

## БИОЛОГИЯ ПОЧВ

ГРНТИ 68.05.45: 68.33.29

DOI: [10.51886/1999-740X.2023.1.36](https://doi.org/10.51886/1999-740X.2023.1.36)Р.Х. Рамазанова<sup>1\*</sup>, А. Касипхан<sup>2</sup>, Ж.Т. Ботбаева<sup>3</sup>**БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ТЕМНО-КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ  
ПРИ ПРИМЕНЕНИИ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД ЯРОВУЮ ТРИТИКАЛЕ**

<sup>1</sup>Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии  
имени У.У. Успанова, 050060, Алматы, пр. аль-Фараби, 75 В, Казахстан,

\*e-mail: raushasoil88@mail.ru

<sup>2</sup>Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, 010000,  
Астана, проспект Жеңіс, 62, Казахстан, e-mail: akgul-03@mail.ru

<sup>3</sup>Казахский университет технологии и бизнеса, 010000, Астана,  
ул. К. Мухамедханова, 37А, Казахстан, e-mail: zhanar.b.t@mail.ru

*Аннотация.* В статье приведены данные по изучению микробиологической активности темно-каштановой почвы Акмолинской области Республики Казахстан в посевах яровой тритикале в зависимости от доз и сроков внесения азотных удобрений. Показано, что вносимые минеральные удобрения не оказывают негативного влияния на жизнеспособность микроорганизмов. Азот, вносимый дробно и однократно на фоне P<sub>60</sub> способствует усилению биологической активности почвы: активность ферментов каталазы и уреазы соответствует высокой степени, дегидрогеназы средней степени активности. Также увеличивается численность микроорганизмов при внесении азотно-фосфорных удобрений. Проведено изучение микробиома темно-каштановой почвы при применении азотных удобрений под яровую тритикале. Наиболее распространенными типами микроорганизмов в темно-каштановой почве являются Proteobacteria, Actinobacteria и Firmicutes.

*Ключевые слова:* почва, азотные удобрения, яровая тритикале, ферменты, микробиологическая активность, метагеном.

## ВВЕДЕНИЕ

Разнообразие микробиологических процессов в почве, оказывающих непосредственное влияние на рост сельскохозяйственных растений, дает достаточный материал для суждения о том, какое значение имеют почвенные микроорганизмы для сельскохозяйственного производства, какую роль играют эти невидимые живые агенты в повышении плодородия почвы [1, 2].

Главнейшие биохимические процессы в почве, в которых ведущую роль играют почвенные микробы, а также продукты их жизнедеятельности могут быть представлены как основные показатели биологической активности почв [3]. Внесение в почву удобрений не только улучшает питание растений, но и влияет на условия существования

почвенных микроорганизмов, которые также нуждаются в минеральных элементах.

Почвенные микроорганизмы обладают мощным ферментативным аппаратом, выполняют многообразные функции в кругообороте всех биогенных элементов, участвуют в почвообразовании и поддержании почвенного плодородия – основного свойства почвы. Результаты исследований, проводившихся в различных почвенно-климатических зонах, указывают на тесную взаимосвязь между интенсивностью биологических процессов, составом и численностью микробиоты в зависимости от различных агроприемов [4 -6]. Любое воздействие на почву значительно влияет на характер биологических процессов, протекающих в ней,

вплоть до их существенных изменений. Одним из приемов, наиболее интенсивно воздействующим на почву, является внесение удобрений, которые не только улучшают питание растений, но и могут активно корректировать условия существования почвенной микробиоты, потребляющей элементы для своей жизнедеятельности из внесенных туков [7-12]. При ведении сельского хозяйства в современных условиях используется значительное количество средств химизации, в частности удобрений. В связи с этим возникают вполне обоснованные опасения, что это может привести к угнетению деятельности почвенной микробиоты. Для Северного Казахстана вопросы удобрения основной зерновой культуры - яровой пшеницы, изучены достаточно хорошо [13-17]. Достаточно работ, рассматривающих микробиологические аспекты при возделывании зерновых. С учетом того, что в регионе в последние годы вводится новая культура - яровая тритикале, практически нет работ, посвященных изучению особенности питания культуры и, тем более, исследованиям биологической активности почв под посевами яровой тритикале при применении удобрений.

Цель исследований заключалась в изучении биологической активности темно-каштановых почв в зависимости от доз и сроков применения азотных удобрений под яровую тритикале в засушливых условиях Акмолинской области.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в 2015-2017 гг. в условиях Акмолинской области на темно-каштановой карбонатной почве с содержанием гумуса 2,9 %. Содержание подвижных форм питательных веществ очень низкое - нитратный азот 2,01 мг/кг и с глубиной остаются следы, подвижный фосфор - 3,85 мг/кг. Изучаемые темно-каштановые почвы карбонатные с поверх-

ности, значение которой увеличивается с глубиной до 17,2 % в материнской породе. Климат территории резко континентальный, среднегодовая температура воздуха положительная и составляет +1,7 °С. Характерным климатическим фактором являются осадки, от количества и времени выпадения которых зависит урожайность возделываемых культур. Среднегодовая сумма осадков 301,2 мм с неравномерным распределением по вегетации, летний период характеризуется сухостью. Схема опыта включала варианты:

1. Контроль - без удобрений
2. Фон - P<sub>60</sub>
3. Фон + N<sub>30</sub> перед посевом
4. Фон + N<sub>45</sub> перед посевом
5. Фон + N<sub>60</sub> перед посевом
6. Фон + N<sub>30</sub> кушение
7. Фон + N<sub>45</sub> кушение
8. Фон + N<sub>30</sub> перед посевом + N<sub>30</sub> кушение
9. Фон + N<sub>45</sub> перед посевом + N<sub>30</sub> кушение

Площадь делянки 4 м<sup>2</sup>, повторение - 3-х кратное, расположение вариантов в опыте систематическое.

Организация полевых опытов, наблюдений и лабораторных анализов проведены по общепринятым методам. Микробиологические исследования проводились на кафедре почвоведения и агрохимии НАО «Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина» по соответствующим методикам [18-20].

Общее количество бактерий учитывалось на среде с мясопептонным агаром (МПА), спорозоны бактерии - методом серийного культивирования в среде МПА, азотобактер - в среде Эшби, актиномицеты в крахмально-аммиачном агаре.

Активность каталазы - газометрическим методом, основанным на измерении скорости разложения перекиси водорода при ее взаимодействии с поч-

вой, активность уреазы учитывали путем определения аммиака, образовавшегося при разложении мочевины, определение активности дегидрогеназы с использованием 2,3,5-три-фенилтетразолия хлористого (ТТХ), которые восстанавливаются в красные соединения формазана (трифенилформазан (ТФФ)).

Интенсивность разложения клетчатки в посевах яровой тритикале определяли по степени разложения льняного полотна (метод аппликаций Мишустина Е.Н.).

При метагеномном анализе геном ДНК был выделен непосредственно из образцов почвы без поэтапного культивирования. Использовался набор GenE-lute™ Soil DNA Isolation Kit (SigmaAldrich USA). Из полученных образцов ДНК были подготовлены генетические наборы для секвенирования на приборе MISEQ компании Illumina. В результате были получены данные в формате FASAQ и дополнительно обработаны программой MiSeqReporter.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В основе почвообразовательных процессов лежит биологическая трансформация веществ и энергии. Ферментативная активность почв определяет степень выраженности и направленность почвообразовательных процессов, их эволюцию, биологический цикл углерода, азота, фосфора, серы и других органических элементов, а также эволюцию почв и их плодородие под влиянием природных и антропогенных факторов, характеризующих степень деградации агроэкосистем [21].

По мнению М.Л. Dotaniya и др. применение неорганических источников минерального питания влияет на разнообразие и величину почвенных ферментов. Минеральные удобрения действуют как непосредственный источник пищи для микробов, увеличивая их количество, что дополнительно производит ферменты для поддержания их роста, тем самым вы-

зывая повышение общей активности ферментного пула почвы [22]. Сами по себе азотные удобрения ускоряют активность некоторых циклических ферментов С, N и P, то есть целлюлазы, уреазы [23, 24] и других. Но многократное увеличение доз азотных удобрений активизирует обратные процессы, а именно способствует снижению активности уреазы, целлюлазы, пероксидазы, протеазы и др. [25-28]. Иными словами удобрения, вносимые в рекомендуемых дозах, положительно влияют на микробную активность и повышают биохимическую активность ферментов, тогда как использование избыточного удобрения ухудшает микробное разнообразие и ингибирует ферментный пул, вызывая негативный эффект в долгосрочной перспективе.

При определении активности ферментов в темно-каштановой почве перед посевом наиболее высокие значения были в верхнем слое почвы 0-10 см, с глубиной активность ферментов снижается. При этом наиболее высокие значения по активности каталазы (высокая степень) и наименее активны ферменты дегидрогеназы.

В фазе кущения каталазная активность при внесении на фоне без фосфорных удобрений ниже – 13-17  $O_2$  см<sup>3</sup>/н за 1 мин против 17-21  $O_2$  см<sup>3</sup>/н за 1 мин соответственно (таблица 1). Это можно объяснить созданием оптимальных условий для ферментативной активности путем улучшения соотношения между фосфором и азотом за счет внесения азотных удобрений.

Самая высокая каталазная активность после уборки урожая на варианте с внесением азотных удобрений  $N_{60}$  перед посевом и  $N_{30}$  в кущение на фоне  $P_{60}$ , что составило 20-21 единицу. Вытеснение газа на этих вариантах увеличивается в 1,6 раза по сравнению с контролем. Снижение активности каталазы с глубиной уменьшается, также, как и при определении показателя перед посевом,

но разница между значениями сужается до 1,1-1,3 раза.

Активность уреазы резко повышается при внесении удобрений в сравнении с контролем, поскольку уреазный фермент осуществляет гидролиз соединений азота. Уреазная активность находится в пределах от 16,2 до 72,6 мг  $\text{NH}_3$  на 10 г за 24 ч во время кущения. Высокая уреазная активность показана на варианте, где были внесены 30 кг азотного удобрения во время кущения - 72,6 мг  $\text{NH}_3$  на 10 г за 24 ч.

Активность уреазы на глубине 0-10 и 10-20 см остается высокой и несколько снижается на глубине 20-30 см. Это можно объяснить не только действием удобрений, но и действием выделений корневой системы растений тритикале, которая также может увеличиваться в зависимости от вносимых удобрений.

После уборки урожая уреазная активность почвы резко снижается в 2,2 раза или на 55 % по сравнению с начальным периодом роста и развития. Но снижение уреазной активности на всех вариантах не были ниже показателя в предпосевной период определения. Таким образом, за счет минеральных удобрений поддерживается ферментативная активность почв на высоком уровне.

Для оценки общего уровня биогенности почвы используется ее дегидрогеназная активность. На контрольном варианте в период кущения активность дегидрогеназы находилась в пределах значений от 1,0 до 4,8 мг ТФФ/10 г за 24 ч. На отдельных вариантах снижение составило 45 %. К уборке яровой тритикале активность дегидрогеназы заметно снижается.

В фазе кущения наибольшая активность отмечена под растениями тритикале на варианте с внесением азотных удобрений в небольших дозах (30 кг д.в.) перед посевом во время

кущения на фоне  $P_{60}$  - 4,8 мг ТФФ на 10 г за 24 ч. После уборки урожая дегидрогеназная активность на этом же варианте снизилась в 3,7 раза до 1,1 мг ТФФ на 10 г за 24 ч.

Полученные данные могут свидетельствовать о том, что ферментативная активность тесно связана с основными показателями почвенного плодородия.

Активность почвенных микроорганизмов находится в прямой зависимости от целого ряда условий, оказывающих непосредственное влияние на их жизнедеятельность. Среди этих условий наиболее важное значение имеет обеспеченность почвы органическим веществом и подходящая реакция почвенного раствора [29].

Продукты жизнедеятельности аммонифицирующих бактерий являются источником существования для других микробов, например, нитрификаторов. Нитрифицирующие бактерии требовательны к условиям внешней среды и достаточно активны только в почвах с усиленной минерализацией органического вещества.

Степень фиксации атмосферного азота бактериями род *Azotobacter* зависит от количества и характера источника углерода, физико-химических свойств почвы, активности распространенных штаммов и других факторов. Подсчитано, что в результате жизнедеятельности азотобактера в почву в среднем за год поступает 30-50 кг/га усвояемого азота. В процессе жизнедеятельности, кроме фиксации азота, азотобактер способен выделять стимуляторы роста и антибиотики, улучшающие развитие растений и повышающие плодородие почвы [30]. Бактерии, расположенные непосредственно в зоне корневой системы, создают благоприятные условия для развития азотобактера [31].

Таблица 1 - Динамика показателей ферментативной активности почвы под посевами яровой тритикале в зависимости от удобрений

Вариант	Период вегетации*	каталазная активность, O <sub>2</sub> см <sup>3</sup> /н за 1 мин			уреазная активность, г NH <sub>3</sub> на 10 г за 24 ч			дегидрогеназная активность, мг ТФФ на 10 г за 24 ч		
		0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30
фон 1 - P <sub>0</sub>	I	13±0,01	12± 0,02	10± 0,05	17,8±0,06	18,6±0,03	16,2±0,14	1,7±0,36	2±0,07	2±0,76
	II	15±0,30	14±0,05	13±0,10	17,8±0,06	14,6±0,36	20,2±0,07	0,9±0,14	0,5±0,09	0,3±0,39
Фон 1 + N <sub>60</sub> перед посевом	I	17±0,08	16±0,70	15±0,03	56±0,06	56±0,17	54±0,06	2,2±0,09	2,5±0,07	1,4±0,19
	II	15±0,06	14±0,21	12±0,04	33±0,06	47,6±0,06	27±0,09	2,6±0,08	2±0,06	1,5±0,37
Фон 1 + N <sub>30</sub> кушение	I	15±0,17	16±0,14	15±0,02	57±0,07	52,8±0,08	43,4±0,17	2±0,80	3±0,05	1,6±0,38
	II	14±0,14	13±0,13	13±0,05	25,2±0,07	27,6±0,03	35,2±0,29	1,6±0,17	3,2±0,03	2,7±0,29
Фон 1 + N <sub>30</sub> перед посевом + N <sub>30</sub> кушение	I	13±0,05	14±0,24	10±0,89	38,2±0,06	24±0,09	22,8±0,35	2±0,27	1,1±0,07	2,7±0,17
	II	15±0,06	16±0,22	13±0,90	27,2±0,06	41,2±0,04	46±0,38	1,4±0,38	1,5±0,12	1,9±0,12
фон 2 - P <sub>60</sub> -перед посевом	I	17±0,06	18±0,01	17±0,78	58,8±0,07	66,8±0,14	63,4±0,98	3,6±0,06	2,4±0,06	1,4±0,07
	II	15±0,04	15±0,04	14±0,56	44±0,30	34,8±0,13	30,8±0,01	2,2±0,07	3,5±0,18	2,6±0,03
фон 2 + N <sub>60</sub> перед посевом	I	20±0,06	19±0,07	18±0,30	49,4±0,46	62,8±0,07	21,6±0,37	1,7±0,08	1,9±0,19	2±0,09
	II	16±0,01	15±0,02	14±0,03	32,8±0,21	46,2±0,07	51,2±0,39	1,4±0,09	1,1±0,01	1,6±0,57
фон 2 + N <sub>30</sub> кушение	I	21±0,05	20±0,03	19±0,02	72,4±0,36	72,6±0,30	36±0,57	1,0±0,03	1,5±0,37	1,1±0,13
	II	17±0,01	16±0,07	15±0,07	34±0,31	48±0,70	28,6±0,01	1,9±0,01	2,2±0,78	2,7±0,18
фон 2 + N <sub>30</sub> перед посевом + N <sub>30</sub> кушение	I	17±0,01	16±0,01	14±0,03	72,4±0,12	42,2±0,56	42,6±0,36	4,8±0,78	3±0,68	1,1±0,12
	II	17±0,12	16±0,03	15±0,31	16,9±0,11	21,6±0,41	12,6±0,10	1,1±0,17	1,5±0,30	1,5±0,08

Примечание: I - кушение; II - после уборки

Таблица 2 – Динамика показателей микробиологической активности почвы под посевами яровой тритикале в зависимости от удобрений, слой 0-30 см

Варианты	Период вегетации*	Численность микроорганизмов, $n \cdot 10^m$ КОЕ/1 г почвы					
		ОМЧ	актиномицеты	мицелиальные грибы	азот-фиксаторы	почвенные дрожжи	
P <sub>0</sub> -фон 1	I	13,5±1,1x10 <sup>4</sup>	1,6±0,15x10 <sup>5</sup>	1,0±0,02x10 <sup>5</sup>	80%	0,12±0,14x10 <sup>4</sup>	
	II	10,5±1,1x10 <sup>4</sup>	1,3±0,8x10 <sup>5</sup>	0,9±0,001x10 <sup>5</sup>	80%	0,09±0,14x10 <sup>4</sup>	
Фон 1 + N <sub>60</sub> -перед посевом	I	26,0±1,61x10 <sup>5</sup>	2,0±1,49x10 <sup>5</sup>	8,6±0,9x10 <sup>5</sup>	90%	0,6±0,24x10 <sup>4</sup>	
	II	10,0±1,48x10 <sup>5</sup>	2,0±1,49x10 <sup>5</sup>	0,9±0,09x10 <sup>5</sup>	90%	0,08±0,24x10 <sup>4</sup>	
Фон 1 + N <sub>30</sub> кушения	I	17,6±1,3x10 <sup>5</sup>	2,3±0,15x10 <sup>5</sup>	4,7±0,7x10 <sup>5</sup>	90%	0,8±0,25x10 <sup>4</sup>	
	II	9,0±0,94x10 <sup>5</sup>	1,9±0,15x10 <sup>5</sup>	0,7±0,26x10 <sup>5</sup>	90%	0,76±0,25x10 <sup>4</sup>	
Фон 1 + N <sub>30</sub> перед посевом+ N <sub>30</sub> кушение	I	25,0±0,52x10 <sup>5</sup>	1,7±0,41x10 <sup>5</sup>	0,9±0,1x10 <sup>5</sup>	93%	0,65±0,23x10 <sup>4</sup>	
	II	12,0±1,95x10 <sup>5</sup>	1,7±0,41x10 <sup>5</sup>	0,2±0,14x10 <sup>5</sup>	94%	0,55±0,23x10 <sup>4</sup>	
P <sub>60</sub> -перед посевом фон 2	I	18,05±0,29x10 <sup>6</sup>	1,8±0,44x10 <sup>5</sup>	2,8±0,17x10 <sup>5</sup>	83%	0,670±0,25x10 <sup>4</sup>	
	II	10,0±1,0x10 <sup>5</sup>	1,95±0,1x10 <sup>5</sup>	0,4±0,2x10 <sup>5</sup>	78%	0,70±0,25x10 <sup>4</sup>	
фон 2+ N <sub>60</sub> перед посевом	I	18,30±0,29x10 <sup>5</sup>	1,8±0,28x10 <sup>5</sup>	1,7±1,39x10 <sup>5</sup>	80%	0,42±0,21x10 <sup>4</sup>	
	II	20,8±1,4x10 <sup>5</sup>	1,45±0,28x10 <sup>5</sup>	1,4±0,2x10 <sup>5</sup>	80%	0,33±0,21x10 <sup>4</sup>	
фон 2 + N <sub>30</sub> кушение	I	21,0±0,48x10 <sup>5</sup>	2,0±0,44x10 <sup>5</sup>	2,0±1,49x10 <sup>5</sup>	85%	0,99±0,28x10 <sup>4</sup>	
	II	2,0±0,15x10 <sup>5</sup>	2,0±0,44x10 <sup>5</sup>	1,8±1,3x10 <sup>5</sup>	85%	0,83±0,28x10 <sup>4</sup>	
фон 2 + N <sub>30</sub> перед посевом+ N <sub>30</sub> кушение	I	10,5±0,34x10 <sup>5</sup>	2,1±0,1x10 <sup>5</sup>	2,3±0,15x10 <sup>5</sup>	86%	0,72±0,26x10 <sup>4</sup>	
	II	1,5±1,5x10 <sup>5</sup>	1,6±0,1x10 <sup>5</sup>	1,3±0,01x10 <sup>5</sup>	86%	0,69±0,26x10 <sup>4</sup>	

Примечание: I - кушение; II - после уборки

Как видно из данных таблицы 2, применение азотных и фосфорных удобрений способствовало развитию различных микроорганизмов. Самый высокий показатель по азотфиксирующим микроорганизмам отмечается на варианте с дробным внесением N<sub>60</sub> на фоне 1 (без фосфорных удобрений) – 93% в фазе кущения и 94 % после уборки урожая. На фоне внесения фосфорных удобрений (P<sub>60</sub>) азотные удобрения снижают активность азотобактера. Если сравнивать эти варианты с контролем, то было установлено, что во время кущения зерновых культур количество азотфиксирующих микроорганизмов снижается. Количественное соотношение отдельных представителей и групп микрофлоры в прикорневой зоне заметно меняется с возрастом растений: увеличивается число спорозоных бактерий, актиномицетов, грибов, появляются новые микроорганизмы.

По результатам определения микробиологической активности почвы нами сделан вывод, что на варианте с применением азотного удобрения количество бактерий увеличивается по сравнению с контролем - от  $13,5 \pm 1,1 \times 10^4$  КОЕ до  $26,0 \pm 1,61 \times 10^5$ , но после уборки урожая заметно их резкое уменьшение. Полученные данные показали, что внесение минеральных удобрений под трикале, стимулировало развитие общего количества микроорганизмов в почве прикорневой зоны на вариантах, где было внесено 60 кг азота как перед посевом, так и дробно на фоне без внесения фосфора.

В содержании актиномицетов в зависимости от срока определения значительной разницы не отмечалось, их количество колебалось от  $1,6 \pm 0,15 \times 10^5$  на контроле до  $2,3 \pm 0,15 \times 10^5$  на удобренных вариантах. Количество мицелиальных грибов в фазе кущения на контроле составило  $1,0 \pm 0,02 \times 10^5$  и резко увеличилось при внесении 60 кг азота перед посевом - до  $8,6 \pm 0,9 \times 10^5$  КОЕ в 1 г почве.

Также определена активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов в зависимости от применения азотных удобрений. Как видно из данных рисунка 1, в почве происходило постепенное увеличение доли разрушенных льняных полотен на вариантах с внесением азотных удобрений от 48,3 % при внесении 30 кг до посева и до 95,6 % при внесении N<sub>75</sub> дробно на фоне P<sub>60</sub> до 95,6 %, что выше контроля в 4 раза. Это свидетельствует о благоприятном состоянии почвенной микробиоты.

В последние годы новым этапом в развитии почвенной биологии стали молекулярно-генетические методы метабаркодинга и метагеномики, базирующиеся на выделении тотальной ДНК из почвы и последующем ее анализе. Эти методы предоставили прямой доступ к генетическому разнообразию «некультивируемого большинства» микроорганизмов в почве. Получающийся на выходе почвенный метагеном представляет собой иерархическую структуру, в которой идентифицируемые гены обитающих в почве организмов собираются в функциональные субсистемы, объединяемые в том числе по принципу единства выполняемой функции [32].

Метагеномные исследования почв всё еще мало распространены. Это связано, прежде всего, с недостаточной глубиной секвенирования, а также с очень высокой стоимостью такого анализа. Метагеномные исследования применяются для решения практических задач сельского хозяйства. Так как структура почвенного микробиома отражает специфику почвы и растительного сообщества, становится возможным определение агроэкологического статуса почв. Выявление и анализ структуры почвенных сообществ прокариот могут быть использованы в качестве показателя почвенного плодородия, здоровья почв и устойчивости различных ценозов. Изучение воздействия агротехнологий

на почвенный микробиом – важное направление исследований, необходимое для понимания как общей зависимости микробиома от эдафических факторов, так и для решения практических задач, связанных с контролем биохимических процессов в сельскохозяйственных почвах [33, 34].

Сложным этапом в анализе является обнаружение микробов-космополитов или же специфических компонентов микробиомов, выявление постоянных и устойчивых микробных ассоциаций, установление экологических факторов, благодаря которым формируются соответствующие микробиомы [35].

При проведении исследований по изучению биологической активности темно-каштановой почвы нами была поставлена задача изучить в первом приближении микробиом почвы при применении азотных удобрений под яровую тритикале. Для первичного исследования мы отобрали почвы с 4 вариантами – контроль (вар. 1), оптимальный фон по фосфору (вар. 2) и повышенные дозы азотных удобрений в кушение (вар. 7) и дробно (вар. 9).

При проведении исследований по изучению биологической активности темно-каштановой почвы нами была поставлена задача изучить в первом приближении микробиом почвы при применении азотных удобрений под яровую тритикале. Для первичного исследования мы отобрали почвы с 4 вариантами – контроль (вар. 1), оптимальный фон по фосфору (вар. 2) и повышенные дозы азотных удобрений в кушение (вар. 7) и дробно (вар. 9).

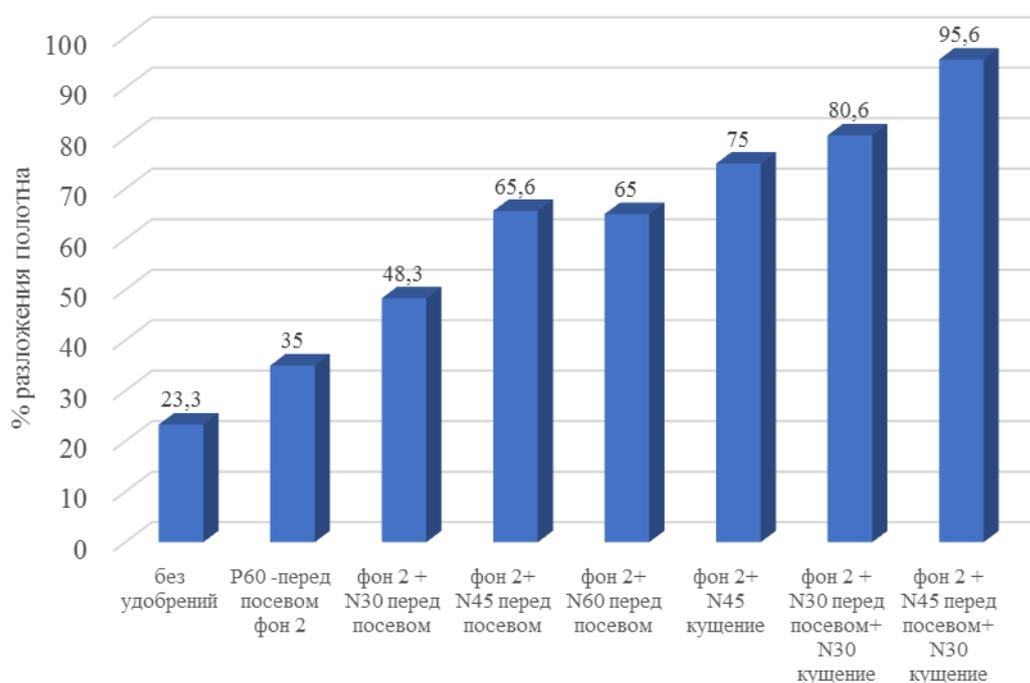


Рисунок 1 - Интенсивность разложения целлюлозы в зависимости от удобрений, % разложения полотно (ср. за 2015-2017 гг.)

На контрольных вариантах (естественный фон) наибольшее значение на высшей ступени иерархии микроорганизмов в темно-каштановых почвах имеет царство *Bacteria* – 95,68 %, количество которых незначительно увеличивается с применением удобрений на 0,84-3,24 % (таблица 3).

Наиболее распространенными представителями отдела микроорганизмов являлись *Proteobacteria* – 30,3 %, *Actinobacteria* – 29,12 % и *Firmicutes* – 11,9 %. Эти типы являются почвообразующими и участвуют почвообразовательных процессах [36]. Не классифицированы 20,8 % *Actinobacteria* - тип микроорганизмов,

участвующих в разложении органических веществ и в цикле углерода, доля которого на контроле составила 29,12 %. При применении перед посевом P<sub>60</sub> количество микробов *Proteobacteria* уменьшалось до 21,3 %. Тогда как *Actinobacteria* и *Firmicutes* увеличивалось на 11,31 и 4,77 % соответственно.

Среди классов большая часть приходилась на долю неидентифицированных представителей – 34,58 %, которая снижалась при внесении минерального фосфора. Далее отмечалось преобладание *Actinobacteria* (26,25 %) над *Clostridia* и *Bacillia*. Эти группы микроорганизмов начинают размножаться при внесении перед посевом минерального фосфора P<sub>60</sub>.

*Actinomycetales* один из наиболее распространенных порядков, представ-

ленный в темно-каштановой почве, доля *Actinomycetales* составляла 24,97 %, на который оказывает положительное влияние внесение P<sub>60</sub> перед посевом – их доля увеличивалась до 35,33 %.

По результатам данных таблицы 3 можно сделать вывод, что фосфорные удобрения, вносимые перед посевом, положительно повлияли на существование таксонов микроорганизмов в почве.

Внесение азотных удобрений в виде подкормки по вегетирующим растениям яровой тритикале способствовало снижению интенсивности размножения микроорганизмов за счет некоторой абсорбции фосфора почвой, а также использования питательных веществ корневой системой яровой тритикале для роста и развития, что снизило уровень питания для микроорганизмов.

Таблица 3 – Влияние азотных удобрений на микробный состав темно-каштановой почвы по данным первичного метагеномного анализа, % встречаемости от общего количества идентифицированных представителей микробного пула

Наименование микроорганизмов	Варианты			
	контроль - без удобрений	P <sub>60</sub>	P <sub>60</sub> + N <sub>45</sub> кушение	P <sub>60</sub> + N <sub>45</sub> перед посевом + N <sub>30</sub> кушение
Kingdom/Царство				
Bacteria	95,68	98,92	96,52	98,62
Archaea	0,01	0,01	0,02	0,00
Viruses	0,01	0,02	0,01	0,01
Unclassifie	4,31	1,05	3,45	1,37
Phylum/Отдел				
Actinobacteria	29,12	40,43	27,65	30,60
Proteobacteria	30,30	21,33	28,02	27,33
Firmicutes	11,90	16,67	13,88	17,28
Unclassifie	20,80	14,64	20,62	15,58
Class/Класс				
Actinobacteria	26,25	37,05	24,65	27,74
Clostridia	8,75	12,89	10,15	12,54
Bacillia	2,01	2,23	2,17	3,12
Unclassifie	34,58	24,26	33,06	24,55
Order/Порядок				
Actinomycetales	24,97	35,53	23,07	26,45
Clostridiales	4,26	6,05	5,31	5,91
Rhizobiales	2,66	1,62	2,27	2,38
Unclassifie	40,85	32,20	40,34	33,48

Представитель отдела - *Proteobacteria* - связан с фиксацией азота в почве, участвует в круговороте азота [37]. Количество микроорганизмов *Proteobacteria* в почве по вариантам с удобрениями - соответственно 21,33 %, 28,02 %, 27,33 % уменьшается в сравнении с контролем - 30,30 %. Среди фил, играющих важную роль в поддержании стабильности ризосферных микробных сообществ, находится и *Firmicutes* [38]. Содержание *Firmicutes* в контроле 11,9 %, на удобренных вариантах 16,67 %, 13,88 % и 17,28 % соответственно. А к примеру, по данным Мелбничук Т.Н. и др. в черноземе выщелоченном Краснодарского края доля *Firmicutes* составляет 2,07–3,85 %, в черноземе южном степном 1,29–1,50 % [39].

Количество микробов, относящихся к порядку *Rhizobiales*, в сравнении с контролем уменьшается при применении удобрений с 2,66 % до 1,62 %, 2,27 %, 2,38 %. Среди свободноживущих азотфиксирующих микроорганизмов, существенное место занимают анаэробные бактерии класса *Clostridium*, они вызывают в почве процессы превращения и распада растительных остатков, прежде всего, их углеродистых составных частей, образуя в результате своей жизнедеятельности гуминовые вещества, что имеет большое значение в образовании гумуса почвы [40]. Учет доли бактерий порядка *Clostridiales* показал, что их содержание на контроле составляло 4,26 %, а при применении удобрений, вероятно за счет активизации ферментов почвы, увеличивалось на 1,79 %, 1,05 % и 1,65 % соответственно. Более высокая активность размножения таксонов на фоне фосфорных удоб-

рений и при дробном внесении азотных может объясняться тем, что минеральные формы азота и фосфора обеспечивают повышение интенсивности энергетических процессов в жизнедеятельности микроорганизмов.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение азотных и фосфорных удобрений оказало положительное влияние на биологическую активность почвы под посевами тритикале. При применении различных доз удобрений менялось не только микробное число, но в большинстве случаев активизировалась и ферментативная активность почвы. Действие минеральных удобрений способствовало размножению азотфиксирующих, спорообразующих, целлюлозоразрушающих микроорганизмов и актиномицетов, которые используют минеральный азот под посевами тритикале. Это обуславливает более эффективное использование растениями питательных веществ из минеральных удобрений. Максимальные значения ферментативной активности зафиксированы на вариантах с применением азотного удобрения 45 кг перед посевом и во время кущения 30 кг на гектар.

Исследованиями показано, что дробное внесение азотных удобрений на фоне внесения фосфорных удобрений положительно влияет на интенсивность протекания биохимических процессов в почве и, как следствие, на уровень ее плодородия. Результаты исследований могут быть использованы для разработки приемов эффективного применения азотных удобрений в засушливых условиях Акмолинской области.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карягина Л.А. Оценка плодородия почвы по биологическим показателям// В кн.: Микробиологические основы повышения плодородия почв. – Минск: Наука и техника, 1983. – С. 101-103.
2. Берестецкий О. А. Биологические основы плодородия почвы – М.: Колос, 1984. – 287 с.

3. Круглов Ю.В. Микробное сообщество почвы: физиологическое разнообразие и методы исследования// Сельскохозяйственная биология. – 2016. – т.51. - №1. – С. 46-59.
4. Chaudhry V., Rehman A., Mishra A., Chauhan P.S., Nautiya Ch.Sh. Changes in bacterial community structure of agricultural land due to long-term organic and chemical amendments. *Microbial Ecology*, 2012, 64: 450-460.
5. Подсевалов М.И. Тойгильдин А.Л., Аюпов Д.Э. Влияние агроприемов на биологическую активность почвы и урожайность озимой пшеницы в севооборотах лесостепи Заволжья// Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017 – №1(37). – С. 44-50.
6. Попова В.И., Чудинов В.А., Болдышева Е.П., Бекмагамбетов А.И. Накопление растительных остатков и биологическая активность обыкновенных черноземов при ресурсосберегающей технологии// Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2020. - №2(38). – С. 89-98.
7. Веденяпина Н.С. Биологическая активность почвы и урожайность сельскохозяйственных растений в полевых севооборотах// Сб. науч. трудов. ВГСХА. – Волгоград, 1975. – Т. 6. – С. 66-68.
8. Ананьева Н. Д. Микробиологическая оценка почв в связи с самоочищением от пестицидов и устойчивостью к антропогенным воздействиям: автореф. докт. биол. наук: 03.00.01../ Институт физ.-хим. и биол. проблем почвоведения РАН – М.: 2001. – 36 с.
9. Балаян Т. В. Биологическая активность дерново-подзолистой почвы и урожай сельскохозяйственных культур// Почвоведение. – 1993. – № 12. – С.65-71.
10. Нарушева Е.А., Пронько В.В., Юрченко Е.С. Влияние минеральных удобрений и биопрепаратов на урожайность гречихи и биологическую активность чернозема выщелоченного в Среднем Поволжье// Агрохимия. – 2009. – № 12. – С. 35-44.
11. Смирнов Б.А. Влияние систем минимальной обработки, удобрений и защиты растений на биологические показатели плодородия дерново-подзолистой глееватой почвы// Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2013. - № 1. – С. 85–96.
12. Титовская А.И. Влияние обработки почвы, удобрений и сорта ярового ячменя на биологические показатели плодородия// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 8. – С. 149–151.
13. Черненко В.Г. Диагностика и оптимизация азотного питания зерновых культур в Северном Казахстане// Почвоведение и агрохимия. – Алматы, 2012. – № 3. – С. 56-61.
14. Черненко В.Г., Афанасьева М.В. Нитрификационная способность темно-каштановой почвы и обеспеченность яровой пшеницы азотом// Матер. межвуз. науч. конф. Микроорганизмы в сельском хозяйстве. – М.: МГУ, 1986. – 247 с.
15. Черненко В.Г. Динамика различных форм азота в темно-каштановых почвах Целиноградской области// Труды Целиноград. СХИ: Почвоведение, агрохимия и физиология растений. – Целиноград, 1968. – Т. 5, Вып. 4. – С. 78.
16. Черненко В.Г., Афанасьева М.В. Азотный режим темно-каштановых почв, в связи с применением удобрений// Матер. X науч. конф. по вопросам с/х производства. – Целиноград, 1969. – Ч. 1. – 148 с.
17. Черненко В.Г., Афанасьева М.В. Влияние азотных удобрений на химический состав и качество зерна яровой пшеницы в условиях Целиноградской области// Труды Целиноград. СХИ. Почвоведение, агрохимия и физиология растений. – Целиноград, 1972. – Т. 7, Вып. 2. – С. 162.

18. Методы почвенной микробиологии// Под ред. Сэги Й – М.: «Колос», 1983. – 79 с.
19. Руководство к практическим занятиям по микробиологии/ Под ред. Егорова Н.С. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1976. – 119 с.
20. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии – М.: Наука, 2005. – 252 с.
21. Галстян А. Ш. Ферментативная активность почв Армении. - Ереван: Айястял, 1974. - 275.
22. Dotaniya M.L., Aparna K., Dotaniya C.K., Mahendra Singh, Regar K.L. Role of Soil Enzymes in Sustainable Crop Production/ Enzymes in Food Biotechnology: by editor Mohammed Kuddus. – 2019. – Chapter 33. – P. 569-589.
23. R.L. Sinsabaugh, Ch. L. Lauber, M. N. Weintraub, B. Ahmed, S. D. Allison, Ch. Crenshaw, A.R. Contosta, D. Cusack, S.Frey, M. E. Gallo, T. B. Gartner, S.E. Hobbie, K. Holland, B. L. Keeler, J. S. Powers, M. Stursova, C. Takacs-Vesbach, M. P. Waldrop, M. D. Wallenstein, D. R. Zak, L. H. Zeglin Stoichiometry of soil enzyme activity at global scale// Ecology Letters. – 2008. - №11. – P. 1252–1264 .
24. Saiya-Cork, R.L. Sinsabaugh, D.R. Zak The effects of long term nitrogen deposition on extracellular enzyme activity in an Acer saccharum forest soil// Soil Biology & Biochemistry – 2002 – № 34. – P. 1309–1315.
25. J.Zimmerman Burket, R P. Dick Burket Microbial and soil parameters in relation to N mineralization in soils of diverse genesis under differing management systems// Biology and Fertility of Soils. – 1998. – V.27. – P. 430-438.
26. DeForest JL, Zak DR, Pregitzer KS, Burton AJ. Atmospheric nitrate deposition, microbial community composition, and enzyme activity in northern hardwood forests// Soil Sci. Soc. Am. J. – 2004. – №8. – P. 132–138.
27. Giacometti C., Cavani L., Baldoni G., Ciavatta C., Marzadori C. and Kandeler E. Microplate-scale fluorometric soil enzyme assays as tools to assess soil quality in a long-term agricultural field experiment// Appl. Soil Ecol. – 2014 – №75 – P. 80–85.
28. Singh J., Kunhikrishnan A., Bolan N. S. and Saggiar S.3 Impact of urease inhibitor on ammonia and nitrous oxide emissions from temperate pasture soil cores receiving urea fertilizer and cattle urine// Sci. Total Environ. – 2013. – №465, 56–63.
29. Дудкина Т. А. Роль севооборота и удобрений в формировании биологических свойств почвы // Плодородие. – 2004. – № 3. – С. 12-13.
30. Тихонович И.А., Проваров Н.А. Симбиозы растений и микроорганизмов. – СПб.: Изд. СПбГУ, 2009 – 209 с.
31. Aslam Z, Yasir M, Khaliq A, Matsui K, Chung YR. Mini review too much bacteria still unculturable// Crop and Environmental – 2010. – № 1(1). – P. 59–60.
32. Семенов М.В. Метабаркодинг и метагеномика в почвенно-экологических исследованиях: успехи, проблемы и возможности// Журнал общей биологии. – 2019. – №6. – Том 80. – С. 403-417.
33. Иванов А.Л. Методология и категории исследования депозитарных, биогеоценологических, экологических и сервисных функций почв// Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2015. – № 80. – С. 6-15.
34. Агафонова В.А., Попова В.П. Перспективы применения методов почвенной метагеномики для определения качества почв садовых ценозов// Плодоводство и виноградарство Юга России – 2021. – № 67(1). – С. 203-225.
35. Long walk to genomics: History and current approaches to genome sequencing and assembly/ A.M. Giani [et al.]// Computational and Structural Biotechnology Journal. – 2020. – Vol. 18. – P. 9–19.

36. Тихонович И.А., Чернов Т.И., Железова А.Д., Тхакахова А.К., Андронов Е.Е., Кутовая О.В. Таксономическая структура прокариотных сообществ почв разных биоклиматических зон// Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. - 2018. - Вып. 95. - С. 125-153.
37. Звягинцев А.Г., Бабьева И.П., Зенова Г. Биология почв. - М.: Изд-во МГУ, 2005. - 445 с.
38. Wei Z., Hu X., Li X., Zhang Y., Jiang L., Li J., Zhengbirg G., Yujie C., Xiangru L. The rhizospheric microbial community structure and diversity of deciduous and evergreen forests in Taihu Lake area, China// PLoS ONE. 2017. No. 12 (4). e0174411.
39. Мельничук Т. Н., Еговцева А. Ю., Абдурашитов С. Ф., Андронов Е. Е., Абдурашитова Э. Р., Радченко А. Ф., Ганоцкая Т. Л., Радченко Л. А. Микробные сообщества ризосферы *Triticum aestivum* L. черноземов южного и выщелоченного// Таврический вестник аграрной науки. - 2019. - № 3(19). - С.94-105.
40. Шелли Ш. И. Почвенные анаэробные бактерии рода *Clostridium*, географическое распространение и азотфиксирующая активность: дисс. канд.биол.наук: 03.00.27/МСХА им. К.Тимирязева - М.: 1985. - 185 с.

## REFERENCES

1. Karyagina L.A. Ocenka plodorodiya pochvy po biologicheskim pokazatelyam// V kn.: Mikrobiologicheskie osnovy povysheniya plodorodiya pochv. - Minsk: Nauka i tekhnika, 1983. - S. 101-103.
2. Beresteckij O. A. Biologicheskie osnovy plodorodiya pochvy - M.: Kolos, 1984. - 287 s.
3. Kruglov Yu.V. Mikrobnoe soobshchestvo pochvy: fiziologicheskoe raznoobrazie i metody issledovaniya// Sel'skohozyajstvennaya biologiya. - 2016. - t.51. - №1. - S. 46-59
4. Chaudhry V., Rehman A., Mishra A., Chauhan P.S., Nautiya Ch.Sh. Changes in bacterial community structure of agricultural land due to long-term organic and chemical amendments. *Microbial Ecology*, 2012, 64: 450-460.
5. Podsevalov M.I., Tojgil'din A.L., Ayupov D.E. Vliyanie agropriemov na biologicheskuyu aktivnost' pochvy i urozhajnost' ozimoy pshenicy v sevooborotah lesostepi Zavolzh'ya// Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. - 2017 - №1(37). - S. 44-50.
6. Popova V.I., Chudinov V.A., Boldysheva E.P., Bekmagambetov A.I. Nakoplenie rastitel'nyh ostatkov i biologicheskaya aktivnost' obyknovennyh chernozemov pri resursosberegayushchej tekhnologii// Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2020. - №2(38). - S. 89-98.
7. Vedenyapina N.S. Biologicheskaya aktivnost' pochvy i urozhajnost' sel'skohozyajstvennyh rastenij v polevyh sevooborotah// Sb. nauch. trudov. VGSNA. - Volgograd, 1975. - T. 6. - S. 66-68.
8. Anan'eva N. D. Mikrobiologicheskaya ocenka pochv v svyazi s samoochishcheniem ot pesticidov i ustojchivost'yu k antropogennym vozdeystviyam: avtoref. dokt. biol. nauk: 03.00.01../ Institut fiz.-him. i biol. problem pochvovedeniya RAN - M: 2001. - 36 s.
9. Balayan T. V. Biologicheskaya aktivnost' dernovo-podzolistoj pochvy i urozhaj sel'skohozyajstvennyh kul'tur// Pochvovedenie. - 1993. - № 12. - S. 65-71.
10. Narusheva E.A., Pron'ko V.V., Yurchenko E.S. Vliyanie mineral'nyh udobrenij i biopreparatov na urozhajnost' grechih i biologicheskuyu aktivnost' chernozema vyshche-

lochennogo v Srednem Povolzh'e// Agrohimiya. – 2009. – № 12. – S. 35-44.

11. Smirnov B.A. Vliyanie sistem minimal'noj obrabotki, udobrenij i zashchity rastenij na biologicheskie pokazateli plodorodiya dernovo-podzolistoj gleevatoj pochvy// Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2013. - № 1. – S. 85–96.

12. Titovskaya A.I. Vliyanie obrabotki pochvy, udobrenij i sorta yarovogo yachmenya na biologicheskie pokazateli plodorodiya// Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2015. – № 8. – S. 149–151.

13. Chernenok V.G. Diagnostika i optimizaciya azotnogo pitaniya zernovyh kul'tur v Severnom Kazahstane // Pochvovedenie i agrohimiya. – Almaty, 2012. – № 3. – S. 56-61.

14. Chernenok V.G., Afanas'eva M.V. Nitrifikacionnaya sposobnost' temno-kashtanovoj pochvy i obespechennost' yarovoj pshenicy azotom// Mater. mezhvuz. nauch. konf. Mikroorganizmy v sel'skom hozyajstve. – M.: MGU, 1986. – 247 s.

15. Chernenok V.G. Dinamika razlichnyh form azota v temno-kashtanovyh pochvah Celinogradskoj oblasti// Trudy Celinograd. SHI: Pochvovedenie, agrohimiya i fiziologiya rastenij. – Celinograd, 1968. – T. 5, Vyp. 4. – S. 78.

16. Chernenok V.G., Afanas'eva M.V. Azotnyj rezhim temno-kashtanovyh pochv, v svyazi s primeneniem udobrenij// Mater. H nauch. konf. po voprosam s/h proizvodstva. – Celinograd, 1969. – Ch. 1. – 148 s.

17. Chernenok V.G., Afanas'eva M.V. Vliyanie azotnyh udobrenij na himicheskij sostav i kachestvo zerna yarovoj pshenicy v usloviyah Celinogradskoj oblasti// Trudy Celinograd. SHI. Pochvovedenie, agrohimiya i fiziologiya rastenij. – Celinograd, 1972. – T. 7, Vyp. 2. – S. 162.

18. Metody pochvennoj mikrobiologii// Pod red.Segi J – M.: «Kolos», 1983. – 79 s.

19. Rukovodstvo k prakticheskim zanyatijam po mikrobiologii / Pod red. Egorova N.S. – M.: Izd-vo Moskovskogo un-ta, 1976. – 119 s.

20. Haziev F.H. Metody pochvennoj enzimologii – M.: Nauka, 2005. – 252 s.

21. Galstyan A. Sh. Fermentativnaya aktivnost' pochv Armenii. - Erevan: Aiyast, 1974. - 275.

22. Dotaniya M.L., Aparna K., Dotaniya C.K., Mahendra Singh, Regar K.L. Role of Soil Enzymes in Sustainable Crop Production/ Enzymes in Food Biotechnology: by editor Mohammed Kuddus. – 2019. – Chapter 33. – P. 569-589.

23. R.L. Sinsabaugh, Ch. L. Lauber, M. N. Weintraub, B. Ahmed, S. D. Allison, Ch. Crenshaw, A.R. Contosta, D. Cusack, S.Frey, M. E. Gallo, T. B. Gartner, S.E. Hobbie, K. Holland, B. L. Keeler, J. S. Powers, M. Stursova, C. Takacs-Vesbach, M. P. Waldrop, M. D. Wallenstein, D. R. Zak, L. H. Zeglin Stoichiometry of soil enzyme activity at global scale// Ecology Letters. – 2008. - №11. – R. 1252–1264 .

24. Saiya-Cork, R.L. Sinsabaugh, D.R. Zak The effects of long term nitrogen deposition on extracellular enzyme activity in an Acer saccharum forest soil// Soil Biology & Biochemistry – 2002 – № 34. – R. 1309–1315.

25. J.Zimmerman Burket, R P. Dick Burket Microbial and soil parameters in relation to N mineralization in soils of diverse genesis under differing management systems// Biology and Fertility of Soils. – 1998. – V.27. – P. 430-438.

26. DeForest JL, Zak DR, Pregitzer KS, Burton AJ. Atmospheric nitrate deposition, microbial community composition, and enzyme activity in northern hardwood forests// Soil Sci. Soc. Am. J. – 2004. – №8. – R. 132–138.

27. Giacometti C., Cavani L., Baldoni G., Ciavatta C., Marzadori C. and Kandeler E. Microplate-scale fluorometric soil enzyme assays as tools to assess soil quality in a long-term agricultural field experiment// Appl. Soil Ecol. – 2014 – №75 – R. 80–85.

28. Singh J., Kunhikrishnan A., Bolan N. S. and Saggiar S.3 Impact of urease inhibitor on ammonia and nitrous oxide emissions from temperate pasture soil cores receiving urea fertilizer and cattle urine// *Sci. Total Environ.* – 2013. – №465, 56–63.
29. Dudkina T. A. Rol' sevooborota i udobrenij v formirovanii biologicheskikh svojstv pochvy // *Plodorodie.* – 2004. – № 3. – S. 12-13.
30. Tihonovich I.A., Provarov N.A. Simbiozy rastenij i mikroorganizmov. – SPb.: Izd. SPbGU, 2009 – 209 s.
31. Aslam Z, Yasir M, Khaliq A, Matsui K, Chung YR. Mini review too much bacteria still unculturable// *Crop and Environmental* – 2010. – № 1(1). – R. 59–60.
32. Semenov M.V. Metabarkoding i metagenomika v pochvenno-ekologicheskikh issledovaniyah: uspekhi, problemy i vozmozhnosti// *Zhurnal obshchej biologii.* – 2019. – №6. – Tom 80. – S.403-417.
33. Ivanov A.L. Metodologiya i kategorii issledovaniya depozitarnyh, biogeocenticheskikh, ekologicheskikh i servisnykh funkcij pochv// *Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva.* – 2015. – № 80. – S. 6-15.
34. Agafonova V.A., Popova V.P. Perspektivy primeneniya metodov pochvennoj metagenomiki dlya opredeleniya kachestva pochv sadovyh cenozov// *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii* – 2021. – № 67(1). – S.203-225.
35. Long walk to genomics: History and current approaches to genome sequencing and assembly/ A.M. Giani [et al.] // *Computational and Structural Biotechnology Journal.* – 2020. – Vol. 18. – P.9–19.
36. Tihonovich I.A. Chernov T.I., Zhelezova A.D., Thakahova A.K., Andronov E.E., Kutovaya O.V. Taksonomicheskaya struktura prokariotnykh soobshchestv pochv raznykh bioklimaticheskikh zon// *Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva.* – 2018. – Vyp. 95. – S.125-153.
37. Zvyaginets A.G., Bab'eva I.P., Zenova G. *Biologiya pochv.* – M.: Izd-vo MGU, 2005. – 445 s.
38. Wei Z., Hu X., Li X., Zhang Y., Jiang L., Li J., Zhengbirg G., Yujie C., Xiangru L. The rhizospheric microbial community structure and diversity of deciduous and evergreen forests in Taihu Lake area, China// *PLoS ONE.* 2017. No. 12 (4). e0174411.
39. Mel'nichuk T. N., Egovceva A. Yu., Abdurashitov S. F., Andronov E. E., Abdurashitova E. R., Radchenko A. F., Ganockaya T. L., Radchenko L. A. Mikrobnnye soobshchestva rizosfery *Triticum aestivum* L. chernozemov yuzhnogo i vyshchelochennogo// *Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki.* – 2019. - № 3(19). – S.94-105.
40. Shelli Sh. I. Pochvennye anaerobnye bakterii roda *Clostridium*, geograficheskoe rasprostranenie i azotfiksiruyushchaya aktivnost': diss. kand.biol.nauk: 03.00.27/MSHA im.K.Timiryazeva – M., 1985. – 185 s.

ТҮЙІН

Р.Х. Рамазанова<sup>1\*</sup>, А. Касипхан<sup>2</sup>, Ж.Т. Ботбаева<sup>3</sup>ЖАЗДЫҚ ТРИТИКАЛЕ ДАҚЫЛЫНА АЗОТ ТЫҢАЙТҚЫШТАРЫН ҚОЛДАНУ  
КЕЗІНДЕГІ КҮҢГІРТ ҚАРА-ҚОҢЫР ТОПЫРАҚТАРДЫҢ БИОЛОГИЯЛЫҚ  
БЕЛСЕНДІЛІГІ

<sup>1</sup>*Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми зерттеу институты, 050060, Алматы, әл-Фараби даңғылы, 75 В, Қазақстан, \*e-mail: raushasoil88@mail.ru*

<sup>2</sup>*С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, 010000, Астана, 62, Жеңіс даңғылы, Қазақстан, e-mail: akgul-03@mail.ru*

<sup>3</sup>*Қазақ технология және бизнес университеті, 010000, Астана, 37А, К. Мухамедханов көшесі, Қазақстан, e-mail: zhanar.b.t@mail.ru*

Мақалада жаздық тритикале егістігінде азот тыңайтқыштарын енгізу мөлшері мен мерзіміне байланысты Ақмола облысының күңгірт қарақоңыр топырағының микробиологиялық белсенділігін зерттеу бойынша деректер келтірілген. Қолданылатын минералды тыңайтқыштар микроорганизмдердің тіршілігіне теріс әсер етпейтіні көрсетілген. Азотты Р<sub>60</sub> фонында бөлшектеп және бір мәрте қолдану, топырақтың биологиялық белсенділігінің артуына әсер етеді: каталаза және уреаза ферменттерінің белсенділігі жоғары дәрежеге, дегидрогеназа орташа белсенділік дәрежесіне сәйкес келеді. Азот-фосфор тыңайтқыштарын қолдану кезінде микроорганизмдердің саны да артады. Жаздық тритикале дақылына азотты тыңайтқыштарды қолдану кезінде күңгірт қарақоңыр топырақтың микробиомына зерттеу жүргізілді. Күңгірт қарақоңыр топырақта ең көп таралған микроорганизмдердің түрлері - Proteobacteria, Actinobacteria және Firmicutes.

*Түйінді сөздер:* т опырау, азот т ыСайт уышт ар, жаздық тритикале, ферменттер, микробиологиялық белсенділігі, метагеном.

## SUMMARY

R.Kh. Ramazanova<sup>1\*</sup>, A. Kassipkhan<sup>2</sup>, Zh.T. Botbaeva<sup>3</sup>BIOLOGICAL ACTIVITY OF DARK CHESTNUT SOIL WHEN APPLYING NITROGEN  
FERTILIZERS FOR SPRING TRITICALE

<sup>1</sup>*Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry named after U.U. Uspanov, 050060, Almaty, 75B, al-Farabi, Ave., Kazakhstan, \*e-mail: raushasoil88@mail.ru*

<sup>2</sup>*Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin, 010000, Astana, 62, Zhenis Ave., Kazakhstan, e-mail: akgul-03@mail.ru*

<sup>3</sup>*Kazakh University of Technology and Business, 010000, Astana, 37A, K. Mukhamedkhanov str., Kazakhstan, e-mail: zhanar.b.t@mail.ru*

The article presents data on the study of the microbiological activity of the dark chestnut soil of the Akmola region in spring triticale crops, depending on the doses and timing of nitrogen fertilizers. It shows that the apply of mineral fertilizers have any negative impact on the viability of microorganisms. Nitrogen, applied partly and once on the background of P<sub>60</sub> contributes to the increase of soil biological activity: activity of catalase and urease enzymes corresponds to a high degree, dehydrogenase - to medium degree of activity. The number of microorganisms also increases with the application of nitrogen-phosphorus fertilizers. A study of the microbiome of dark

chestnut soil with the application of nitrogen fertilizers under spring triticale was carried out. The most common types of microorganisms in dark chestnut soil are Proteobacteria, Actinobacteria, and Firmicutes.

*Key words:* soil, nitrogen fertilizers, spring triticale, enzymes, microbiological activity, metagenome.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1 Рамазанова Раушан Хамзаевна - Председатель Правления, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: raushasoil88@mail.ru

2 Касипхан Акгул - заведующая Агроэкологическим испытательным центром, PhD, e-mail: akgul-03@mail.ru

3 Ботбаева Жанар Турлыбековна - доцент кафедры технологии и стандартизации, кандидат биологических наук, ассоциированный профессор, e-mail: zhanar.b.t@mail.ru