

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

Шулико Наталья Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник сектора микробиологии

Тимохин Артем Юрьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории полевого кормопроизводства

Тукмачева Елена Васильевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник сектора микробиологии

ФГБНУ «Омский аграрный научный центр», 644012, г. Омск, проспект Королева, д. 26; тел. 8(3812) 77-68-87

E-mail:shuliko-n@mail.ru

Ключевые слова: орошение, минеральные удобрения, севооборот, биологическая активность, урожайность, почвенные микроорганизмы, ферменты, нитрификационная способность почвы.

Исследования проводились в орошаемом стационарном севообороте ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» в южной лесостепи Западной Сибири. Цель исследований – установить направленность и интенсивность мобилизационных биологических процессов при длительном орошении, их количественные характеристики, а также возможные неблагоприятные изменения биологических (экологических) свойств лугово-черноземной почвы. Микробное сообщество выполняет функцию поддержания гомеостаза почв, поэтому быстро реагирует на изменения в среде обитания. Интенсивность почвенных процессов минерализации и гумусообразования определялась сочетанием факторов внесения удобрений и орошения. Установлено, что в почве под посевами преобладали иммобилизационные процессы. Наибольший коэффициент трансформации органического вещества (Пм), т.е. усиление превращения растительных остатков в органическое вещество, отмечен при внесении азотно-фосфорных удобрений под посевом ячменя. Применение минеральных удобрений способствовало росту численности определяемых микроорганизмов, усиливало разложение целлюлозы в почве, потенциальную способность почв к нитратонакоплению и активность ферментов, что, в конечном итоге, повышало урожайность возделываемых культур. Урожайность многолетних трав на удобренном фоне по причине выппада бобовых (козлятника) и преобладания мятликовых видов (костреца) была на уровне контроля. Получена корреляционная зависимость сильной степени между интенсивностью разложения целлюлозы в почве, нитрификационной способностью с урожайностью культур ($r=0,67\pm 0,28$ и $0,91\pm 0,16$ соответственно). Многолетнее орошение лугово-черноземной почвы не оказало негативного влияния на её экологическое состояние, а применение интенсивной технологии возделывания культур в севообороте стимулировало рост численности почвенных микроорганизмов и их жизнедеятельность.

Введение

При оценке плодородия и экологического состояния почв важное значение имеют агро-биологические методы, основанные на определении численности почвенной микрофлоры, устойчивости микробоценоза к антропогенным воздействиям [1].

Микроорганизмы поддерживают гомеостаз почв и быстро реагируют на изменения в среде обитания. Почвенная микрофлора является мощным индикатором состояния пахотных почв, играет ведущую роль в круговороте азота [2].

При орошении создаются благоприятные условия для роста почвенных микроорганизмов. Но это заключение верно для оптимального увлажнения. Переполив угнетает аэробные бактерии, а значит, окажется в недостатке и конечный продукт их жизнедеятельности, например нитратный азот [3].

Оптимизация водного питания микроор-

ганизмов - не единственное условие их активной жизнедеятельности. Им необходимы, как и культурным растениям, слабкокислая или нейтральная реакция почвы, минеральные элементы питания, хороший доступ воздуха и умеренная температура [4].

При использовании приёма орошения увеличивается численность почвенных микроорганизмов, минерализующих азот и углеродсодержащие соединения, более интенсивно протекают процессы нитрификации и денитрификации. Изменяется структура микробного сообщества, повышается содержание аммонификаторов в основном за счет неспоробразующих форм, увеличивается количество олигонитрофилов, способных фиксировать азот атмосферы, количество почвенных грибов, напротив, снижается [5, 6].

Увеличение численности микроорганизмов, ведущих гидролитические процессы (на-

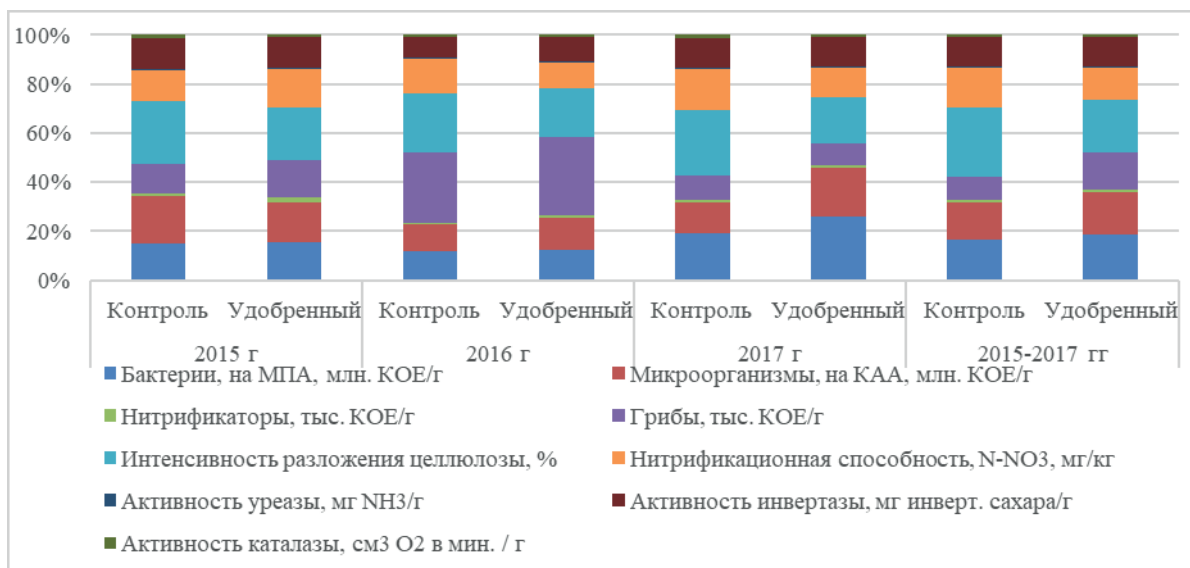


Рис. 1 – Биологическая активность орошаемой почвы под многолетними травами, 2015-2017 гг.

пример, аммонификаторов), может свидетельствовать о том, что прием орошения ведет к активации процессов минерализации органического вещества почвы [7].

Об уровне антропогенной нагрузки на биологические процессы почвы можно судить и по изменению ферментативной активности почв [8]. Установлено, что длительное применение удобрений положительно влияет на ферментативную активность почвы, в частности активность уреазы [9].

Комплекс благоприятных для растений условий, складывающихся на орошаемых землях, способствует нормальному формированию корневой системы, хорошему росту и развитию растений, обильному плодоношению сельскохозяйственных культур. Регулярные и строго нормированные поливы, полное обеспечение питательными веществами, защита от сорняков и болезней - все это важнейшие условия получения большого и вместе с тем высококачественного урожая. Особенно ощутимо это проявляется в Западной Сибири при поливе растений, когда продукцией является зелёная масса. Например, буйное развитие трав при орошении увеличивает долю листьев в общем урожае, а значит, и его качество. Получение высококачественной продукции возможно только при оптимальном увлажнении почвы орошаемых участков на фоне оптимизации всех остальных факторов и условий их роста и развития [4].

Для предупреждения возможных негативных последствий длительного орошения и применения удобрений в почвах Омского Прииртышья необходим постоянный мониторинг

интенсивности и направленности почвенных процессов.

Цель исследований: установить направленность и интенсивность мобилизационных биологических процессов при длительном орошении, их количественные характеристики, а также возможные неблагоприятные изменения биологических (экологических) свойств лугово-черноземной почвы.

Материалы и методы исследований

Исследования по изучению влияния приемов интенсификации орошаемых черноземов на экологическое состояние почвы проводились в 2015-2017 гг. в многофакторном стационарном опыте, заложенном на территории межхозяйственной Пушкинской оросительной системы (ОПХ «Омское», Омский район).

Учёт микроорганизмов проводили на твердых питательных средах общепринятыми методами, интенсивность разложения целлюлозы в почве- аппликационным методом по Тихомировой, нитрификационную способность почвы – по Кравкову [10, 11, 12,]. Анализ ферментативной активности почвы проводился в воздушно-сухих образцах: инвертазы -по Купревичу, уреазы-по Гофману, каталазы – газометрически [13].

Метеоусловия 2015-2017 гг. исследований были различными, ГТК=0,7-1,09. Контрастность лет исследований позволила оценить действие изучаемых агроприемов на биологическую активность и урожайность сельскохозяйственных культур.

Результаты исследований

Микробиологическая активность почвы

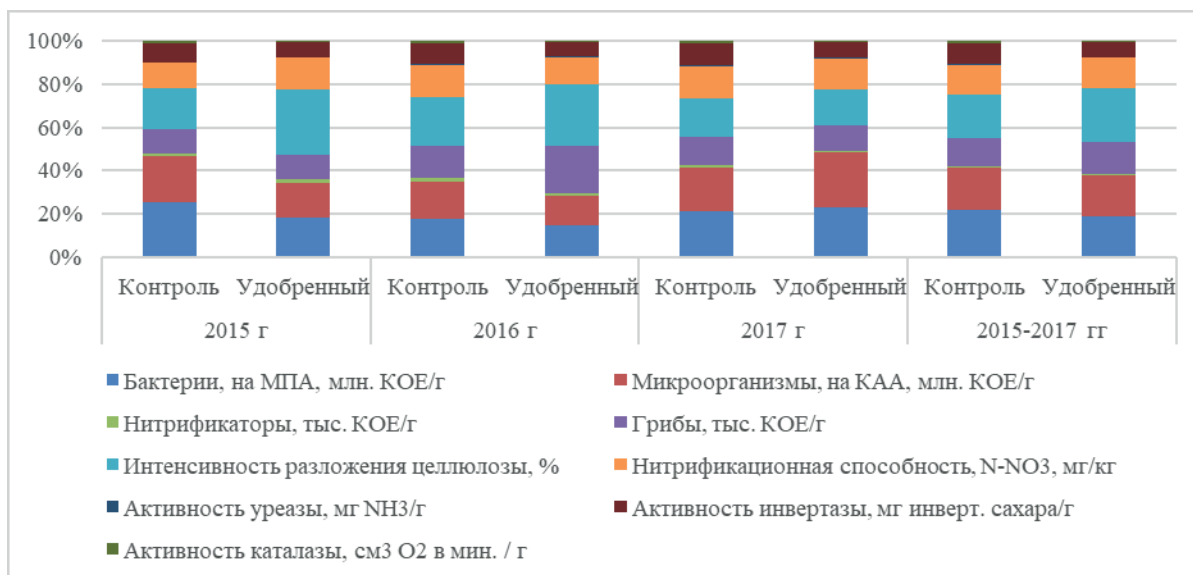


Рис. 2 – Биологическая активность орошаемой почвы под ячменём, 2015-2017 гг.

как индикатор экологического состояния агроценоза повышается при сочетании приема орошения с внесением удобрений [14].

В почве под посевом многолетних трав в 2015-2016 гг. количество бактерий-аммонификаторов на мясо-пептонном агаре (МПА) и микроорганизмов, закрепляющих азот в минеральной форме на крахмало-аммиачном агаре (КАА), на удобренном фоне было практически на одном уровне с контролем, максимально превышая его на 23% (рис. 1).

При возделывании многолетних трав на орошаемом фоне в 2015 и 2016 гг. в наибольшей степени усилился рост численности нитрифицирующих бактерий – 61,6 и 72,6% к контролю соответственно, а также грибов в 2015 г. – на 36,7% к контролю. Увлажнение почвы в июне-июле 2016 г., когда дополнительно к норме выпало 87,7 мм осадков, способствовало росту численности почвенных грибов (68,6-77,7 тыс. КОЕ/г). В 2017 г. под влиянием удобрений численность групп микроорганизмов на МПА и КАА возросла на 60 и 87% к контролю соответственно, что связано с улучшением питания микроорганизмов при благоприятных погодных условиях. За годы исследований внесение удобрений под многолетние травы при орошении в наибольшей степени стимулировало численность нитрифицирующих бактерий и грибов на 51,5 и 76,6% к контролю.

Интенсивность разложения целлюлозы под многолетними травами существенно не различалась по вариантам в годы исследований. Разница составляла 2,3-11%. Наиболее высоким (48,3-59,3%) показатель был в 2016 г., что связа-

но увлажнением почвы (в течение июня-июля выпало 205,7 мм осадков при норме 118 мм).

Нитрификационная способность почвы на удобренных фонах превышала контроль на 35,4% лишь в 2015 г., в последующие годы потенциальное количество азота нитратов было несколько ниже по отношению к контролю. Одной из возможных причин было вытеснение в посевах многолетних трав козлятника на удобренных фонах мятликовым компонентом. На контроле без азотных удобрений в ботаническом составе преобладал козлятник, поэтому влияние многолетних трав на биологические свойства почвы на удобренных фонах в сравнении с контролем имело меньший положительный эффект. При разложении растительных остатков мятликовых культур численность и активность микроорганизмов ниже и слабее, чем у зернобобовых [15].

По активности почвенных ферментов можно судить об интенсивности биологических процессов. Анионы минеральных удобрений снижали активность окислительно-восстановительного фермента каталазы под многолетними травами в 2015-2017 гг. до 50%. Аналогичными исследованиями в длительном стационарном опыте лаборатории агрохимии установлено, что при увеличении длительности применения минеральных удобрений и содержания N-NO₃ в почве снижается активность фермента [16]. В наших исследованиях также обнаружена обратная корреляционная зависимость активности каталазы от содержания нитратного азота в почве ($r=-0,45\pm 0,33$).

В 2015-2017 гг. на фоне применения минеральных удобрений под многолетние травы

Таблица 1

Направленность почвенных процессов под культурами севооборота при орошении лугово-черноземной почвы

Вариант		КАА/МПА				МПА/КАА				Пм			
		2015	2016	2017	2015-2017	2015	2016	2017	2015-2017	2015	2016	2017	2015-2017
Контроль	Многолетние травы	0,66	1,27	0,90	0,92	1,51	0,79	1,11	1,08	70,52	41,40	61,27	55,55
	Ячмень	0,96	0,84	0,97	0,91	1,04	1,20	1,03	1,10	64,58	90,96	60,46	72,09
Удобрённый	Многолетние травы	0,78	1,08	1,08	0,94	1,29	0,92	0,93	1,06	103,07	49,40	57,94	69,22
	Ячмень	1,08	0,86	0,95	0,98	0,93	1,16	1,06	1,02	109,09	84,10	68,69	86,56
НСП ₀₅ А		0,17				0,21				17,15			
НСП ₀₅ В		0,21				0,25				21,01			
НСП ₀₅ АВ		0,29				0,36				29,71			

усиливалась активность гидролитических ферментов уреазы и инвертазы (10,7 и 14,0%), это связано с развитием более мощных корневых систем растений на фоне минеральных удобрений.

Применение минеральных удобрений под ячмень яровой в условиях длительного орошения оказало стимулирующее воздействие на численность различных групп микроорганизмов (рис. 2).

В 2015 г. в два раза в сравнении с контролем на удобренном фоне увеличилось количество нитрификаторов, в 2016-2017 гг. – грибов на 107 и 52% соответственно. В 2017 г. на 78% возросла численность сапрофитных бактерий, актиномицетов - на 100% (в два раза) по отношению к контролю.

За годы исследований внесение минеральных удобрений под ячмень значительно, на 66,6%, усилило интенсивность разложения целлюлозы в почве, на 44,4% – нитратонакопление в благоприятных условиях (нитрификационную способность почвы).

Окислительно-восстановительная активность фермента каталазы изменялась от 1,28 до 1,82 см³ O₂ в минуту, снижаясь на интенсивном фоне. В вариантах N₆₀P₆₀ отмечено снижение от 17 до 30% по отношению к контролю.

В 2017 г. наблюдалось усиление активности фермента уреазы на удобренном фоне при выращивании ячменя, которое связано со значительным поступлением в почву органического вещества соломы, растительных остатков, являющихся субстратом для фермента и источником питания микроорганизмов (отмечен рост численности аммонифицирующих бактерий на фоне N₆₀P₆₀ по отношению к неудобренному

фону на 25%). Инвертазная активность почвы на фоне удобрений повышалась до 13% в различные годы.

По коэффициентам иммобилизации (МПА/КАА) и минерализации (КАА/МПА) оценивалась направленность почвенно-микробиологических процессов и интенсивность трансформации органических азотсодержащих соединений в почве [17].

В почве под посевами многолетних трав и ярового ячменя преобладали процессы иммобилизации (закрепления азота микроорганизмами), соотношение МПА/КАА > 1. Наибольший коэффициент трансформации органического вещества (Пм), который потенциально отражает интенсивность накопления гумусовых веществ в почве, был под ячменём на фоне внесения минеральных удобрений (табл. 1).

Улучшение водопотребления растений при мелиорации, изменение почвенных условий оказывают положительное влияние на онтогенез растений, что в итоге повышает урожайность и качество сельскохозяйственных культур.

В 2015 г. урожайность культур была выше в вариантах с применением удобрений, дополнительно получено 2,97 т/га зерна ячменя и 1,34 т/га сухого вещества многолетних трав за два укоса по отношению к контролю (таблица 2).

В 2016 и 2017 гг. при возделывании ячменя отмечена та же закономерность: на удобренном фоне урожайность достоверно увеличивалась на 0,76 и 2,28 т/га зерна ячменя. У многолетних трав обратная закономерность: при применении минеральных удобрений урожайность сухого вещества за два укоса была ниже на 0,82 и 1,26 т/га в сравнении с контролем в связи с преобладанием козлятника в ботаническом со-

Таблица 2

Урожайность сельскохозяйственных культур при применении удобрений на фоне орошения, т/га

Вариант		Годы исследований			
		2015	2016	2017	2015-2017
Контроль	Многолетние травы	4,91	3,70	3,83	4,15
	Ячмень	1,72	2,02	1,91	1,88
Удобрённый	Многолетние травы	6,25	2,88	2,57	3,90
	Ячмень	4,69	2,78	4,19	3,88
НСП ₀₅ А		0,89	0,67	0,67	1,22
НСП ₀₅ В		0,72	0,55	0,55	1,00
НСП ₀₅ АВ		1,25	0,95	0,95	1,73

Таблица 3

Коэффициенты корреляции между отдельными показателями биологической активности почвы и урожайностью культур, $n=9$, $r_{крит.} = 0,404$

Показатель биологической активности почвы	2015 г.			
	r	±Sr	t ₀	t _r
Активность уреазы, мг NH ₃ /г	0,79	0,23	3,40	2,26
Активность фермента инвертазы, мг инверт. сахара/г	0,83	0,21	3,93	2,26
2016 г.				
Интенсивность разложения целлюлозы, %	0,67	0,28	2,38	2,26
Нитрификационная способность, N-NO ₃	0,91	0,16	5,8	2,26
2017 г.				
Микроорганизмы, на КАА, млн. КОЕ/Г	0,46	0,33	1,37	2,26
Нитрификационная способность, N-NO ₃	0,68	0,28	2,45	2,26
2015-2017 гг.				
Активность уреазы, мг NH ₃ /г	0,58	0,30	1,88	2,26

стае на фоне без удобрений, а на удобренном фоне – костреца.

В 2015-2017 гг. оптимизация влажности почвы и условий минерального питания растений способствовала повышению урожайности ячменя более, чем на 100%. Урожайность многолетних трав на удобренном фоне по причине выпадения бобовых (козлятника) и преобладания мятликовых видов (костреца) была на уровне контроля.

Корреляционный анализ показал наличие связей средней и сильной степеней между отдельными показателями биологической активности почвы и урожайностью возделываемых культур в севообороте при длительном орошении (табл. 3).

В 2016 г. получена зависимость сильной степени между показателями интенсивности разложения целлюлозы в почве, нитрификационной способности и урожайностью культур ($r=0,67 \pm 0,28$ и $0,91 \pm 0,16$ соответственно). Корреляционная зависимость урожайности культур и нитрификационной способности подтвердилась и в 2017 г. ($r=0,68 \pm 0,28$).

Наличие корреляционных зависимостей

разной степени между потенциальной способностью почвы к нитратонакоплению и урожайностью сельскохозяйственных культур вполне объяснимо. В процессе нитрификации органические азотсодержащие соединения под действием микроорганизмов минерализуются до азота нитратов – в условиях Сибири основного источника питания растений [18-20].

Обсуждение

Многолетнее орошение лугово-черноземной почвы не оказало негативного воздействия на её биологические свойства, а применение интенсивной технологии возделывания культур в севообороте стимулировало рост численности почвенных микроорганизмов и их жизнедеятельность.

Длительно орошаемая лугово-черноземная почва при интенсивном возделывании зерновых (ячмень) обладает высокой биологической активностью, что оказало положительное влияние на урожайность культуры в годы исследований (2,78-4,69 т/га). В контрольном варианте урожайность ячменя составляла 1,72-2,02 т/га.

При возделывании ячменя наблюдался

рост численности микроорганизмов на МПА, КАА, грибов, частично нитрификаторов. После уборки зерновых в результате оставления большого количества соломы и растительных остатков на 76% усилилась интенсивность разложения целлюлозы, на 44% – потенциальная способность почвы к нитратонакоплению.

Биологическая активность лугово-черноземной почвы при интенсивном возделывании многолетних трав составляла 106-126%. Применение азотно-фосфорных удобрений на фоне орошения способствовало росту численности нитрифицирующих бактерий и грибов под посевом трав. Урожайность многолетних трав в среднем за 2015-2017 гг. была на уровне контроля за счет выпаса бобовых при многолетнем использовании травостоя.

При длительном орошении в лугово-черноземной почве под посевами культур в среднем за годы исследований преобладали процессы иммобилизации азота микроорганизмами – МПА/КАА>1.

Установлены корреляционные зависимости средней и сильной степени между показателями интенсивности разложения целлюлозы, нитрификационной способностью почвы и урожайностью возделываемых культур ($r=0,67$; $r=0,91$).

Заключение

Результаты исследований, проведенных в длительном стационарном опыте ФГБНУ «Омский АНЦ», показали, что:

- применение удобрений в рациональной дозе ($N_{60}P_{60}$), усиливало биологическую активность орошаемой лугово-черноземной почвы;

- угнетения численности агрономически важных групп микроорганизмов не выявлено, что свидетельствует о стабильной экологической ситуации в орошаемом агроценозе;

- комплекс благоприятных для растения условий, складывающихся на орошаемых землях, способствовал хорошему росту и развитию растений, высокой урожайности сельскохозяйственных культур.

Библиографический список

1. Ананьева, Н. Д. Оценка устойчивости микробных комплексов почв к природным и антропогенным воздействиям / Н. Д. Ананьева, Е. В. Благодатская, Т. С. Демкина // Почвоведение. – 2002. – № 5. – С. 580-587.

2. Иванов, А. Л. Роль микробиологии в оценке почвенных ресурсов / А. Л. Иванов // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2015. –

№ 6. – С. 26-28.

3. Звягинцев, Д. Г. Биология почв / Д. Г. Звягинцев, И. П. Бабьева, Г. М. Зенова. – Москва : МГУ, 2005. – 445 с.

4. Рендов, Н. А. Мелиоративное земледелие Западной Сибири : учебное пособие / Н. А. Рендов, В. С. Тараканов, С. И. Мозылева. – Омск : ООО ИПЦ Сфера, 2009. – 160 с.

5. Меркушева, М. Г. Микробиологический режим аллювиальных луговых почв Забайкалья при орошении и удобрении / М. Г. Меркушева, Т. А. 6. Аюшина, Е. Г. Инешина // Агрехимия. – 2004. – № 3. – С. 5-13.

Биологическая активность длительно орошаемой лугово-черноземной почвы в условиях интенсивного использования / О. Ф. Хамова, В. С. Бойко, А. Ю. 7. 7. Тимохин, Н. Н. Шулико, Е. В. Тукмачева // Вестник ОмГАУ. – 2019. – № 1(33). – С. 53-61.

8. Ким, А. Д. Оценка биологической активности почвы / А. Д. Ким // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2010. – № 2. – С. 23-24.

9. Воронкова, Н. А. Биологические ресурсы и их значение в сохранении почвенного плодородия и повышении продуктивности агроценозов Западной Сибири : монография / Н. А. Воронкова. – Омск : ОмГТУ, 2014. – 188 с.

10. Хазиев, Ф. Х. Протеазная и уреазная активность почвы как показатель действия азотных удобрений на подвижность соединений азота черноземов / Ф. Х. Хазиев, Я. М. Агафарова // Кружоворот и баланс азота в системе почва – удобрение – растение – вода. – Москва : Наука, 1979. – С. 216-218.

11. Теппер, Е. З. Практикум по микробиологии : учебное пособие для вузов / Е. З. Теппер, В. К. Шильникова ; под редакцией В. К. Шильниковой. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва : Дрофа, 2004. – 256 с.

12. Тихомирова, Л. Д. Биологический метод определения плодородия почвы / Л. Д. Тихомирова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 1973. – № 5. – С. 15-18.

13. Пискунов, А. С. Агрехимические методы исследования почв / А. С. Пискунов. – Москва : Колос, 2004. – 312 с.

14. Хазиев, Ф. Х. Методы почвенной энзимологии / Ф. Х. Хазиев. – Москва : Наука, 2005. – 252 с.

15. Тимохин, А. Ю. Повышение продуктивности зернобобовых культур на лугово-черноземных почвах Омского Прииртышья : спец. 06.01.01 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Тимохин Артем Юрьевич ; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2017. – 20 с.

16. Тихонович, И. А. Микробиологические аспекты плодородия почвы и проблемы устойчивого земледелия / И. А. Тихонович, Ю. В. Круглов // Плодородие. – 2006. – № 5. – С. 9-12.

17. Шулико, Н. Н. Влияние длительного применения удобрений на агрохимические и биологические свойства чернозема выщелоченного и продуктивность ячменя в южной лесостепи Западной Сибири : спец. 06.01.04 – агрохимия : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Шулико Наталья Николаевна ; Новосибирский ГАУ. - Новосибирск, 2017. – 19 с.

18. Муха, В. Д. Естественно-антропогенная эволюция почв (общие закономерности и зональ-

ные особенности) / В. Д. Муха. – Москва : КолосС, 2004. – 271с.

19. Гамзиков, Г. П. Агрохимия азота в агроценозах / Г. П. Гамзиков. – Новосибирск : РАСХН. Сибирское отделение, 2013. – 790 с.

20. Умаров, М. М. Микробиологическая трансформация азота в почве / М. М. Умаров, А. В. Кураков, А. Л. Степанов. – Москва : ГЕОС, 2007. – 275 с.

Система адаптивного земледелия Омской области ФГБНУ / Омский АНЦ. – Омск : Издательство ИП Е.А. Макшеевой, 2020. – 522 с.

ECOLOGICAL STATE OF MEADOW-BLACK SOIL IN CASE OF LONG-TERM IRRIGATION

Shuliko N.N., Timokhin A. Yu., Tukmacheva E.V.
Federal State Budgetary Scientific Institution “Omsk Agrarian Scientific Center”,
644012, Omsk, Koroleva Avenue, 26; Tel. 8 (3812) 77-68-87
E-mail: shuliko-n@mail.ru

Key words: irrigation, mineral fertilizers, crop rotation, biological activity, productivity, soil microorganisms, enzymes, soil nitrification capacity.

The research was carried out on an irrigated stationary crop rotation of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Omsk Agrarian Research Center” in the southern forest-steppe of Western Siberia. The aim of the research was to establish the direction and intensity of mobilization biological processes in case of long-term irrigation, their quantitative characteristics, as well as possible adverse changes of biological (ecological) properties of meadow – black soil. The microbial community performs the function of maintaining soil homeostasis, therefore it quickly responds to habitat changes. The intensity of soil mineralization and humus formation processes was determined by a combination of fertilization and irrigation factors. It was found that immobilization processes prevailed in the soil under crops. The highest coefficient of organic matter transformation, i.e. transformation increase of plant residues into organic matter, was noted when introducing nitrogen-phosphorus fertilizers for barley crops. Application of mineral fertilizers promoted an increase of the number of the defined microorganisms, enhanced cellulose decomposition in the soil, potential capacity of soils to accumulate nitrate and enzyme activity, which ultimately increased the yield of cultivated crops. The yield of perennial grasses on a fertilized background was at the control level due to loss of legumes (goat's rue) and predominance of bluegrass species (awnless brome). A strong correlation was obtained between the intensity of cellulose decomposition in the soil, nitrification capacity and crop yields ($r = 0.67 \pm 0.28$ and 0.91 ± 0.16 , respectively). Long-term irrigation of meadow-black soil did not have a negative impact on its ecological state, and usage of intensive cultivation technology of crops in crop rotation stimulated an increase of soil microorganisms and their activity.

Bibliography:

1. Ananyeva, N.D. Assessment of resistance of microbial complexes of soils to natural and anthropogenic impacts / N.D. Ananyeva, E.V. Blagodatskaya, T.S. Demkina // Soil Science. - 2002. - № 5. - P. 580-587.
2. Ivanov, A.L. The role of microbiology in assessment of soil resources / A.L. Ivanov // Vestnik of the Russian agricultural science. - 2015. - № 6. - P. 26-28.
3. Zvyagintsev, D.G. Biology of soils / D.G. Zvyagintsev, I.P. Babieva, G.M. Zenova. - M.: Moscow State University, 2005.- 445 p.
4. Meliorative agriculture in Western Siberia: textbook / N.A. Rendov, V.S. Tarakanov, S.I. Mozyleva. - Omsk: OOO IPC “Sphera”, 2009. - 160 p.
5. Merkusheva, M.G. Microbiological regime of alluvial meadow soils of Trans-Baikal in case of irrigation and fertilization / M.G. Merkusheva, T.A. Ayushina, E.G. Ineshina // Agrochemistry. - 2004. - № 3. - P. 5-13.
6. Khamova, O.F. Biological activity of long-term irrigated meadow-black soil in the conditions of intensive usage / O.F. Khamova, V.S. Boyko, A.Yu. Timokhin, N.N. Shuliko, E.V. Tukmacheva // Vestnik of OmsSAU. - 2019. - № 1 (33). - P. 53-61.
7. Kim, A.D. Assessment of soil biological activity / A.D. Kim // Vestnik of the Russian Academy of Agricultural Sciences. - 2010. - № 2. - P. 23-24.
8. Voronkova, N.A. Biological resources and their importance in preserving soil fertility and increasing productivity of agrocenoses in Western Siberia: monograph. - Omsk: OmSTU. - 2014.- 188 p.
9. Khaziev, F.Kh. Protease and urease activity of soil as an indicator of the effect of nitrogen fertilizers on mobility of nitrogen compounds in black soils / F.Kh. Khaziev, Ya.M. Agafarova // Nitrogen cycle and balance in the soil - fertilizer - plant - water system. - M.: Nauka, 1979.- P. 216-218.
10. Tepper, E.Z. Practical training on microbiology: textbook for universities / E.Z. Tepper, V.K. Shilnikov; ed. by V.K. Shilnikova. - 5th ed., Rev. and add. - M.: Drofa, 2004.- 256 p.
11. Tikhomirova, L. D. Biological method for soil fertility specification // Siberian Vestnik of Agricultural Science. - 1973. - № 5. - P. 15-18.
12. Piskunov, A.S. Agrochemical methods of soil research. - M.: Kolos, 2004.- 312 p.
13. Khaziev, F.Kh. Methods of soil enzymology / F.Kh. Khaziev. - M.: Nauka, 2005.- 252 p.
14. Timokhin, A.Yu. Increase of productivity of leguminous crops on meadow-black soils of the Omsk Irtysh Land region: author's abstract of dissertation of candidate of agricultural sciences. Krasnoyarsk, 2017.- 20 p.
15. Tikhonovich, I.A., Kруглов Ю. V. Microbiological aspects of soil fertility and the problem of sustainable agriculture / I.A. Tikhonovich, Yu.V. Kруглов // Soil Fertility. - 2006. - № 5. - P. 9-12.
16. Shuliko, N.N. The influence of long-term application of fertilizers on agrochemical and biological properties of leached black soil and productivity of barley in the southern forest-steppe of Western Siberia: spec. 06.01.04 - agrochemistry: abstract of dissertation of candidate of agricultural sciences / Shuliko Natalya Nikolaeвна - Novosibirsk, Novosibirsk SAU, 2017. - 19 p.
17. Mukha, V.D. Natural and anthropogenic evolution of soils (general patterns and zonal features). - M.: KolosS, 2004.- 271p.
18. Gamzikov, G.P. Agrochemistry of nitrogen in agrocenoses / G.P. Gamzikov. - Novosibirsk: RAAS, Sib. department, 2013.- 790 p.
19. Umarov, M.M. Microbiological transformation of nitrogen in soil / M.M. Umarov, A.V. Kurakov, A.L. Stepanov. - M.: GEOS, 2007.- 275 p.
20. The system of adaptive farming of the Omsk region of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Omsk ASC”. - Omsk: Publishing house of Maksheeva E.A. - 2020. - 522 p.