

В.Т. Синеговская, академик РАН, профессор, заслуженный деятель науки РФ
Е.В. Банецкая, научный сотрудник
 Всероссийский научно-исследовательский институт сои
 РФ, 675027, Амурская обл., г. Благовещенск, Игнат'евское шоссе, 19
 E-mail: valsин09@gmail.com

УДК 633.11:631.8:631.445.4:631.524.02

DOI:10.30850/vrsn/2021/3/44-49

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ПОСЕВАХ ПШЕНИЦЫ НА ПОЧВЕННУЮ МИКРОФЛОРУ ЛУГОВОЙ ЧЕРНОЗЕМОВИДНОЙ ПОЧВЫ

Представлены результаты изучения структуры микробных комплексов луговой черноземовидной почвы в динамике по фазам развития пшеницы при действии и последствии удобрений. Исследования проводили в почве длительного стационарного полевого опыта под посевами пшеницы сорта Арюна в 2014, 2016–2018 годах. Выявлено увеличение общей численности микроорганизмов относительно контроля: на 75 % при длительном внесении только азотных удобрений, 40 – азотно-фосфорных, 43 % – азотно-фосфорных совместно с навозом. В луговой черноземовидной почве в условиях длительного системного применения удобрений преобладали бактерии, использующие минеральные источники азота, что свидетельствует о высокой интенсивности минерализационных процессов, которая незначительно снижалась под влиянием удобрений. Пик этих процессов при внесении удобрений был выявлен в фазе выхода в трубку, а при последствии – в фазе кущения пшеницы. Внесение минерального азота в дозе N_{30} способствовало наибольшему суммарному положительному эффекту в системе с длительным применением только азотных удобрений, при этом наибольшая реакция была у аммонифицирующих бактерий и актиномицетов. Установлена тесная корреляционная зависимость между урожайностью и общей численностью микроорганизмов в фазе кущения пшеницы с удобрениями.

Ключевые слова: микробценоз, аммонификаторы азота, иммобилизаторы азота, луговая черноземовидная почва, удобрения, пшеница.

V.T. Sinegovskaya, Academician of the RAS, Professor, Honored Scientist of Russia
E.V. Banetskaya, researcher
 All-Russian Scientific Research Institute of Soybean
 RF, 675027, Amurskaya obl., g. Blagoveshchensk, Ignat'evskoe shosse, 19
 E-mail: valsин09@gmail.com

INFLUENCE OF LONG FERTILIZERS APPLICATION IN A WHEAT SOWINGS ON MEADOW CHERNOZEM-LIKE SOIL'S MICROFLORA

The results of meadow chernozem-like soil a microbial complexes structure studying in dynamics according to the wheat development phases under the influence and after effect of fertilizers are presented. The studies were carried out in the soil of a long-term stationary field experiment under wheat sowings varieties Aryuna in 2014, 2016–2018. An increase in the total number of microorganisms relative to the control was revealed: by 75 % with prolonged application of nitrogen fertilizers only, 40 – nitrogen-phosphorus, 43 % – nitrogen-phosphorus in combine with manure. In the meadow chernozem-like soil under conditions of long-term systemic fertilizers application, bacteria using mineral sources of nitrogen predominated it indicates a high intensity of mineralization processes, which slightly decreased under the fertilizers influence. The peak of these processes during the application of fertilizers was detected in the steam-extention phase, and with aftereffect – in the phase of tillering of wheat. With the mineral nitrogen in a N_{30} dose application the greatest total positive effect was noted in the system with long-term use of nitrogen fertilizers only, while the greatest reaction was in ammonifying bacteria and actinomycetes. A close correlation has been established between the yield and the total number of microorganisms in the phase of tillering of wheat under the action of fertilizers.

Key words: microbocenosis, nitrogen ammonifiers, nitrogen immobilizers, meadow chernozem soil, fertilizers, wheat.

В процессе трансформации органического вещества, поступающего в почву, ведущая роль в агробиологической деятельности принадлежит микроорганизмам. [6, 12] Они не только активно участвуют в формировании плодородия, но и исключительно чутко реагируют на изменения, происходящие в почвенной среде, в том числе и под воздействием антропогенных факторов.

В мировой науке в качестве индикаторов, отражающих уровень биологической активности и экофизиологического состояния микробного сообщества, часто используют показатели численности экологотрофических групп микроорганизмов, а также соотношения между различными микробиологическими параметрами, такими как коэффициент минерализации. [14–16] Следовательно, его можно применять

в качестве контроля над изменениями почвенно-биотического комплекса в результате длительного внесения удобрений в условиях производства. Изучение влияния удобрений на жизнедеятельность полезной микрофлоры, начатое в середине XX века, остается актуальным и в настоящее время. Мнения ученых о характере этого воздействия различны, так как степень развития микроорганизмов зависит от биотических и абиотических факторов. Большинство исследователей отмечали снижение численности микробного пула, участвующего в трансформации азота, при длительном внесении минеральных удобрений. [1, 3, 5, 9] Получены данные о том, что действие и последствие НРК увеличивает активность экологотрофических групп микроорганизмов до 14 раз [2, 7, 13], а также использование органичес-

Таблица 1.

Схема длительного стационарного опыта

Вариант	Внесено удобрений за ротацию	Овес	Соя	Пшеница	Соя	Пшеница
Контроль (без удобрений)	—	—	—	—	—	—
Фон 1	N_{120}	N_{60}	N_{30}	N_{30}	—	—
2	$N_{120} P_{150}$	$N_{60} P_{30}$	$N_{30} P_{60}$	N_{30}	P_{60}	—
3	$N_{120} P_{150}$ + навоз 24т	$N_{60} P_{30}$ + навоз 12 т	$N_{30} P_{60}$	N_{30}	P_{60} + навоз 12 т	—

ких и органо-минеральных удобрений способствует росту общей численности почвенных микроорганизмов и оптимизирует состав и функционирование микробоценоза. [3, 4, 8, 9]

Степень изученности микробоценоза луговых черноземовидных почв недостаточна [10], особенно в условиях длительного систематического применения минеральных удобрений в сочетании с органическими. Необходимы дополнительные исследования.

Цель работы – изучение структуры микробных комплексов луговой черноземовидной почвы в динамике по фазам развития пшеницы при действии и последствии удобрений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В длительном стационарном опыте ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои, заложенном в 1962–1964 годах, исследовали влияние применения минеральных и органических удобрений на численность основных групп почвенных микроорганизмов в слое 0...20 см под посевами пшеницы сорта *Арюна*, идущей третьей и пятой культурой севооборота (табл. 1).

Действие азотных удобрений изучали в 2014, 2016 годах, последствие – 2017, 2018. Повторность вариантов в опыте трехкратная во времени и в пространстве с общей площадью делянки 180 м² при учетной 75 м². Норма высева пшеницы – 6 млн всхожих зерен на 1 га. Из азотных удобрений использовали аммиачную селитру, для борьбы с сорняками применяли гербициды Балерина, СЭ, 0,5 л/га и Магнум, ВДГ, 10 г/га в фазе кушения.

Почва опытного участка луговая черноземовидная маломощная в комплексе со среднemosной. В пахотном слое она характеризуется слабокислой реакцией среды (рН_{вод} 6,1), средней величиной обменной и гидролитической кислотности (соответственно рН_{сол.} 5,1 ед. и 3,82 мг-экв./100 г почвы), повышенной суммой поглощенных оснований (26,2 мг-экв./100 г почвы). В составе поглощенных катионов преобладают ионы кальция. Степень насыщенности основаниями высокая (85...88 %). Почвы этого типа при сравнительно высоком потенциальном плодородии (содержание валовых N – 0,26 %, P₂O₅ – 0,23 %, K₂O – 1,23 %) отличаются низкой концентрацией доступных для питания растений форм азота (N-NO₃ + N-NH₄) и подвижного P₂O₅ – соответственно 25...42 и 28...32 мг/кг почвы, при очень высоком содержании подвижного K₂O (170...240 мг/кг). Погодные условия в годы исследования значительно различались (рис. 1).

Показатели среднемесячных температур, за исключением июня, как правило, превышали средне-многолетние. В 2014 году очень жаркая погода сопровождалась минимальным количеством осадков

(258 мм), наибольшее количество (458 мм) выпало в 2018, при среднемноголетнем значении 355 мм. По температурному режиму 2018 год был умеренно теплым, а осадки в июне и июле превышали многолетнюю норму в 1,7...2,2 раза, что отразилось на росте и развитии растений пшеницы, жизнедеятельности почвенных микроорганизмов. Погодные условия 2016–2017 годов были близки к среднемноголетним показателям для региона.

Диагностику численности микроорганизмов эколого-трофических групп выполняли классическим методом – посевом на агаризованную селективную питательную среду различного состава. Численность организмов-аммонификаторов – деструкторов белка различной природы определяли на мясо-пептонном агаре (МПА), амилолитических микроорганизмов – иммобилизаторов легкодоступного углерода, ассимилирующих минеральные формы азота и актиномицетов, на крахмало-аммиачном агаре (КАА). Количество грибов учитывали на среде Чапека. [11] Эффект воздействия удобрений

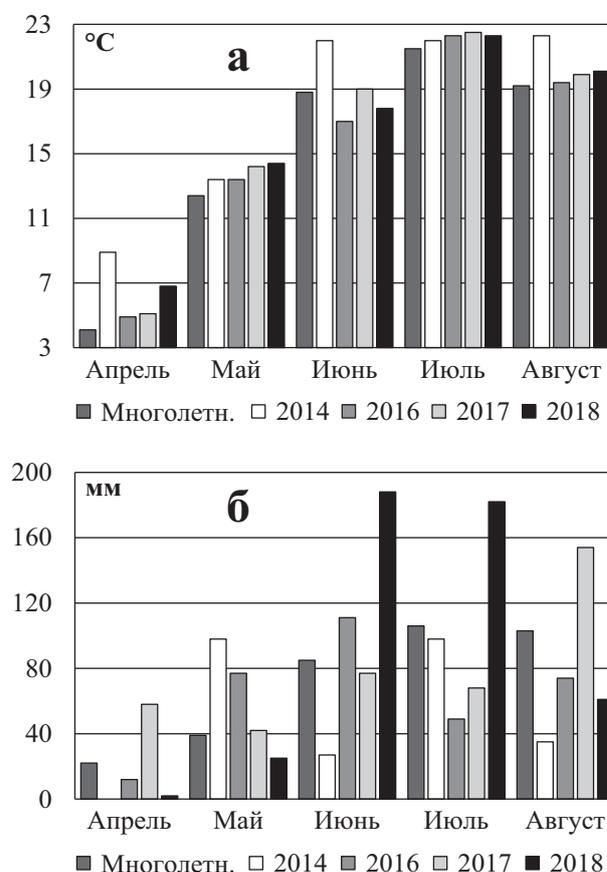


Рис. 1. Среднемесячная температура (а) и количество осадков (б) в годы исследований.

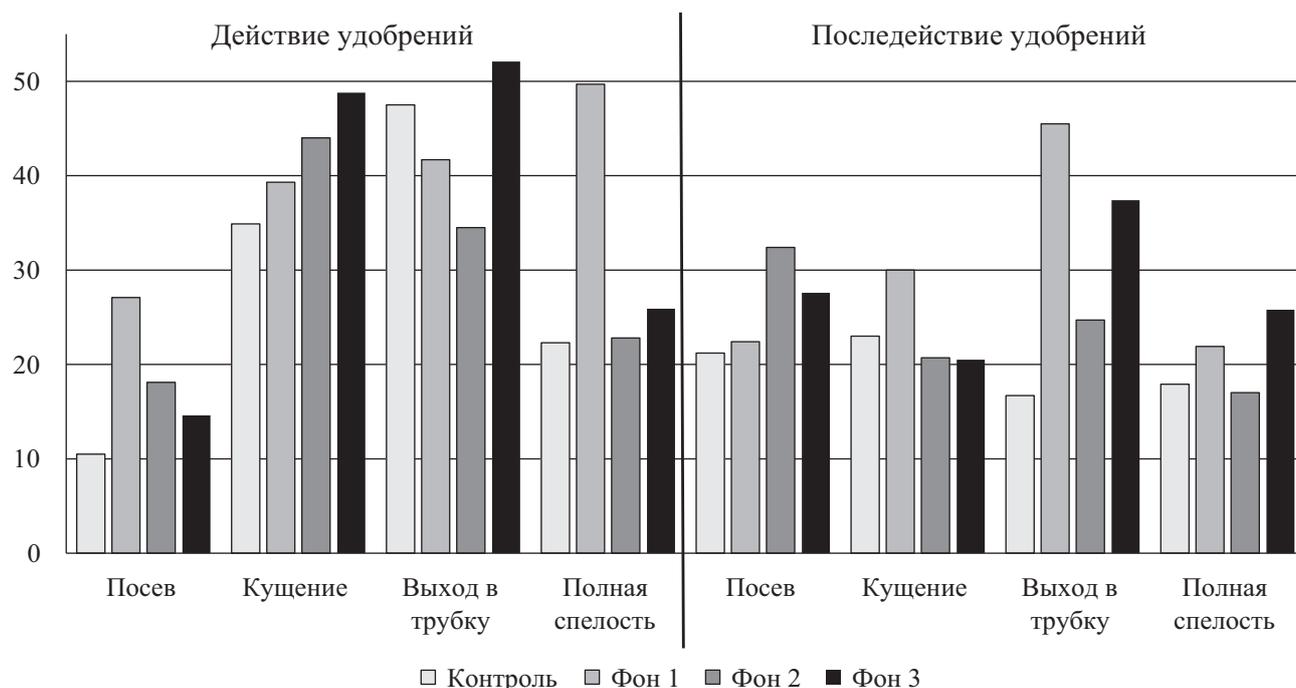


Рис. 2. Общая численность микроорганизмов луговой черноземовидной почвы под посевами пшеницы при внесении удобрений (среднее за 2014 и 2016) и в последствии (среднее за 2017 и 2018), млн КОЕ/1 г почвы.

ний оценивали по изменениям структуры и численности микроорганизмов по сравнению с посевами, где удобрения не использовали (контроль). Для оценки связи между численностью основных групп почвенных микроорганизмов и урожайностью пшеницы рассчитывали коэффициенты корреляции.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Луговая черноземовидная почва характеризуется значительной биогенностью, общая численность микроорганизмов (ОЧМ) в контрольном варианте варьирует от 10,5 млн КОЕ в период посева пшеницы до 47,5 млн КОЕ в фазе выхода в трубку. Длительное применение органоминеральных удобрений в севообороте приводит к значительному росту общего числа микроорганизмов в посевах пшеницы (рис. 2). В среднем увеличение относительно контроля составило: 75 % при длительном внесении только азотных удобрений, 40 – азотно-фосфорных, 43 % – азотно-фосфорных совместно с навозом. Наибольшее их количество отмечено в разные фазы роста и развития пшеницы в годы исследований, что указывает на зависимость от влажности почвы и температурного режима.

Показателем интенсивности почвенных процессов, в частности минерализации, служит соотношение числа амилотических бактерий к протеолитическим (КАА/МПА), которое показывает коэффициент минерализации ($K_{мин}$). Он практически во всех исследуемых случаях превышал единицу, что свидетельствует об интенсивной минерализации органического вещества почвы и высвобождении из него азота (рис. 3).

Пик минерализационных процессов при внесении удобрений был отмечен в фазе выхода в трубку, а в последствии – в фазе кушения. Средний показатель $K_{мин}$ за годы исследования в контроле

составил 3,3, по фонам минеральных удобрений 1,8...2,6, органо-минеральных – на уровне контроля (3,1). Полученные данные выявляют негативное воздействие минеральных удобрений на степень развития бактерий и актиномицетов, минерализующих азот. При внесении минерального азота в небольшой дозе N_{30} отмечен наибольший суммарный положительный эффект в минеральной системе с длительным применением только азотных удобрений (фон 1), при этом наибольшая реакция была у аммонифицирующих бактерий и актиномицетов (табл. 2).

В засушливом 2014 году в фазе выхода в трубку во всех случаях системного использования удобрений существенно сократилась численность микроорганизмов, потребляющих минеральные формы азота. При благоприятных условиях увлажнения (2016) увеличение бактерий на КАА отмечено только на фоне органо-минеральной системы удобрений. В последствии эффект системного воздействия

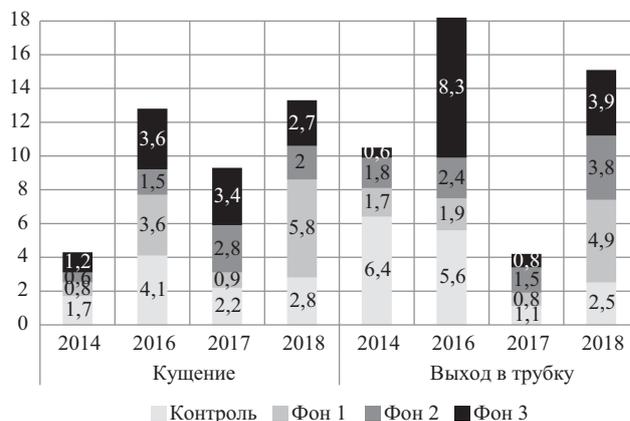


Рис. 3. Коэффициенты минерализации (КАА/МПА), ед.: 2014 и 2016 – действие; 2017 и 2018 – последствие удобрений.

Таблица 2.
Эффект воздействия системного использования удобрений на почвенную микрофлору при внесении N₃₀ под посевы пшеницы

Группа микроорганизмов	Год	Кущение				Выход в трубку			
		Контроль	Фон			Контроль	Фон		
			1	2	3		1	2	3
Бактерии на МПА, млн КОЕ/1 г почвы	2014	13,8	+++	+++	+	9,4	+++	++	+++
	2016	6,3	0	+++	++	3,8	+++	++	+
Микроорганизмы на КАА, млн КОЕ/1 г почвы	2014	23,8	0	-	0	60,5	-	-	-
	2016	25,8	-	-	++	21,2	0	-	++
Актиномицеты, млн КОЕ/1 г почвы	2014	0,67	++	+	0	0,4	+++	++	+
	2016	0,34	+++	++	-	0,4	+++	+	0
Грибы, тыс. КОЕ/1 г почвы	2014	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
	2016	45,9	-	-	-	10,1	+	+	0
Общее количество микроорганизмов, млн КОЕ/1 г почвы	2014	37,6	+	+	+	69,4	-	-	0
	2016	32,1	-	+	++	25,0	+	0	++
Общий эффект	Σ		6+	8+	5+	Σ	12+	4+	7+

Примечание. — — уменьшение на 51...100 %, - на 6...50 %; 0 ± 5 % нет эффекта; + увеличение на 6...50 %, ++ на 51...100 %, +++ более чем на 100 %; н/о — не определяли (то же в табл. 3).

удобрения на структуру почвенного микробиоценоза изменился (табл. 3). Он был отрицательным в фазе кущения пшеницы при длительном внесении одних азотно-фосфорных удобрений (фон 2) и совместно с навозом (фон 3).

Эффект системного использования удобрения значительно возрастает в посевах пшеницы к фазе выхода в трубку. Увеличение более чем на 100 % выявлено на фоне органо-минеральной системы удобрений у иммобилизаторов азота (на КАА) и актиномицетов. Положительное воздействие на численность агрономически полезной микрофлоры установлено во всех случаях использования удобрений в изучаемых нами системах, но наибольший эффект получен только с азотными удобрениями. Непосредственное внесение удобрений под пшеницу стимулирует активное развитие аммонифицирующих бактерий и актиномицетов, которое начинается значительно раньше по сравнению с посевами, где удобрения не применяли.

Влияние погодных условий на почвенную микрофлору, вне зависимости от системного использования удобрений, можно проследить при сравнении

суммарных показателей эффектов воздействия на микроорганизмы по годам. В посевах с минеральным азотом в дозе N₃₀ этот показатель в условиях недостатка влаги и высокой суммы активных температур в вегетационный период 2014 года составил 19+, в теплом умеренно влажном 2016 году — 23+, при отсутствии удобрений в умеренно влажном 2017 — 17+, в условиях переувлажнения почвы 2018 года — 11+. Исследованиями Ю.Л. Чевердина и Л.В. Гармашовой [12] установлено, что наилучшие условия для развития микроорганизмов при влажности почвы 60 % ППВ — влаголюбивые микроорганизмы интенсивно размножаются, если другие условия благоприятствуют их развитию. В наших исследованиях подобные условия были в 2016 и 2017 годах, при этом снижение положительного суммарного эффекта для микроорганизмов в сухой и переувлажненный годы наглядно показало, что лимитирующим фактором для развития микрофлоры могут быть как недостаток влаги, так и ее избыток.

Влияние удобрений на почвенный микробиоценоз невозможно рассматривать без взаимосвязи с урожайностью культуры. Внесение минерального азота

Таблица 3.
Эффект воздействия системного использования удобрения на почвенную микрофлору при последствии удобрений

Группа микроорганизмов	Год	Кущение				Выход в трубку			
		Контроль	Фон			Контроль	Фон		
			1	2	3		1	2	3
Бактерии на МПА, млн КОЕ/1 г почвы	2017	5,9	+++	-	-	3,7	+	0	++
	2018	7,1	-	+	-	7,3	++	+	+
Микроорганизмы на КАА, млн КОЕ/1 г почвы	2017	13,1	-	0	+	4,0	0	+	+
	2018	19,9	++	-	-	18,2	+++	++	+++
Актиномицеты, млн КОЕ/1 г почвы	2017	0,17	++	+	+++	0,07	+	++	+++
	2018	0,54	-	-	-	0,68	+	-	+
Грибы, тыс. КОЕ/1 г почвы	2017	33,1	+	+	0	9,9	-	-	-
	2018	57,1	+	-	-	81,5	-	-	-
Общее количество микроорганизмов, млн КОЕ/1 г почвы	2017	19,0	+	-	0	7,7	+	0	+
	2018	27,0	+	-	-	25,6	+++	++	+++
Общий эффект	Σ		8+	4-	2-	Σ	10+	4+	12+

Таблица 4.
Урожайность пшеницы при внесении
и последствии удобрений по годам, ц/га

Вариант	3-я культура севооборота (внесение N ₃₀)		5-я культура севооборота (последствие удобрений)	
	2014	2016	2017	2018
Контроль	33,4	29,4	32,7	31,0
Фон 1	36,1	33,2	33,5	32,2
2	37,3	37,2	34,2	24,0
3	38,7	38,6	37,8	32,4
НСР05	1,8	3,7	2,5	3,1
Ффакт	18,24	15,39	9,57	4,07
Фкрит	4,76			

Таблица 5.
Коэффициенты корреляции между численностью
эколого-трофических групп микроорганизмов
и урожайностью пшеницы ($r_{\text{крит}} = 0,71$)

Группа микроорганизмов	Действие удобрений			Последствие удобрений		
	кущение	выход в трубку	полная спелость	кущение	выход в трубку	полная спелость
Бактерии на МПА	0,57	0,48	0,12	-0,32	-0,30	-0,35
Микроорганизмы на КАА	0,27	-0,02	0,44	-0,18	-0,34	-0,45
Грибы	-	-	0,40	0,19	-0,50	-0,50
Актиномицеты	0,15	0,09	0,46	0,28	-0,42	0,58
Общее количество микроорганизмов	0,74	0,30	0,22	-0,32	-0,34	-0,42

в дозе N₃₀ непосредственно под пшеницу способствовало получению прибавки урожая (2,7...9,2 ц/га) во всех вариантах опыта в оба года исследований (табл. 4). Последствия удобрений были эффективны только при использовании в органоминеральной системе (фон 3) в погодных условиях 2017 года (прибавка 5,1 ц/га). В переувлажненном 2018 году урожайность по вариантам опыта была на уровне контроля, а на Фон 2 (азотно-фосфорные удобрения) снизилась из-за локального затопления участка.

Значимый коэффициент корреляции – 0,74, при $r_{\text{крит}} = 0,71$, только между урожайностью и общей численностью микроорганизмов в фазе кушения пшеницы при действии удобрений (табл. 5).

В остальных случаях коэффициенты корреляции лишь указывают на прямую связь урожайности с количеством микроорганизмов при действии удобрений и на обратную – при их отсутствии. Величина коэффициентов корреляции между численностью микроорганизмов и урожайностью пшеницы в целом отражает тенденцию степени их влияния на урожайность в зависимости от фазы развития пшеницы: связь с протеолитической микрофлорой сильнее в фазе кушения, а с амилолитической – полной спелости.

Выводы. В посевах пшеницы при ее возделывании на луговой черноземовидной почве при длительном системном применении удобрений преобладают бактерии, использующие минеральные источники азота, что свидетельствует о высокой интенсивности минерализационных процессов в почве, которая

незначительно снижается под влиянием удобрений. Пик минерализационных процессов был выявлен в фазе выхода в трубку при внесении удобрений, а при последствии – уже в фазе кушения пшеницы. Наибольший суммарный положительный эффект на агрономически полезную микрофлору отмечен в посевах с использованием азотных удобрений на фоне их длительного применения. Отмечена тесная корреляционная зависимость между урожайностью и общей численностью микроорганизмов в фазе кушения под действием удобрений. Прибавка урожая (от 2,7 до 9,2 ц/га) получена во всех вариантах опыта при внесении минерального азота в дозе N₃₀ непосредственно под пшеницу. Установлено положительное влияние последствия удобрений на урожайность только при использовании органо-минеральной системы удобрений в благоприятных погодных условиях 2017 года.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Бойко, А.Н. Влияние длительного применения удобрений на соотношение эколого-трофических групп микроорганизмов различных по типу азотного питания / А.Н. Бойко, М.Л. Сидоренко, Р.В. Тимошинов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 9 (167). – С. 40–46.
- Глушень, Е.М. Микробиологическая активность почв как показатель экологического состояния агроценозов / Е.М. Глушень, М.В. Дубойский – Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты. Сб. науч. тр. – Минск, 2018. – С. 448–457.
- Завьялова, Н.Е. Микробиологическое состояние дерново-подзолистой почвы Предуралья при длительном применении органических и минеральных удобрений / Н.Е. Завьялова, И.Г. Широких, В.Р. Ямалтдинова // Теоретическая и прикладная экология. – 2020. – № 1. – С. 151–159.
- Зинченко, М.К. Бактерии азотного обмена как индикаторы процессов трансформации органического вещества в агроландшафтах серой лесной почвы / М.К. Зинченко, Л.Г. Стоянова // Владимирский земледелец. – 2015. – № 2 (72). – С. 8–11.
- Зинченко, М.К. Мониторинг почвенно-биологических процессов в серой лесной почве по микробиологическим и биохимическим показателям / М.К. Зинченко // Владимирский земледелец. – 2020. – № 1 (91). – С. 34–38.
- Круглов, Ю.В. Микробиологическая активность чернозема южного в зависимости от агротехнических приемов в засушливой степи Нижнего Поволжья / Ю.В. Круглов, Ю.Ф. Курдюков, Г.В. Шубитидзе // Аграрный научный журнал. – 2018. – № 1. – С. 20–23.
- Менькина, Е.А. Влияние элементов технологии возделывания на влагообеспеченность и активность эколого-трофических групп микроорганизмов чернозема обыкновенного / Е.А. Менькина // Сельскохозяйственный журнал. – 2019. – № 2 (12). – С. 19–24.
- Мерзлая, Г.Е. Взаимосвязь микробиологических и агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений / Г.Е. Мерзлая, Н.В. Верховцева, О.М. Селиверстова и др. // Проблемы агрохимии и экологии. – 2012. – № 2. – С. 18–25.
- Сычев, В.Г. Биологическая активность почвы и урожайность яровой пшеницы при использовании органических и минеральных удобрений / В.Г. Сычев,

- Г.Е. Мерзлая, С.П. Волошин, И.В. Понкратенкова // Плодородие. – 2016. – № 6. – С. 2–4.
10. Тильба, В.А. О численности микроорганизмов в почве соевых полей / В.А. Тильба // Вопросы численности, биомассы и продуктивности почвенных микроорганизмов. – Л.: Изд-во «Наука», Ленингр. отд., 1972. – С. 236–239.
 11. Титова, В.И. Методы оценки функционирования микробноценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества / В.И. Титова, А.В. Козлов. – Нижний Новгород: Нижегородская гос. с.-х. акад., 2012. – 64 с.
 12. Чевердин, Ю.И. Развитие микроорганизмов, связанных с циклом азота в сезонно переувлажненных почвах / Ю.И. Чевердин, Л.В. Гармашова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 6. – С. 24–28.
 13. Шаповалова, Н.Н. Агротехническое состояние и биологическая активность почвы в последствии длительного применения минеральных удобрений / Н.Н. Шаповалова, Е.А. Менькина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 5 (73). – С. 43–46.
 14. Dell'Amico, E. Assessment of bacterial community structure in a long-term copper-polluted ex-vineyard soil / E. Dell'Amico, M. Mazzocchi, L. Cavalca, L. Allievi, V. Andreoni // Microbiological Research. – 2008. – V. 163. – I. 6. – P. 671–673.
 15. Gill, S.V. Quantitative isolation of biocontrol agents *Trichoderma* spp., *Gliocladium* spp. and actinomycetes from soil with culture media / S.V. Gil, S. Pastor, G.J. March // Microbiological Research. – 2009. – V. 164. – I. 2. – P. 196–205.
 16. Vieira, F.C.S. Comparison of microbial numbers in soils by using various culture media and temperatures / F.C.S. Vieira, E. Nahas // Microbiological Research. – 2005. – V. 160. – I. 2. – P. 197–202.
- LIST OF SOURCES**
1. Bojko, A.N. Vliyaniye dlitel'nogo primeneniya udobrenij na sootnosheniye ekologo-troficheskikh grupp mikroorganizmov razlichnykh po tipu azotnogo pitaniya / A.N. Bojko, M.L. Sidorenko, R.V. Timoshinov // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – № 9 (167). – С. 40–46.
 2. Glushen', E.M. Mikrobiologicheskaya aktivnost' pochvy kak pokazatel' ekologicheskogo sostoyaniya agrocenozov / E.M. Glushen', M.V. Dubojkij – Mikrobye biotekhnologii: fundamental'nye i prikladnye aspekty. Sb. nauch. tr. – Minsk, 2018. – С. 448–457.
 3. Zav'yalova, N.E. Mikrobiologicheskoe sostoyaniye derno-podzolistoj pochvy Predural'ya pri dlitel'nom primeneniі organicheskikh i mineral'nykh udobrenij / N.E. Zav'yalova, I.G. Shirokih, V.R. YAmaltdinova // Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya. – 2020. – № 1. – С. 151–159.
 4. Zinchenko, M.K. Bakterii azotnogo obmena kak indikator processov transformacii organicheskogo veshchestva v agrolandshaftah seroj lesnoj pochvy / M.K. Zinchenko, L.G. Stoyanova // Vladimirskij zemledec. – 2015. – № 2 (72). – С. 8–11.
 5. Zinchenko, M.K. Monitoring pochvenno-biologicheskikh processov v seroj lesnoj pochve po mikrobiologicheskim i biotroficheskim pokazatelyam / M.K. Zinchenko // Vladimirskij zemledec. – 2020. – № 1 (91). – С. 34–38.
 6. Kruglov, Yu.V. Mikrobiologicheskaya aktivnost' chernozema yuzhnogo v zavisimosti ot agrotekhnicheskikh priemov v zasushlivoj stepi Nizhnego Povolzh'ya / Yu.V. Kruglov, Yu.F. Kurdyukov, G.V. Shubitidze // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. – 2018. – № 1. – С. 20–23.
 7. Men'kina, E.A. Vliyaniye elementov tekhnologii vzdelyvaniya na vlogoobespechennost' i aktivnost' ekologo-troficheskikh grupp mikroorganizmov chernozema obyknovennogo / E.A. Men'kina // Sel'skohozyajstvennyj zhurnal. – 2019. – № 2 (12). – С. 19–24.
 8. Merzlaya, G.E. Vzaimosvyaz' mikrobiologicheskikh i agrotroficheskikh pokazatelej derno-podzolistoj pochvy pri dlitel'nom primeneniі udobrenij / G.E. Merzlaya, N.V. Verhovceva, O.M. Seliverstova i dr. // Problemy agrohimii i ekologii. – 2012. – № 2. – С. 18–25.
 9. Sychev, V.G. Biologicheskaya aktivnost' pochvy i urozhajnost' yarovoj pshenicy pri ispol'zovanii organicheskikh i mineral'nykh udobrenij / V.G. Sychev, G.E. Merzlaya, S.P. Voloshin, I.V. Ponkратенкова // Плодородие. – 2016. – № 6. – С. 2–4.
 10. Til'ba, V.A. O chislennosti mikroorganizmov v pochve soevykh polej / V.A. Til'ba // Voprosy chislennosti, biomassy i produktivnosti pochvennykh mikroorganizmov. – Л.: Изд-во «Наука», Ленингр. отд., 1972. – С. 236–239.
 11. Titova, V.I. Metody ocenki funkcionirovaniya mikroboconoza pochvy, uchastvuyushchego v transformacii organicheskogo veshchestva / V.I. Titova, A.V. Kozlov. – Nizhnij Novgorod: Nizhegorodskaya gos. s.-h. akad., 2012. – 64 s.
 12. Cheverdin, Yu.I. Razvitie mikroorganizmov, svyazannykh s ciklom azota v sezonno pereuvlazhnykh pochvakh / Yu.I. Cheverdin, L.V. Garmashova // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2018. – № 6. – С. 24–28.
 13. Shapovalova, N.N. Agrotexnicheskoe sostoyaniye i biologicheskaya aktivnost' pochvy v posledestvii dlitel'nogo primeneniya mineral'nykh udobrenij / N.N. Shapovalova, E.A. Men'kina // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – № 5 (73). – С. 43–46.
 14. Dell'Amico, E. Assessment of bacterial community structure in a long-term copper-polluted ex-vineyard soil / E. Dell'Amico, M. Mazzocchi, L. Cavalca, L. Allievi, V. Andreoni // Microbiological Research. – 2008. – V. 163. – I. 6. – P. 671–673.
 15. Gill, S.V. Quantitative isolation of biocontrol agents *Trichoderma* spp., *Gliocladium* spp. and actinomycetes from soil with culture media / S.V. Gil, S. Pastor, G.J. March // Microbiological Research. – 2009. – V. 164. – I. 2. – P. 196–205.
 16. Vieira, F.C.S. Comparison of microbial numbers in soils by using various culture media and temperatures / F.C.S. Vieira, E. Nahas // Microbiological Research. – 2005. – V. 160. – I. 2. – P. 197–202.