339.

- 3 Yakovlev V.A. Kinetika fermentativnogo kataliza. – Moskva: Nauka, 1965. – 248 s.
- 4 Tabatabai M. A., Bremner J. M. Michaelis constants of soil enzymes// Soil Biol. Biochem. – 1971. – V 3. – № 4. – PP. 317–323.
- 5 Khaziyev F.Kh., Agafarova Ya.M., Konstanty Mikhaelisa pochvennykh fermentov// Pochvovedeniye. – 1976. – № 8. – S. 150–157.
- 6 Aseyeva I.V., Panikov N. S. Kinetika fermentativnykh protsesov raspada nukleinykh kislot v pochve/ V kn.: Ekologicheskkiye usloviya i fermentativnaya aktivnost pochv. – Ufa, 1979. – S. 112–125.
- 7 Kornish-Bouden E. Osnovy fermentativnoy kinetiki. – M.: Mir, 1979. – 280 s.
- 8 Aliyev S. A., Gadzhiyev D. A., Mikayylov F. D. Kineticheskiye pokazateli aktivnosti katalazy v osnovnykh tipakh pochv Azerbaydzhanskoj SSR// Pochvovedeniye. – 1981. – № 9. – S. 107–112.
- 9 Aliyev S. A., Gadzhiyev D. A., Mikayylov F. D. Kineticheskiye i termodinamicheskiye kharakteristiki fermentov invertazy i ureazy v pochvakh Azerbaydzhanskoj SSR// Pochvovedeniye. – 1984. – № 11. – S. 55–66.
- 10 Keleti T. Osnovy fermentativnoy kinetiki. – Moskva: Mir, 1990. – 352 s.
- 11 Kursky M.D., Kosterin S.A., Rybalchenko V.K. Biokhimicheskaya kinetika. – Kiev: Vishcha shkola, 1977. – 261 s.
- 12 Kussainova, M., Er, F., Mikailsoy, F. Assessment of the basic kinetic of catalase in the soil (Province of Konya, Turkey)// The 10th Int Soil Science Congress on “Environment and Soil Resources Conservation”. – Almaty, 2018. – PP. 110–117.
- 13 Mikayylov F. Otsenka osnovnykh kineticheskikh parametrov katalazy v pochve// Zhivye i biokosnye sistemy. – 2018. 25(3). – C. 1–7.
- 14 Khaziyev F.Kh. O kinetike fermentativnykh protsessov v pochvakh// Izvestiya Ufimskogo Nauchnogo Tsentra RAN. – 2018. – № 3. – S. 45–51.
- 15 Yun K.I., Han T.S. Relationship between enzyme concentration and Michaelis constant in enzyme assays// Biochimie. – 2020. – P. 12–20.
- 16 Yano D., Suzuki T. Kinetic analyses of the substrate inhibition of paramecium arginine kinase// Protein J. – 2018. – 37. P. 581–588.
- 17 Cornish-Bowden, A. The origins of enzyme kinetics// FEBS Letters. – 2013. – P. 2725–2730.
- 18 Mikayylov F.D., Khabirov I.K. Nekotorye voprosy modelirovaniya fermentativnykh protsessov v pochve// Pochva kak svyazuyushcheye zveno funktsionirovaniya prirodnykh i antropogenno-preobrazovannykh ekosistem: mater. III Mezhdunar.nauch. – prak. konf. – Irkutsk, 2011. – S. 166–171.
- 19 Kizilkaya R, Samofalova I, Mudrykh N, Mikailsoy F, Akça I, Sushkova S, Minkina T. Assessing the impact of azadirachtin application to soil on urease activity and its kinetic parameters//Turkish Journal of Agriculture and Forestry. – 2015. P. 976 – 983.
- 20 Khaziyev F.Kh. Fermentativnaya aktivnost pochv. – M.: Nauka, 1976. – 180 s.
- 21 Khaziyev F.Kh. Osobennosti dinamiki fermentativnoy aktivnosti chernozemov v Preduralye// Pochvovedeniye. – 1977. – № 10. – S. 114–125.
- 22 Khaziyev F.Kh. Sistemno-ekologicheskyy analiz fermentativnoy aktivnosti pochv. – M.: Nauka, 1982. – 204 s.
- 23 Khaziyev F.Kh. Metody pochvennoy enzimologii. – M.: Nauka, 2005. – 254 s.
- 24 Krasilnikov N.A. Mikroorganizmy pochvy i vysshiye rasteniya. – M.: Izd-vo AN SSSR, 1958. – 464 s.
- 25 Kozlov K.A. Biologicheskaya aktivnost pochvy// Izvestiya AN SSSR. Ser. biol. nauk. – 1966. – № 5. – S. 719–733.

- 26 Katsnelson R.S., Yershov V.V. Issledovaniye mikroflory tselinnykh i okulturennykh pochv Karelskoy ASSR// Biologicheskaya aktivnost pochv KASSR/ (Mikrobiologiya. – 1958. – T. 27. – Vyp. 1. – S. 82-88.
- 27 Galstyan A.Sh. Fermentativnaya aktivnost pochv Armenii. – Yerevan: Ayastan, 1974. – Vyp. 8. – 275 s.
- 28 Peyve Ya.V. Biokhimiya pochv. – M.: Selkhozgiz, 1961, – 422 s.
- 29 Galstyan A.Sh. Ob inaktivatsii fermentov pochv//Dokl. AN ArmSSR. – 1965a. – T.40, –№ 1. – S. 39-42.
- 30 Zvyagintsev D.G. Immobilizovannyye fermenty v pochvakh// V kn.: Mikrobye metabolity. – M.: Izd-vo MGU, 1979. – S. 31 –46.
- 31 Drobnik Ya. Rasshchepleniye krakhmala enzimaticheskim kompleksom pochv// Folia biologica. – 1955. – T. 1. – № 6. – S. 24-40.
- 32 Hoffmann Ye., und Seegerer A. Über das Enzymsystem unserer Kulturböden. I: Saccharase// Biochem. Ztschr. –1951. – Bd. 322. – Nr. 1. – S. 174-179.
- 33 Kiss St. Ujabb adatok a talajszaharaz es a talaj- α -glukozidaz (β -maltaz) azonosagiaval szemben// Stud. Univ. Babcs-Bolyai. Scr. bot. - 1958. - Vol. 3. - № 7. P. 51-55.
- 34 Kuprevich V.F. Vnekletochnye fermenty korney vysshikh avtotrofnykh rasteny // DAN SSSR. – 1949. – T. 68. – № 5. – S. 953-956.
- 35 Kuprevich V.F. Biologicheskaya aktivnost pochvy i metody ee opredeleniya// Doklady AN SSSR. – 1951. – T. 79. – № 5. – S. 863-866.
- 36 Galstyan A.Sh. Izucheniye sravnitel'noy aktivnosti katalazy v nekotorykh tipakh pochv Armenii// Doklady AN ArmSSR. – 1956. – T.23. - №2. – S. 62-65.
- 37 Runov, E.V., and Terekhov, O.S. The question of the catalase activity of several forest soils// Soviet Soil Sci. – 1960. – № 9. – P. 974-978.
- 38 Dikson M., Uebbs E. Fermenty. - M.: Mir, 1982. – T. 1-3. – 1120 s.
- 39 Johnson, J. L. and Temple. K.L. Some variables affecting measurement of 'catalase activity' in soil// Soil Sci. Soc. Am. Proc. – 1964. – № 28. – P. 207-209.
- 40 Kuprevich V. F., Shcherbakova T.A. Pochvennaya enzimologiya. – Minsk: Nauka i tekhnika, 1966. – 275 s.
- 41 Beck T.H. The determination of catalase activity in soils// J. Plant Nutr. Soil Sci. – 1971. –№ 130. – P. 68-81.
- 42 Burns R.G. Enzyme activity in soils: some theoretical and practical considerations// In: Soil Enzymes (Eds: R.G. Burns). – London, Academic Press, 1978. – P. 295-326.
- 43 Alef K. and Nannipieri P. Catalase activity// Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. – London: Academic Press. – 1995. – R. 362-363.
- 44 Galstyan A.Sh. Unifikatsiya metodov opredeleniya aktivnosti fermentov pochv// Pochvovedeniye. – 1978. –№ 2. – C. 107-114.
- 45 Inisheva L.I., Ivleva S.N., Shcherbakova T.A. Rukovodstvo po opredeleniyu fermentativnoy aktivnosti torfyanykh pochv i torfov. – Tomsk: Izd-vo Tom. un-ta, 2002. – 119 s.
- 46 Galstyan A.Sh. Rol fermentov v protsessakh obrazovaniya sody v pochve// Pochvovedeniye. – 1967. – № 5. – S. 89-96.
- 47 Singkh I., Sakha S.K., De S.K. Aaktivnost katalazy α -gumusa allyuvialnoy pochvy v prisutstvii soley Ca, N, R, K.//Pochvovedeniye. – 1982. – № 11. – C. 101-103.
- 48 Henri V. Theorie generale de l'action de quelques diastases// CR Hebd. Seances Acad. Sci. – 1902. – P. 916-919.

- 49 Brown A.J. Enzyme action// J. Chem. Soc. –1902. –81. – PP. 373–388.
- 50 Henri V. Lois générales de l'action des diastases, Librairie Scientifique A. Hermann. – Paris, 1903. – 129 p.
- 51 Zhiryakova M.V., Tiflova L.A., Belova V.M., Skokan Ye.V. Issledovaniye kinetiki fermentativnoy reaktsii. – M.: Izd-vo, Khim fak. MGU, 2020. – 30 s.
- 52 Ogurtsov A. N. Fiziko-khimicheskiye osnovy biotekhnologii. Biokinetika . – Kharkov: NTU «KhPI», 2017. – 368 s.
- 53 Bayramov V.M. Osnovy khimicheskoy kinetiki i kataliza. – M.: Izdatelsky tsentr «Akademiya», 2003. – 256 s.
- 54 Koshland DE Jr, Nemethy G, Filmer D. Comparison of experimental binding data and theoretical models in proteins containing subunits// Biochemistry. – 1966. – №5. – R. 365–385.
- 55 Goldbeter A., Koshland DE Jr. An amplified sensitivity arising from covalent modification in biological systems// Proc Natl Acad Sci. – 1981. – № 78. – R. 6840–6844.
- 56 Rubin A. B., Pytyeva N. F., Riznichenko G. Yu. Kinetika biologicheskikh protsessov: Ucheb. posobiye. – 2-e izd. – M.: Izd-vo MGU, 1977. – 328 s.
- 57 Berezin I. V., Klesov A.A. Praktichesky kurs khimicheskoy i fermentativnoy kinetiki. – M.: Izd-vo MGU, 1976. – 320 s.
- 58 Kolinko P.A., Kozlov D. V. Khimicheskaya kinetika v kurse fizicheskoy khimii. – Novosibirsk: Nov Gos. Univ., 2013. – 99 s.
- 59 Berezin I.V., Martinek K. Osnovy fizicheskoy khimii fermentativnogo kataliza. – M. : Vysshaya shkola, 1977. – 280 s.
- 60 Romanovsky, Yu.M., Stepanova, N.V., Chernavsky, D.S. Matematicheskaya biofizika. – M.: Nauka, Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoy literatury, 1984. – 304 s.
- 61 Haldane J.B.S. Enzymes– London, Longmans Green, 1930. – PP. 28–53, 74–92.
- 62 Lineweaver, H., Burk, D. The determination of enzyme disso-ciation constants// J Am Chem Soc. – 1930. – № 56(3). – PP. 658–666.
- 63 Yano T., Nakahara T., Kamiyama S., Yamada K. Kinetic studies on microbial activities in concentrated solutions. I. Effect of excess sugars on oxygen uptake rate of a cell-free respiratory system//Agricultural and Biological Chemistry. – 1966. – №30. – PP. 43–48.
- 64 Wang J.L., Wan W. The effect of substrate concentration on biohydrogen production by using kinetic models// Science in China Series B: Chemistry. – 2008. –№ 51 (11). – PP. 1110–1117.
- 65 Tazdaït D., Abdi N., Grib H., Lounici H., Pauss A., Mameri N. Comparison of different models of substrate inhibition in aerobic batch biodegradation of malathion// Turk. J. Eng. Environ. Sci. – 2013. –№ 37. – PP. 221–230.
- 66 Karakhim S. A. Ob istinnykh i kazhushchikhsya konstantakh Mikhaelisa v enzimo logii. I. Otlichitelnye priznaki// Ukr. biokhim. zhurn. – 2011. – T. 83. - № 5. – S. 94–109.
- 67 Reed M.C., Lieb A, Nijhout H.F. The biological significance of substrate inhibition: a mechanism with diverse functions// Bioessays. – 2010. - PP. 422–429.
- 68 Fromm H.J. Summary of kinetic reaction mechanisms// Methods in Enzymology. – 1979. – V. 63. – PP. 42 – 53.
- 69 Tuşat E., Mikailsoy F. An investigation of the criteria used to select the polynomial modelsemployed in local GNSS/ leveling geoid determination studies// Arabian J. Geosciences. – 2019. –№ 8(24). – PP. 801.

ТҮЙІН

Ф.Д. Микаилсой¹САЗДЫ ТОПЫРАҚТАҒЫ КАТАЛАЗА РЕАКЦИЯСЫНА СУБСТРАТТЫҢ ЖОҒАРЫ КОН-
ЦЕНТРАЦИЯСЫНЫҢ ӘСЕРІ (ИГДЫР ПРОВИНЦИЯСЫ, ТҮРКИЯ)I. ТОПЫРАҚТАҒЫ ФЕРМЕНТАТИВТІ РЕАКЦИЯЛАР КИНЕТИКАСЫНЫҢ ТЕОРИ-
ЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ*¹"Игдыр" университетінің ауылшаруашылық факультеті, 76000, Игдыр,
Шехит Бүлент Юртсевен кампусы, Түркия, e-mail: fariz.mikailsoy@igdir.edu.tr*

Жұмыста ферментативті процестерді модельдеудің классикалық және заманауи көріністері және графикалық және аналитикалық әдістермен ферментативті реакцияның бастапқы жылдамдығын анықтау сипатталған. Топырақтағы ферментативті реакцияның бастапқы жылдамдығын анықтау әдістері келтірілген. Ньютон-Грегоридің аналитикалық әдісінен айырмашылығы бар ферменттермен катализделген реакциялардың бастапқы жылдамдығын анықтаудың жаңа әдісі ұсынылады. Осы мақсатта модельдеудің ең көп қолданылатындары: гиперболалық, биномдық, биномдық-параболалық көпмүшелер 5-ші және 6-шы дәрежелі, псевдополиномалар 5-ші және 6-шы дәрежелі модельдер ұсынылады. Кинетикалық параметрлерді есептеу үшін компьютерде пакеттік бағдарламаны пайдалану ұсынылады. Топырақтағы ферментативті реакцияларды зерттеуде математикалық модельдеуді қолданудың болашағы көрсетілген.

Түйінді сөздер: топырақ, ферментативті реакция, бастапқы жылдамдық, субстраттың тежелуі, модельдеу.

SUMMARY

F.D. Mikailsoy¹INFLUENCE OF HIGH SUBSTRATE CONCENTRATIONS ON CATALASE REACTION IN
LOAM SOIL (YGDİR PROVINCE, TURKEY)

I. THEORETICAL FOUNDATIONS OF THE KINETICS OF ENZYMATIC SOIL REACTIONS

*Faculty of Agriculture of the University "Igdir", Department of Soil Science and Plant
Nutrition, 76000, Sehit Bulent Yurtseven Campus, Igdir, Turkey,
e-mail: fariz.mikailsoy@igdir.edu.tr*

The paper presents classical and modern concepts of modeling enzymatic processes and determining the initial rate of an enzymatic reaction by graphical and analytical methods. Methods for determining the initial rate of the enzymatic reaction in soils are given. In contrast to the Newton-Gregory analytical method, a new method is proposed for determining the initial rates of reactions catalyzed by enzymes. For this purpose, the most commonly used in modeling are recommended: hyperbolic, binomial, binomial-parabolic polynomials of the 5th and 6th degree, pseudopolynomials of the 5th and 6th degree of the model. It is proposed to use a batch program on a computer to calculate the kinetic parameters. The prospects of using mathematical modeling in the study of enzymatic reactions in soil are shown.

Key words: soil, enzymatic reaction, initial rate, substrate inhibition, modeling.

СВЕДЕНИЕ ОБ АВТОРЕ

Микаилсой Фариз Дуниялыоглу - доктор сельскохозяйственных наук,
профессор кафедры почвоведения и питания растений,
e-mail: fariz.mikailsoy@igdir.edu.tr

МОЛОДЫЕ УЧЕНЫЕ

ГРНТИ 87.15.15

https://doi.org/10.51886/1999-740X_2022_3_87

К.Ж. Нұрланқызы*

МҰНАЙМЕН ЛАСТАНУДЫҢ ТОПЫРАҚ-ӨСІМДІК ЖҮЙЕСІНЕ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ӘСЕРІ

*Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, 050038, Алматы қ., аль-Фараби 71 даңғылы, Қазақстан, *e-mail: karimova.zhuldyzay@gmail.com*

Аннотация. Мақала мұнай ластануының топырақ-өсімдік жүйесіне әсерін зерттеуді шолуға арналған. Жаңажол кен орнының мұнай өнімдерімен техногендік ластануына баға берілді. Мұнай өнімдері өсімдік жүйесіне де, топырақ құрылымына да кері әсерін тигізеді. Төгілген мұнайдың өсімдіктерге әсері әр түрлі тәсілдермен - физикалық, химиялық және физиологиялық тәсілдермен жүреді, бұл липидтік мембраналардың зақымдануына, жасушалық мембраналардың өткізгіштігінің бұзылуына әкеледі. Мұнаймен ластану топырақ микроорганизмдері мен топырақ ферменттерінің дамуына ингибациялық әсер етеді. Ластанудың биологиялық белсенділікке әсері (микроорганизмдер, ферменттер) нақты мұнай фракциясымен байланысты екендігі анықталды. Топырақтың мұнай ластануының өсімдіктерге әсері туралы әдеби деректер келтірілген. Топырақ-өсімдік жүйесіне мұнайдың ластануы әсерінің негізгі тетіктері қаралды Сипатталған: топырақ жамылғысының жай-күйіне экологиялық мониторинг жүргізу және мұнайдың ластануына ұшыраған топырақты қалпына келтіру жөніндегі іс-шаралар; мұнаймен ластанған өсімдіктер мен топырақтардың спектрлік сипаттамалары, сондай-ақ мұнайдың ластануының бейнелеу қасиеттерін анықтау тізбегі бар қашықтықтан зондтау деректері берілген. Өсімдік-топырақ жүйесіне мұнайдың ластануының теріс әсерінің негізгі факторлары әдебиетте байқалғаны, мұнайдың көмірсутектерінің уытты әсері және топырақтың физикалық-химиялық қасиеттерінің өзгеруі болып табылатыны анықталды.

Түйінді сөздер: экология, ластану, мұнай, топырақ ферменттері, топырақ микроорганизмдері, фитоуыттылығы.

Өнеркәсіптік және мұнайды қолданумен ластану жаһандық және елеулі экологиялық проблемаға айналды. Мұнай-химия өнімдерінде ВТЕХ (бензол, толуол, этилбензол және ксилол) және ПАУ (полициялық хош иісті көмірсутектер) сияқты уытты заттар көп болады. Бұл мұнай ластағыштары топырақ-өсімдіктер жүйесіне түседі және жер асты суларының сапасына әсер етеді. Осылайша, мұнайдың ластануы топырақ-өсімдік жүйесіне (оның құрамын, құрылымын, функциялары мен қызмет көрсетуін қоса алғанда) ғана емес, тамақ тізбегі арқылы адам денсаулығына да әсер етеді. Мұнайдың ластануы топырақтағы судың жай-күйіне және басқа да физикалық қасиеттерге, сондай-ақ топырақтағы көміртектің құрамына, қоректік заттар

мен басқа да химиялық қасиеттеріне әсер етеді. Бұл топырақ микробтық қоғамдастығының құрамы мен әртүрлілігіне, топырақ ферменттеріне және басқа да биологиялық қасиеттерге әсер етеді. Көп жағдайда мұнай өсімдіктерге арналған тотықтырғыш болып табылады. Жасуша мембраналары көмірсутек молекулаларының енуі кезінде зақымданады, бұл жасушалар құрамының өзгеруіне әкеледі. Өсімдік қоғамдастығының өзгерістері мен топырақ ортасының өзгерістерінің үйлесімі экожүйенің өнімділігін, тұрақтылығын және денсаулығын төмендетеді. Ақырында, экожүйенің қызметі мұнаймен ластанудан төмендейді. Мұнай ластағыштары микроорганизмдермен, өсімдіктермен және микоризамен биологиялық тұрғыдан қалпына келтірілуі және бұзылуы мүмкін.

Қоршаған ортаның ластануына әкеп соғатын мұнай ластаушыларының негізгі үш түрі бар: шикі мұнайды, құрамында мұнай бар сарқынды сулар, қатты қалдықтар. Топырақ бетіндегі мұнай ластағыштары негізінен топырақ бетіндегі температура 0~40 °С кезінде шоғырланады. Топырақ мұнаймен ластаушы заттар үшін белгілі бір адсорбциялық және ұстап қалу қабілетіне ие, бірақ оның адсорбциялық және ұстап қалу қабілетінің белгілі бір шегі бар. Мұнайдан тыс жерлерде мұнай ластағыштары топыраққа терең ағатын болады, бұл жер асты суларының сапасына одан кері әсер етеді. Мұнайдың өткізгіштігі топырақ текстурасымен және ластаушы заттардың өмір сүру уақытымен байланысты. Мұнай мен оның компоненттері топырақта неғұрлым ұзақ болса, оның топырақтағы өткізгіштігі соғұрлым күшті болады. Мұнай компоненттерінің күрделілігіне және топырақтың біртектілігіне байланысты топырақтағы мұнай ластаушы заттардың әртүрлі компоненттерінің бөлінуін дәл болжау қиын. Мұнай компоненттерінің сипаттамалары мен топырақтың қоршаған ортасының жағдайлары олардың топырақта бөлінуіне және орын ауыстыруына әсер ететін болады. Звягинцев Д.Г зерттеуінше, құрамында органикалық заттар аз (1,7-2,5 %), олардың мөлшері профиль тереңдігімен 0,6-1,0 % дейін азаяды [1]. Ашық қара-қоңыр топырақтардың қолайсыз су режимі бар және оларды пайдалану тек суару кезінде немесе қар ұстаудан ылғал алу кезінде мүмкін болады. Бірақ бұл топырақтар жел эрозиясына ұшырайды, сондықтан жеңіл топырақтарда эрозияға қарсы шараларды қолдану қажет. Топырақ түзуші жыныстар корбанатты лессовидті саздауытты, тұзды саздауытты мен саздар, құмттастар,

эктастар түрлі-түсті үшіншілік тұзды жыныстар және т.б. болып табылады.

Мұнай топырақ ортасына түскеннен кейін ол топырақтың физикалық және химиялық қасиеттерін айтарлықтай өзгертеді. Мұнайдың тұтқырлығының жоғары болуынан мұнайдың көп мөлшері топырақ бөлшектерін біртекті бөлшектерге полимерлейді. Мұнаймен ластану топырақтың органикалық затының, органикалық көміртегінің және суда еритін органикалық көміртектің құрамының ұлғаюына, жалпы азоттың, жалпы фосфордың, тиімді азоттың, тиімді фосфордың және алмасу оң иондарының азаюына, сондай-ақ көміртегі-азот және көміртегі қатынасының ұлғаюына әкеледі. Топырақты мұнаймен ластағаннан кейін алынатын гумустың (Экстрагирленетін гумустың) және гумин қышқылының құрамы азаяды, ал гуминнің құрамы ұлғаяды.

Мұнайдың ластануы да басқа топырақ микроорганизмдерінің саны мен белсенділігіне шектеуші әсер етеді. Мысалы, мұнаймен ластану саңырауқұлақтардың споруляциялану қабілетіне әсер етеді. Сондай-ақ мұнаймен ластану топырақтың микробтық биомассасына және жалпы бактериялық жүктемеге айтарлықтай әсер етпейтіні көрсетілді. Мұнаймен ластану нитрификацияға қатысатын топырақ микроорганизмдері санының азаюына, аэробты нитрификациялаушы бактериялар санының ұлғаюына және анаэробты нитрификациялаушы бактериялар санының азаюына әкеледі [2].

Бұдан басқа, мұнаймен ластану эвтрофтық бактериялармен, азот белгілейтін бактериялар мен активиномицеттердің өсуіне күшті ынталандырушы әсер етуі мүмкін. Топырақ ферменттері зат айналымында және топырақ экожүйелеріндегі энергия ағынында маңызды рөл атқарады. Топырақ ферменттерінің белсенділігі топырақтың биологиялық қасиеттері

мен сапасының маңызды көрсеткіші болып табылады. Мұнаймен ластану көптеген топырақ ферменттерінің белсенділігіне әсер етуі мүмкін. Колесников С.И. зерттеулері бойынша мұнаймен ластану оксидоредуктаздық және гидролиттік ферменттік жүйелерге әсері анықталды. Тотықтандыру-қалпына келтіру ферменттеріне келетін болсақ, мұнаймен ластану дегидрогеназаның, полифенолоксидазаның және сутек пероксидазасының белсенділігін арттыратындығы туралы болжам бар. Мұнайдың ластануының топырақ ферменттеріне әсері нақты мұнай фракциясымен байланысты. Сондай-ақ мұнайдың ластануы топырақ ферменттерінің белсенділігіне айтарлықтай әсер етпейді деген болжам айтылды. Мұнаймен ластану өсімдіктердің тірі қалуын, биомассаны, өсімдіктегі жапырақтар санын, өсімдіктің биіктігі мен жапырақтар алаңын айтарлықтай төмендетеді. Мұнаймен ластану липидті мембраналардың зақымдануына, жасушалық мембраналардың өткізгіштігінің бұзылуына және осморегуляцияға, еркін радикалдардың, малондиальдегидтің, супероксид-дисмүтазаның, каталазаның, еркін ерітіндінің және салыстырмалы электр өткізгіштігінің жасушашілік деңгейінің жоғарылауына әкеп, өсімдіктерде тотығу стрессін туғызады. Мұнайдың ластануы жасушашілік хлоропластардың зақымдануына әкеліп соғады, хлорофилл сияқты фотосинтетикалық пигменттердің құрамын азайтады, базалық флуоресценцияны (F0) ұлғайтады және ауыспалы флуоресценцияны (Fv), ең жоғары флуоресценцияны (Fm) және бастапқы жарық түрлендіру тиімділігін азайтады. Мұнаймен ластану өсімдіктердің эвапотранспирациясы жылдамдығының төмендеуіне әкелуі мүмкін. Зерттеулер көрсеткендей, салыстырмалы өсу жылдамдығы (RGR) және таза

ассимиляция (NAR) жылдамдығы бақылауға қарағанда 1 % мұнай ластағыштары бар топырақта жоғары болды, бұл өсудің кідірісін көрсетеді [3]. Мұнай ластағыштары тұқымдар мен қоршаған топырақ арасындағы су және оттегі алмасуына, оның ішінде өсімдіктер тұқымдарын инкапсуляциялау жолымен, тұқым ұрықтарының улануына, тұқымдардың өсуін кідіртуге және тұқымдардың өсу жылдамдығын төмендетуге әсер етеді. Сондықтан қыста мұнаймен ластанған тұқым көктемде төмен өсетін болады. Бұдан басқа, егер өсімдіктер гүл бүйректерінің дамуы кезінде мұнаймен ластанған болса, өндірілетін гүлдердің саны едәуір азаяды және жемістермен өндірілетін тұқымдардың саны да азаяды.

Мұнаймен ластану өсімдік қоғамдастықтарының құрамы мен құрылымына әсер етеді. Мұнайдың ластануы кезіндегі өсімдік қоғамдастықтарының құрамы мен құрылымындағы өзгерістер, жеңілдетуді, әсердің жоқтығын, сублеталдық және өлім әсерлерін қоса алғанда, жекелеген өсімдіктерге мұнайдың ластануының әртүрлі әсерлеріне байланысты болады; соның ішінде бейімделуге, жойылуға әртүрлі реакция көрсетеді.

Атап айтқанда Dean B.J зерттеуінше, бірнеше модельдер бар:

1) Мұнай не ықпал ететін әсер етеді, не өсімдіктердің өсуі мен дамуына ешқандай әсер етпейді, бұл ретте өсімдіктер мұнаймен ластануына бейімделеді, өсімдіктер популяциясы кеңейеді немесе өзінің үстемдігін арттырады, ал кейбір жағдайларда тіпті жекелеген түрлерді құрайды. Кейбір жағдайларда тіпті моноспецификалық қоғамдастықтар құрылуы мүмкін.

2) Мұнай өсімдіктердің өсуі мен дамуына қосалқы әсер етеді және өсімдіктер мұнаймен ластануды көтере

алады, бірақ өсімдіктердің популяциясы қысқаруы мүмкін. Егер өсімдіктер аман қалса, бірақ олардың гүлденуі мен өсіп-өну процестері бұзылады, бұл түптеп келгенде популяцияның жойылуына әкелуі мүмкін (әсіресе бір жасушалы өсімдіктерде).

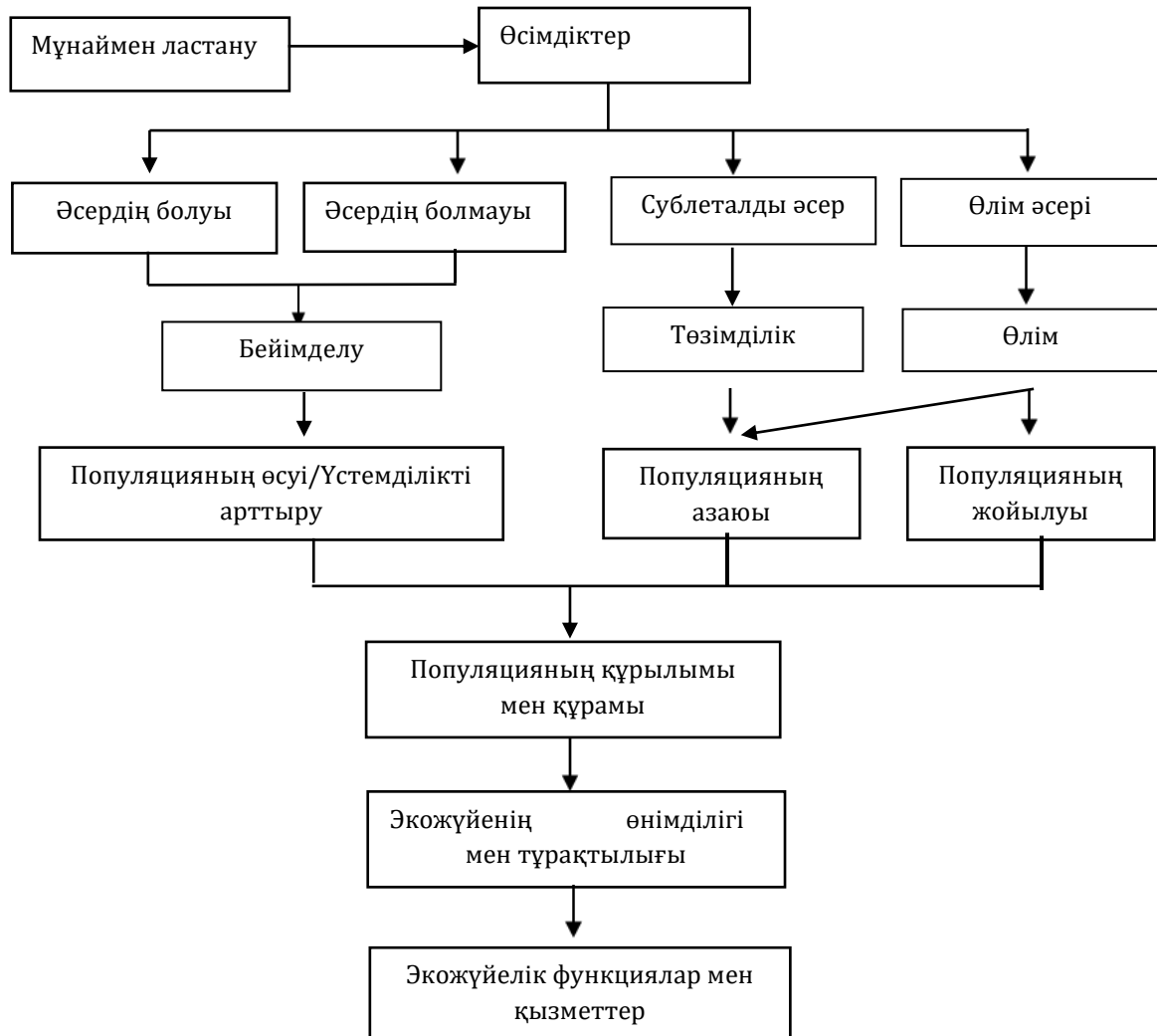
3) Мұнай кейбір өсімдіктердің өсуі мен дамуына теріс әсерін тигізеді және нәтижесінде өсімдіктер өледі, өсімдіктер популяциясы қысқарады. Алайда, бір қауымдастықтағы өсімдіктердің әртүрлі популяциялары мұнаймен ластануға бейімділігі жағынан ғана емес, сонымен қатар бір қауымдастықтағы өсімдіктердің әртүрлі популяциялары да мұнаймен ластануына сезімталдығы бойынша ерекшеленеді. Бір қоғамдастықта әртүрлі өсімдіктердің мұнаймен ластануына бейімділігі де әртүрлі. Осылайша, бір популяциядағы өсімдіктердің мұнаймен ластануына әртүрлі реакциялары болуы мүмкін.

4) Мұнай өсімдіктердің өсуі мен дамуына сублеткалық та, өлімдік те әсер етеді, кейбір өсімдіктер мұнаймен ластануын тасуға қабілетті, кейбір өсімдіктер өледі, ал өсімдіктер популяциясы санының төмендеуі және одан әрі жойылып кетуі мүмкін. Мысалы, АҚШ-тағы Чесапик шығанағы тұздығының өсімдік қоғамдастығында мұнайды қолдану жөніндегі ұзақ мерзімді тәжірибелер мұнаймен ластанудың интерграсстың өсуі мен дамуына айтарлықтай әсер ететінін көрсетті [4, 5].

Тұтастай алғанда, мұнаймен ластану өсімдіктер қоғамдастығының биомассасының төмендеуіне, өсімдік жамылғысында түрлік әртүрлілік пен өзгерістерге және өсімдіктердің тығыздығына әкеледі. Мысалы, мұнайдың ластануы экожүйелерде азотты бекітуге әсер етуі мүмкін, бірақ

бұл әсер елеулі болып табылмайды. Бұдан басқа, мұнаймен ластану қоректік заттарды қосудың синергетикалық әсерінен топырақ экожүйесінің оттегіге қажеттілігінің ұлғаюына әкелуі мүмкін, сондай-ақ топырақтың сульфатты тыныс алуын әкеледі. Мұнаймен ластану топырақ эрозиясының күшеюіне әкеледі және топырақ эрозиясының күшеюіне және жер бедерінің өзгеруіне әкеледі. Сондықтан мұнаймен ластану популяция пен экожүйеге әсерін зерттеу маңызды. Популяция мен экожүйелер үшін мұнаймен ластану салдарын зерттеу көптеген құрамдас, кумулятивті, жанама және кейінге қалдырылған әсерлерді қарауды талап етеді. Мұнаймен ластану қоғамдастық пен экожүйеге әсерін өлшеу үшін ғылыми көрсеткіштер жетіспейді.

Қазіргі уақытта түрлер негізінде өткір токсикологиядан экожүйелер негізінде ластаушы заттардың жіті, тікелей, қысқа мерзімді әсерін ластаушы заттардың созылмалы, кейінге қалдырылған, жанама әсерінен бөлу қажет. Жекелеген түрлерге негізделген өткір токсикологиядан экожүйелерге негізделген токсикологияға көшу қажет және ластаушы заттардың өткір, тікелей, қысқа мерзімді әсері ластаушы заттардың созылмалы, кейінге қалдырылған, жанама, ұзақ мерзімді әсерімен тығыз байланысты болуы тиіс. Экзогендік қоректік заттарды қосу мұнай ластағыштарының тозуын жеделдетуде маңызды рөл атқарады. Экзогендік қоректік заттарды тиісті қосу мұнай ластағыштарының тозуын жеделдету үшін маңызды фактор болып табылады, бірақ көп мөлшерде қоректік заттарды қолдану микробтық белсенділікті арттыру үшін пайда әкелмеуі мүмкін.



Сурет1 - Мұнаймен ластанудың қоғамға және экожүйеге әсері

Қазіргі уақытта түрлер негізінде өткір токсикологиядан экожүйелер негізінде ластаушы заттардың жіті, тікелей, қысқа мерзімді әсерін ластаушы заттардың созылмалы, кейінге қалдырылған, жанама әсерінен бөлу қажет. Жекелеген түрлерге негізделген өткір токсикологиядан экожүйелерге негізделген токсикологияға көшу қажет және ластаушы заттардың өткір, тікелей, қысқа мерзімді әсері ластаушы заттардың созылмалы, кейінге қалдырылған, жанама, ұзақ мерзімді әсерімен тығыз байланысты болуы тиіс. Экзогендік

қоректік заттарды қосу мұнай ластағыштарының тозуын жеделдетуде маңызды рөл атқарады. Экзогендік қоректік заттарды тиісті қосу мұнай ластағыштарының тозуын жеделдету үшін маңызды фактор болып табылады, бірақ көп мөлшерде қоректік заттарды қолдану микробтық белсенділікті арттыру үшін пайда әкелмеуі мүмкін.

Өсімдіктер мұнай ластағыштарын биодеградациялауға қатыса алады. Мұнай ластағыштарын биодеградациялаудағы өсімдіктердің рөлі көп қырлы. Өсімдіктер мұнай көмірсутектерін

жұтып қана қоймай, олардың тамыр жүйелері, дағдарысаралық және микориздер мұнай ластағыштарының тозуына ықпал етуі мүмкін.

Бұдан басқа, микориздік тамыраралық аралықты кеңейтіп, тамыр жүйесімен су мен қоректік заттардың сіңірілуін жақсартып, РАУ адсорбциясын таңдаулы түрде болдырмай, сол арқылы өсімдіктердің өсуіне демек, өсімдіктермен мұнай ластағыштарының биодegradациясына ықпал ете алады. Өсімдіктердің микро-организмдерге ынталандыру әсері ерекше, бұл ретте өсімдік белгілі бір микроорганизмге ғана әсер етеді. Мұнай көмірсутектерінің биоыдырауы мұнай көмірсутектерінің химиялық құрылымына, концентрациясына және физикалық-химиялық қасиеттеріне байланысты. Мұнайдағы хош иісті, битумды және коллоидты қоспалар мұнаймен ластанудың тез тозуын шектейтін негізгі факторлар болып табылады [6]. Бұдан басқа, қоршаған орта жағдайлары мұнай ластағыштарының биологиялық ыдырауына әсер етеді. Қоршаған орта температурасының қалыпты көтерілуі әдетте мұнай ластағыштарының биодegradация жылдамдығын арттырады, ал мұнай көмірсутектерінің тозу жылдамдығы төмен температураға ұшыраған экожүйелерде өте төмен болады. Оттегі мен қоректік заттардың шоғырлануы, топырақтағы ылғалдылық пен рН да мұнай ластағыштарының биодegradация жылдамдығын анықтайтын негізгі факторлар болып табылады. Аэрация мұнай көмірсутектерімен ластанған топырақтағы микроорганизмдер үшін электрон акцепторларының жеткілікті санын қамтамасыз етеді және топырақтың рН тұрақтылығын қолдайды, осылайша микроорганизмдердің биологиялық белсенділігін арттырады және олардың мұнай ластағыштарының тотығу тозуын күшейтеді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Мұнайдың көптеген компоненттері биотикалық көмірсутектерге ұқсас бола отырып, өсімдіктердің тамыр жүйесі арқылы оңай сіңірілуі және сол арқылы олардың биомассадағы құрамының жоғары деңгейін жасауы мүмкін. Атмосферадағы уытты ингредиенттер неғұрлым көп болса, олардың топырақ пен өсімдіктерде шоғырлануы соғұрлым көп болады.

Топырақтың мұнаймен ластануы оның жай-күйінің нашарлауына әкеп соғады. Мұнайға жүктелген үлгілерде органикалық көміртектің құрамы бақылаумен салыстырғанда күрт өсіп, рН мәні ұлғайды [7, 8]. Топырақтың мұнайдың сүзілуіне әсер ететін қасиеттерінің ішінде оның ылғалдылығы маңызды, өйткені топырақтың ылғалдануы кезінде органикалық көміртегі құрамының ұлғаюы орын алды. Органикалық көміртегі құрамының өзгеруы былайша жүреді, мұнайды деструкциялау нәтижесінде топырақта жиналды. Мұнаймен ластану кезінде сорг жинақталады, мұнайды ыдырату, топырақты сілтілеу нәтижесінде, бұл жалпы топырақтың биологиялық көрсеткіштеріне әсер етеді. Көміртегі алмасуына мұнаймен ластанудың теріс әсері анықталды - өсімдік қалдықтарының ыдырауы бәсеңдейді, топырақта гумус нысанында органикалық зат және онда қосылған энергия жинақталады, азот режимі бұзылады, нитрификация мен азотфиксацияның басылуы салдарынан, бұл азотты аштыққа әкеледі, топырақтың тыныс алу қарқындылығы өзгереді.

Топырақтың мұнаймен ластануының теріс салдарының бірі:

1. Мұнаймен ластану далалық та, модельдік те тәжірибелердің топырағына теріс әсер етеді. Топырақ массасының 10 % мөлшеріндегі мұнаймен ластануы өсімдіктердің дамуын

толығымен басып тастағаны дәлелденген.

2. Топырақтың мұнаймен ластануы олардың экологиялық-биологиялық қасиеттерінің нашарлауына әкеп соғады. Әдетте, ластаушы заттың құрамы мен топырақтың зерттелетін қасиеттерінің нашарлау дәрежесі арасында тікелей тәуелділік байқалады.

3. Қара қоңыр топырақтың мұнаймен және мұнай өнімдерімен ластануы өсімдіктердің өсу көрсеткіштері мен бастапқы өсу қарқындылығының төмендеуіне алып келетіні анықталды. Өсу, энергия, татулық және өсу жылдамдығы, тамырлар мен қашулардың ұзындығы эксперименттің барлық нұсқаларында төмендеді [9].

Мұнаймен ластанған жерде экологиялық мониторингі тиімді өткізу, мұнаймен ластануды қалпына келтіру және оның таралуын болдырмау үшін маңызды. Қазіргі уақытта мұнаймен ластанған жерлерде экологиялық мониторингі әдетте топырақ пен өсімдіктерді дағдылы зерттеу және талдау жолымен жүзеге асырады. Алайда, топырақ пен өсімдіктер мониторингі, әсіресе үлкен аумақтарда, көп сынамаларды талап етеді, ал бұл сынамаларды талдау қымбат және күрделі аспаптар мен күрделі рәсімдерді талап етеді, қымбат тұратын және ұзақ мерзімді міндетке айналады. Сондықтан мұнаймен ластанған өсімдіктер мен топырақтың спектрлік сипаттамаларын түсіну және оларды мұнаймен ластануын қашықтықтан мониторингтеу үшін жоғары шешімді қашықтықтан зондтау деректерімен біріктіру маңызды. Флуоресценттік спектроскопия, жоғары шешімді спектроскопия және жақын инфрақызыл диапазондағы поляризацияланған жарық, жақсы перспективаларды көрсетті. Флуоресценттік спектроскопия мұнайдағы полиаро-

матикалық көмірсутектер мен гетероциклдік қосылыстарды табу қабілеті жоғары, бірақ мұнайдың флуоресценция жолағының және гуминді заттардың флуоресценция жолағының жабылуына байланысты оның мұнайдың ластануын табу қабілеті төмендейді. Топырақ пен өсімдіктерді шағылыстыру спектрлері мұнаймен ластану туралы ақпаратты ғана қамтымайды, сонымен қатар өсімдіктерді көрсетудің спектрлік қасиеттері мен мұнаймен ластану көрсеткіштері (мысалы, фотосинтез түсі, биомасса, жапырақтар алаңы және т.б.) арасында жоғары корреляциясы болады, бұл қашықтықтан шешілген жоғары топырақтың спектрлік деректерімен үйлестіре отырып қашықтықтан зондандыру деректерін пайдалануды талап етеді.

Мұнаймен ластану салдарының ұзақ мерзімді сипатына және адамзат дамуының мұнайға тәуелділігіне байланысты негізгі мұнай ластаушыларын орнында сәйкестендіру және мониторингілеу, экологиялық салдары мен мұнаймен ластану тетіктері экологиялық әсерлер мен тетіктер, шашырау және әсер ету жолдары, мен қоршаған ортаны қалпына келтіруді зерттеу ұзақ уақыт бойы маңызды тақырып болып қала береді. Мұнаймен ластанған топырақтың физикалық-химиялық қасиеттері мен биологиялық сипаттамаларына, сондай-ақ қоршаған ортаға мұнаймен ластанудың әсері топырақтың биологиялық қасиеттеріне, топырақ микроорганизмдерін, өсімдіктерді және басқа да физикалық-химиялық әдістерді пайдалануға ие болады. Алайда бұл зерттеулер мұнаймен ластанудың топырақтың физикалық-химиялық қасиеттеріне, жекелеген өсімдіктердің физиологиялық және экологиялық қасиеттеріне, сондай-ақ топырақ микроорганизмдерін, өсімдіктерді және қалпына келтіру үшін басқа да физикалық-

химиялық әдістерді пайдалануға әсерін түсіндіре алмады. Бұл зерттеулер мұнаймен ластануының экологиялық салдарының тетіктерін түсіндіру үшін әлі де жеткіліксіз және мұнайдың ластануының қоғамдастық пен экожүйеге әсері туралы зерттеулердің жеткіліксіздігі бар. Осыған байланысты келешектегі зерттеулер келесі салаларда күшейтілуі тиіс.

1) Молекулалық, жасушалық, ағзалық, жеке, популяциялық, қоғамдық деңгейден экожүйелік деңгейге дейін көп деңгейлі кешенді зерттеулер жүргізу. Молекулалық және жеке деңгейде микроскопиялық көрсеткіштердің күшті механикалық түсіндірме күшін пайдалана отырып, механикалық тұрғыдан мұнаймен ластанудың экологиялық зардаптарын одан әрі түсіндіру үшін бақылау эксперименттерінің рөлін атап өткен жөн. Популяция және экожүйе деңгейінде қоғамдастық және экожүйе деңгейінде мұнайдың ластану салдарын неғұрлым дәл түсіну үшін далалық бақылау эксперименттері мен далалық зерттеулерді, әсіресе ұзақ мерзімді позициялық эксперименттерді дамытуды күшейту қажет. Жекелеген түрлерге негізделген өткір токсикологиядан экожүйелерге негізделген токсикологияға көшу қажет. Осы негізде мұнаймен ластану таңбалауыштарының көп деңгейлі жүйесін құру және сандық өзара байланысты орнату қажет.

2) Қашықтықтан зондтаудың заманауи технологияларының көмегімен біз нақты уақыт режимінде ірі көлемді мониторингке және мұнаймен ластану туралы ерте ескертуге қол жеткізе аламыз. Қашықтықтан зондтаудың қазіргі заманғы және барған сайын дамып келе жатқан технологияларының көмегімен нақты уақыт режимінде ірі ауқымды мониторинг пен мұнаймен ластанудың алдын алуды жүзеге асыру. Қазіргі

уақытта өсімдіктер индексі және қызыл жиек параметрлері сияқты қашықтықтан зондтау әдістері экологияда, қоршаған орта туралы ғылымда пайдаланылады және қашықтықтан зондтау әдістері экология, қоршаған орта туралы ғылым, ауыл және орман шаруашылығы саласында кеңінен пайдаланылады [10].

Олар экология, қоршаған орта туралы ғылым, ауыл және орман шаруашылығы сияқты салалардың кең ауқымында пайдаланылуы мүмкін. Бұл көрсеткіштер жапырақтар алаңының индексі, биомассаны, өсімдік жамылғысын, фотосинтетикалық пигменттерді және тиімді жарықты жақсы бағалауды қамтамасыз ете алады. Бұл көрсеткіштер жапырақтар ауданының индексі, биомасса, өсімдік жамылғысы, фотосинтетикалық пигменттер және тиімді фотосинтетикалық радиация сияқты биофизикалық және биохимиялық параметрлерді жақсы бағалауды қамтамасыз ете алады және осылайша өсімдіктердің өміршеңдігіне жақсы жауап бере алады [11]. Алайда қашықтықтан зондтау көмегімен мұнай ластануының экологиялық зардаптарын мониторингілеу бойынша жұмыстар әлі де салыстырмалы түрде аз, әсіресе мониторинг құралы ретінде жоғары спектрлік рұқсаты бар қашықтықтан зондтау бөлігінде. Осы саладағы зерттеулерді күшейту үшін типтік экожүйелерде немесе мұнай өндіру аудандарында мұнаймен ластануының экологиялық зардаптарына ішкі және далалық спектроскопиялық зерттеулер жүргізу, мұнаймен ластану мен қашықтықтан зондтаудың әртүрлі параметрлері арасындағы сандық өзара байланысты белгілеу, сондай-ақ мұнаймен ластануға сәйкес келу үшін ең жақсы параметрлерді таңдау қажет.

Осыны негізге ала отырып, біз тұрақты уақыт аралығында, тіркелген

мөлшерде және үлкен аумақта мұнай әуе және ғарыштық қашықтықтан ластануының экологиялық салдары- зондтау технологияларын одан әрі ның мониторингіне қол жеткізу үшін біріктіре аламыз.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Звягинцев, Д. Г. Биология почв / Д. Г. Звягинцев, И. П. Бабьева, Г. М. Зенова — М.: Изд-во МГУ, 2005. — 445 с.
2. Звягинцев, Д. Г. Почва и микроорганизмы / Д. Г. Звягинцев. — М. : Изд- во МГУ им. М. В. Ломоносова, 1987. — 256 с.
3. Колесников, С. И. Экологическое состояние и функции почв в условиях химического загрязнения / С. И. Колесников, К. Ш. Казеев, В. Ф. Вальков. — Ростов н/Д : Ростиздат, 2006. — 385 с.
4. Dean BJ. Recent findings on the genetic toxicology of benzene, toluene, xylenes and phenols. *Mutat Res/Rev Genc Toxicol*, 1985. – С. 153-181.
5. Speight JG. *The Chemistry and Technology of Petroleum*. 4th ed. Boca Raton, USA: CRC Press, 2006. – С. 99-140, 177-201.
6. Blumer M, Sass J. Oil pollution: Persistence and degradation of spilled fuel oil. *Science*, 1972. – С. 1120-1122.
7. Samanta SK, Singh OV, Jain RK. Polycyclic aromatic hydrocarbons: Environmental pollution and bioremediation. *Trends Biotechnol*, 2002. – С. 243-248.
8. An YJ. Toxicity of benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene (BTEX) mixtures to *Sorghum bicolor* and *Cucumis sativus*. *Bull Environ Contam& Toxicol*, 2004. –С. 1006-1011.
9. Андерсон Р.К. и др. Экологические последствия загрязнения почв нефтью // *Экология*. - 1980. №6. - С. 21-25.
10. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем //Под ред. Р.Шуберт. - М.: Мир. - 1988. - 137 с.
11. Гайнутдинов М.З., Храмов И.Т., Гилязов М.Ю. Загрязнение почв нефтепромышленными сточными водами. // *Химия в сельском хозяйстве*. - № 3. - 1985. - С. 68-71.

REFERENCES

1. Zvyagintsev, D. G. *Biologiya pochv* / D. G. Zvyagintsev, I. P. Babyeva, G. M. Zenova — М.: Izd-vo MGU, 2005. — 445 s.
2. Zvyagintsev, D. G. *Pochva i mikroorganizmy* / D. G. Zvyagintsev. — М. : Izd- vo MGU im. M. V. Lomonosova, 1987. — 256 s.
3. Kolesnikov, S. I. *Ekologicheskoye sostoyaniye i funktsii pochv v usloviyakh khimicheskogo zagryazneniya* / S. I. Kolesnikov, K. Sh. Kazeyev, V. F. Valkov. — Rostov n/D : Rostizdat, 2006. — 385 s.
4. Dean BJ. Recent findings on the genetic toxicology of benzene, toluene, xylenes and phenols. *Mutat Res/Rev Genc Toxicol*, 1985. – S. 153-181.
5. Speight JG. *The Chemistry and Technology of Petroleum*. 4th ed. Boca Raton, USA: CRC Press, 2006. – S. 99-140, 177-201.
6. Blumer M, Sass J. Oil pollution: Persistence and degradation of spilled fuel oil. *Science*, 1972. – S. 1120-1122.
7. Samanta SK, Singh OV, Jain RK. Polycyclic aromatic hydrocarbons: Environmental pollution and bioremediation. *Trends Biotechnol*, 2002. – S. 243-248.

8. An YJ. Toxicity of benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene (BTEX) mixtures to *Sorghum bicolor* and *Cucumis sativus*. Bull Environ Contam& Toxicol, 2004. –S. 1006-1011.
9. Anderson R.K. i dr. Ekologicheskiye posledstviya zagryazneniya pochv neftyu // Ekologiya. - 1980. №6. - S. 21-25.
10. Bioindikatsiya zagryazneny nazemnykh ekosistem //Pod red. R.Shubert. - M.: Mir. - 1988. - 137 s.
11. Gaynutdinov M.Z., Khramov I.T., Gilyazov M.Yu. Zagryazneniye pochv neftepromyslovymi stochnymi vodami. //Khimiya v selskom khozyaystve. - № 3. - 1985. - S. 68-71.

РЕЗЮМЕ

Ж.Н. Каримова¹ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА СИСТЕМУ
ПОЧВА-РАСТЕНИЕ

¹КазНУ имени Аль-Фараби, факультет Географии и природопользования,
050038, Алматы, пр. аль-Фараби 71, Казахстан,
e-mail: karimova.zhuldyzay@gmail.com

Обзорная статья посвящена изучению влияния нефтяного загрязнения на систему почва-растение. Дана оценка техногенного загрязнения месторождения Жанажол нефтепродуктами. Нефтепродукты оказывают негативное влияние как на растительную систему, так и на структуру почвы. Воздействие разлитой нефти на растения происходит различными способами - физическое, химическое и физиологическое, что приводит к повреждению липидных мембран, нарушению проводимости клеточных мембран. Загрязнение нефтью оказывает ингибирующее действие на развитие почвенных микроорганизмов и почвенных ферментов. Установлено, что влияние загрязнения на биологическую активность (микроорганизмы, ферменты) связано с конкретной нефтяной фракцией. Приведены литературные данные о воздействии нефтяного загрязнения почвы на растения. Рассмотрены основные механизмы влияния нефтяного загрязнения на систему почва-растение. Описаны: мероприятия по проведению экологического мониторинга за состоянием почвенного покрова и восстановления почв, подвергшихся нефтяному загрязнению; даны спектральные характеристики растений и почв, загрязненных нефтью, а также данные дистанционного зондирования с целью выявления отражательных свойств нефтяного загрязнения. Выявлено, что основными факторами отрицательного воздействия нефтяного загрязнения на систему почва-растение как отмечено в литературе, являются токсическое действие углеводородов нефти и изменение физико-химических свойств почвы.

Ключевые слова: экология, загрязнение, нефть, почвенные ферменты, почвенные микроорганизмы, фитотоксичность.

SUMMARY

ZH.N. Karimova¹

ECOLOGICAL EFFECTS OF OIL ON SOIL-PLANT SYSTEM CONCLUSION

¹Al-Farabi Kazakh National University, Department of Geography and Nature
Management, 050038, Almaty, al-Farabi ave., 71, Kazakhstan,
e-mail: karimova.zhuldyzay@gmail.com

The article is devoted to the study of the impact of oil pollution on the soil-plant system. Estimation of technogenic pollution of Zhanazhol field by oil products is given. Oil products have a negative impact on both the plant system and the soil structure. The impact of spilled oil on plants occurs in different ways - physical, chemical and physiological, which leads to damage

to lipid membranes, disruption of cell membrane conductivity. Oil pollution has an inhibitory effect on the development of soil microorganisms and soil enzymes. It is established, that influence of pollution on biological activity (microorganisms, enzymes) is connected with concrete oil fraction. Literature data on the impact of oil contamination of soil on plants are given. Considered the main mechanisms of the impact of oil pollution on the soil-plant system. Described: measures for environmental monitoring of soil cover and restoration of soils affected by oil pollution, given the spectral characteristics of plants and soils contaminated with oil, as well as remote sensing data with a view to identifying the reflective properties of oil pollution. It has been revealed that the main factors of the negative impact of oil pollution on the soil-plant system, as noted in the literature, are the toxic effects of oil hydrocarbons and changes in the physical and chemical properties of the soil.

Key words: ecology, pollution, oil, soil enzymes, soil microorganisms, phytotoxicity.

АВТОР ТУРАЛЫ

Каримова Жұлдызай Нұрланқызы - магистрант, география және табиғатты пайдалану факультеті; *e-mail: karimova.zhuldyzay@gmail.com*

ЮБИЛЕЙ

КОЗЫБАЕВА ФАРИДА ЕСЕНКОЖАНОВНА



Доктору биологических наук, профессору Козыбаевой Фарида Есенкожановне 8 июля 2022 года исполнилось 80 лет.

Козыбаева Фарида Есенкожановна родилась в с. Чилик Алматинской области.

В 1961 году поступила в Казахский Государственный университет на биолого-почвенный факультет, с 3 курса обучалась в Казахском ОТКЗ сельскохозяйственном институте по специальности «почвовед-агрохимик», который успешно окончила в 1966 году.

После окончания института Фарида Есенкожановна работала инженером-почвоведом в Казахском Государственном научно-производственном центре земельных ресурсов и землеустройства. В 1967 года поступила на работу ассистентом в Казахский ОТКХ сельскохозяйственный институт на кафедру почвоведения. С 1971 по 1974 год обучалась в очной аспирантуре Института почвоведения АН Казахской ССР и сразу же после ее окончания защитила кандидатскую диссертацию на тему «Запасы и групповой состав фосфатов в почвах предгорий и подгорных равнин Заилийского Алатау». После окончания аспирантуры и по настоящее время Козыбаева Ф.Е. работает в Казахском научно-исследовательском институте почвоведения и агрохимии имени У.У. Успанова, пройдя путь ученого от младшего до главного научного сотрудника института, занимая в разные годы должности заведующего отделом, ученого секретаря, заместителя директора по научной работе, активно участвуя в формировании и обосновании приоритетов развития почвоведения, определяя цели и задачи научных исследований, необходимость их проведения, пути и методы их решения. Самоотверженное служение науке, высокая мера ответственности, мудрость и широта мышления, снискали заслуженное уважение коллег и друзей.

Фарида Есенкожановна – первая казашка доктор биологических наук в почвоведении, в 1994 году она защитила диссертацию на тему «Почвообразование в техногенных ландшафтах юга и востока Казахстана», в 2002 году получила звание профессора.

Более 50 лет своей профессиональной деятельности Козыбаева Ф.Е. посвятила изысканиям в области рекультивации земель, изучению начальных процессов почвообразования в техногенно нарушенных ландшафтах, экологическим проблемам почвенного покрова (деградация, загрязнение и эрозионные процессы). На основании исследований техногенно нарушенных ландшафтов данных регионов были разработаны рекомендации по ускоренному восстановлению плодородия почв. Фарида Есенкожановна была руководителем международного проекта на тему «Биологическая рекультивация техногенно нарушенных земель и пути ускорения естественной регенерации биоконплексов» в коллаборации с USDA/ARS USA.

Результаты многолетних исследований по биологической рекультивации техногенно нарушенных земель и ускорению естественной регенерации биоконплексов, представленные на Всемирном Конгрессе Почвоведов в Филадельфии (США, 2006) и Международном Конгрессе по деградации и охране

почв в Палермо (Италия, 2007), Международных Конгрессах в Будапеште (Венгрия, 2008), Измире и Сиде (Турция, 2012, 2014), Международного Конгресса в Даляньме (Китай, 2012), стали достоянием мирового научного пространства почвоведов.

Фарида Есенкожановна принимает активное участие на форумах, симпозиумах и конференциях различного уровня по вопросам рационального использования почвенных и земельных ресурсов, воспроизводству плодородия почв. Результаты ее исследований нашли отражение в более чем 300 научных трудах. Она является автором пяти монографий, учебных пособий для школьников и студентов: «Экология», «Экология и охрана природы», «Экология человека», «Қоршаған ортаны санитарлық-гигиеналық қадағалау», «Топырақтану», «Экология». Ею выпущены рекомендации по рекультивации горнорудных отвалов и нарушенных земель при добыче нерудных строительных материалов, которые являются руководством для горнодобывающей промышленности в части охраны окружающей среды, она является автором двух патентов.

Фарида Есенкожановна много сил вложила в развитие научной школы почвоведов Казахстана. В разные годы была членом и заместителем председателя Диссертационного Совета по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора (кандидата наук) по специальности 03.00.27 - почвоведение (по биологическим и сельскохозяйственным наукам. С 1998 по 2002 год была членом Отделения биологических и медицинских наук, научно-технического совета НАЦАИ, ученым секретарем научно-координационного центра по биологическим наукам при ВАК РК.

Под руководством Козыбаевой Ф.Е. подготовлены один доктор, 7 кандидатов наук, два доктора PhD и 7 магистров наук. Не остаётся без внимания Фариды Есенкожановны и более молодое поколение. Она активно принимает участие в школьных научных конференциях, ей импонирует интерес и серьезный подход школьников к научно-исследовательской работе.

За большой вклад в развитие почвоведения Казахстана, высокий профессионализм Козыбаева Ф.Е. отмечена многими государственными и общественными наградами.

И сегодня Фарида Есенкожановна находится на самом плодотворном жизненном этапе – когда богатый опыт гармонично сочетается с мудростью и знанием жизни, когда сделано уже очень многое, а будущее наполнено новыми планами.

Коллектив Казахского научно-исследовательского института почвоведения и агрохимии имени У.У. Успанова поздравляет Фариду Есенкожановну с юбилеем, желает крепкого здоровья, долгих плодотворных дней, пусть жизнь будет наполнена радостью и счастьем, оптимизмом и интересными событиями, новыми проектами.

Главный редактор

Б.У. Сулейменов

Редакционная коллегия:

*Ц. Абдувайли (КНР), М.А. Ибраева, С. Калдыбаев,
Р. Кизилкая (Турция), Ф.Е. Козыбаева, М.Г. Мустафаев (Азербайджан),
К.М. Пачикин (заместитель главного редактора), Э. Сальников (Сербия),
З.А. Туkenова (ответственный секретарь),
С.Н. Абугалиева (компьютерная верстка)*

Тираж 500 экз.

Индекс 74197

