

МИКРОБОЦЕНОЗНЫЙ СОСТАВ ЛУГОВОЙ ЧЕРНОЗЕМОВИДНОЙ ПОЧВЫ В ПОСЕВАХ СОИ И ПШЕНИЦЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ВНЕСЕНИИ УДОБРЕНИЙ

**В.Т. Синеговская, ак. РАН, Е.В. Банецкая, ФГБНУ Федеральный научный центр
«Всероссийский НИИ сои»
675027, Амурская обл., г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, д. 19
e-mail: valsin09@gmail.com**

Исследован микробоценоз луговой черноземовидной почвы в посевах сои и пшеницы при длительном применении удобрений в зависимости от дозы их под культуру и в последствии. Численность функциональных групп микроорганизмов определяли в течение вегетации культур методом посева на твердые питательные среды. Исследованиями микробиологической деятельности в почве установлено, что общая биогенность луговой черноземовидной почвы была выше под посевами пшеницы, чем сои. При этом под соей активнее протекала минерализация, а под пшеницей – трансформация органических остатков в органическое вещество почвы. Азотно-фосфорные удобрения, при их внесении под сою, стимулировали развитие иммобилизаторов азота в фазе образования бобов и снижали численность микромицетов от фазы цветения до фазы образования бобов. Применение азотных удобрений под пшеницу способствовало повышению количества аммонификаторов и иммобилизаторов азота в фазы кущения и выхода в трубку, а их последствие обеспечило относительно стабильное состояние почвенного микробоценоза в посевах пшеницы.

Ключевые слова: микробоценоз, эколого-трофические группы микроорганизмов, луговая черноземовидная почва, удобрения, соя, пшеница, севооборот, предшественник.

Для цитирования: Синеговская В.Т., Банецкая Е.В. Микробоценозный состав луговой черноземовидной почвы в посевах сои и пшеницы при длительном внесении удобрений//Плодородие. – 2022. – №1. – С. 46-49.
DOI: 10.25680/S19948603.2022.124.12.

Микроорганизмы, осуществляя трансформацию растительных остатков и участвуя в формировании структуры почвы, образовании гумуса и его минерализации, играют чрезвычайно важную роль в почвообразовании и сохранении плодородия почвы [1, 3, 7, 15, 16]. При внесении различных видов и доз минеральных и органических удобрений изменяются состав и численность физиологических групп микроорганизмов, что влечет за собой изменение интенсивности и направленности указанных процессов [14]. Это требует изучения микробных сообществ почвы, особенно в условиях длительного применения удобрений в севообороте на луговых черноземовидных почвах, так как в настоящее время данных по этому направлению исследований крайне мало [8, 9].

Цель наших исследований – изучить микробоценоз луговой черноземовидной почвы в посевах сои и пшеницы при разных дозах удобрений на фоне их длительного внесения.

Методика. Изучение микробиологической активности почвы проводили под посевами сои сорта Сентябринка (2-я культура севооборота) с применением азотно-фосфорных удобрений (табл. 1). Микробоценоз в посевах пшеницы сорта Арюна исследовали при прямом внесении азотных удобрений (3-я культура севооборота) и в их последствии (5-я культура севооборота) в длительном стационарном опыте ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои. Опыт заложен в 1962–1964 г. и имеет трехкратную повторность во времени и пространстве, общая площадь делянки 180 м², учетная – 60 м².

Почва опытного участка – луговая черноземовидная маломощная тяжелосуглинистая. Краткая агрохимиче-

ская характеристика пахотного слоя почвы: рН_{вод} 6,1, рН_{сол} 5,1, гидролитическая кислотность – 3,82 мг-экв/100 г почвы, сумма поглощенных оснований – 26,2 мг-экв/100 г почвы, степень насыщенности основаниями – 85–88 %. Почвы этого типа при сравнительно высоких общих показателях плодородия: содержание общего гумуса 4,2 %, валового азота – 0,26, фосфора – 0,23 и калия – 1,23 %, характеризуются низкой концентрацией доступных для питания растений форм минерального азота (25–42 мг/кг почвы) и подвижного фосфора (28–32 мг/кг), при очень высоком содержании подвижного калия (170–240 мг/кг).

1. Схема длительного стационарного опыта

Вариант опыта (условное обозначение)	Внесено удобрений за ротацию, кг д.в./га	Овёс	Соя	Пшеница	Соя	Пшеница
Контроль (б/у)	-	-	-	-	-	-
P	P ₃₀	P ₆₀	P ₆₀	-	-	-
N	N ₁₂₀	N ₆₀	N ₃₀	N ₃₀	-	-
NP	N ₁₂₀ P ₁₅₀	N ₆₀ P ₃₀	N ₃₀ P ₆₀	N ₃₀	P ₆₀	-
NP интенсивный	N ₂₁₀ P ₂₄₀	N ₆₀ P ₆₀	N ₆₀ P ₉₀	N ₆₀ P ₉₀	-	N ₃₀
NP + навоз	N ₁₂₀ P ₁₅₀ + навоз, 24 т/га	N ₆₀ P ₃₀ + Навоз, 12 т/га	N ₃₀ P ₆₀	N ₃₀	P ₆₀ + навоз, 12 т/га	-

Численность функциональных групп микроорганизмов в свежих почвенных образцах, отобранных по фазам развития культур, устанавливали методом посева

на твердые питательные среды по Коху с разведением почвы по Пастеру: аммонификаторы азота – на мясопептонном агаре (МПА), иммобилизаторы азота и актиномицеты – на крахмало-аммиачном агаре (КАА), микроскопические грибы – на среде Чапека [9].

Результаты и их обсуждение. Изучение почвы под посевами сои показало, что наибольшая общая численность микроорганизмов на фоне NP и NP + навоз наблюдалась в фазе образования бобов, в остальных вариантах – в фазе цветения (рис. 1).

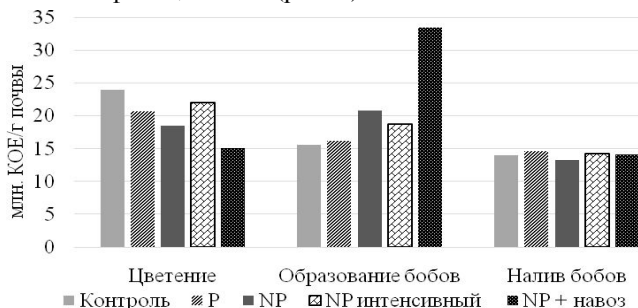


Рис. 1. Общая численность микроорганизмов луговой черноземовидной почвы в посевах сои при действии удобрений (среднее за 2019-2020 г.)

Так как в пахотном слое луговой черноземовидной почвы в микробном ценозе преобладают микроорганизмы, потребляющие минеральные источники азота, изменение динамики общей численности зависит от их количества. В фазе цветения в вариантах со средними дозами удобрений число иммобилизаторов было существенно ниже (на 4,3-9,3 млн КОЕ), чем в контрольном варианте, а при повышенных дозах оставалось на уровне контроля (табл. 2).

Возможно, это связано с усиленным выносом азота растениями сои из почвы, так как в этой фазе соя еще не образовала достаточного количества клубеньков для полного обеспечения себя биологическим азотом [6]. Поэтому между микроорганизмами и растениями происходила конкурентная борьба за элементы питания. К фазе образования бобов конкуренция за минеральный азот снижалась, и численность амиллолитиков возрастала, особенно на фоне длительного применения органо-минеральных удобрений – на 18,9 млн КОЕ/г почвы. Показатель численности аммонификаторов азота во все фазы роста и развития сои был близок к данным контрольного варианта. Увеличение в 1,6 раза отмечено только на фоне повышенных доз азотно-фосфорных удобрений в фазе цветения.

Применение удобрений в дозе P_{60} снизило численность микроскопических грибов в период от фазы цветения до образования бобов на 11–38 %, а использование дозы $N_{30}P_{60}$ – на 24-42 %. Грибы, наряду с бактериями, являются основными разрушителями корнепозжнивных остатков растений [11, 12]. Однако среди них чаще встречаются фитопатогенные виды, поэтому снижение их количества может способствовать улучшению фитосанитарного состояния почвы [13]. При внесении $N_{60}P_{90}$ в указанный период содержание грибов было на уровне контрольного варианта, а к фазе налива бобов превысило его на 9,8 тыс. КОЕ/г почвы. Исследования показывают, что, благодаря большей численности грибов и бактерий, потребляющих органические формы азота, в варианте с длительным применением повышенных доз азотно-фосфорных удобрений к фазе налива бобов формируется больше легкоразлагаемого органического вещества, чем при других системах удобрения.

Плодородие №1•2022

2. Численность эколого-трофических групп почвенных микроорганизмов по фазам развития сои и пшеницы при действии удобрений

Вариант	Аммонификаторы	Иммобилизаторы	Актиномицеты	Грибы, тыс. КОЕ/г почвы	$K_{мин}$	K_T
млн КОЕ/г почвы						
<i>Соя, среднее за 2019, 2020 г.</i>						
<i>Цветение</i>						
Контроль (б/у)	3,0	21,0	0,22	43,7	7,0	3,5
P	3,9	16,7*	0,33	39,1	4,5	5,0
NP	4,0	14,5*	0,16	25,2*	3,7	5,0
NP интенсивный	4,7*	17,3	0,25	33,8	3,6	6,1
NP + навоз	3,4	11,7*	0,16	26,1*	3,5	4,4
HCP ₀₅	1,1	4,2	0,22	11,6		
<i>Образование бобов</i>						
Контроль (б/у)	4,2	11,4	0,10	27,9	2,8	6,0
P	4,1	12,0	0,06	17,4*	2,9	5,7
NP	3,1	17,7	0,15	28,3	5,5	3,8
NP интенсивный	4,4	14,3	0,21	24,8	3,2	5,9
NP + навоз	3,1	30,3*	0,21	21,3*	9,9	3,7
HCP ₀₅	1,4	9,1	0,14	6,3		
<i>Налив бобов</i>						
Контроль (б/у)	3,2	10,8	0,10	26,5	3,6	4,3
P	4,2	10,4	0,12	22,2	2,7	5,9
NP	4,5	8,8	0,10	19,4	2,1	7,3
NP интенсивный	4,4	9,8	0,10	36,3*	2,5	6,5
NP + навоз	4,1	10,0	0,14	30,5	2,5	6,0
HCP ₀₅	1,2	2,4	0,14	8,5		
<i>Пшеница, среднее за 2014, 2016, 2021 г.</i>						
<i>До посева и внесения удобрений</i>						
Контроль (б/у)	3,0	5,3	0,16	32,3	1,9	5,1
N + N ₃₀	5,0*	13,6*	0,77	44,4*	2,9	7,2
NP + N ₃₀	7,2*	15,1*	0,79	43,7*	2,1	10,4
NP + навоз + N ₃₀	6,6*	12,1*	0,61	52,8*	2,1	9,8
HCP ₀₅	1,8	5,5	0,67	8,8		
<i>Кущение</i>						
Контроль (б/у)	8,0	18,9	0,40	106,2	2,7	12,0
N + N ₃₀	13,5*	24,2	0,72	44,4*	2,8	26,4
NP + N ₃₀	18,2*	28,2	0,67	46,2*	2,1	41,0
NP + навоз + N ₃₀	11,9	23,8	0,40	28,0*	2,2	20,3
HCP ₀₅	4,2	9,8	0,31	21,1		
<i>Выход в трубку</i>						
Контроль (б/у)	7,5	33,1	0,33	19,2	4,8	9,5
N + N ₃₀	11,3	28,5	0,76*	36,2*	2,9	18,1
NP + N ₃₀	8,8	19,8	0,48	31,7*	2,2	14,1
NP + навоз + N ₃₀	13,6	24,7	0,45	28,8*	1,8	35,7
HCP ₀₅	6,0	10,8	0,29	7,9		
<i>Полная спелость</i>						
Контроль (б/у)	6,4	12,0	0,51	38,9	2,2	9,9
N + N ₃₀	22,7*	15,0	0,69	58,0	1,7	90,9
NP + N ₃₀	6,2	16,1	0,73	48,7	2,7	9,0
NP + навоз + N ₃₀	7,1	23,8*	0,88	46,3	3,2	11,2
HCP ₀₅	9,4	8,3	0,33	26,2		

*Существенные различия по сравнению с контролем, достоверные на 95 %-ном уровне.

Примечание. $K_{мин}$ – коэффициент минерализации, K_T – коэффициент трансформации органических остатков.

В течение вегетации сои высокое значение коэффициента минерализации ($K_{мин}$) отмечено в почве независимо от дозы удобрения. При этом коэффициенты трансформации органических остатков [$K_T = (МПА+КАА) \times МПА/КАА$] не слишком высоки и зачастую ниже $K_{мин}$. Некоторые авторы считают, что близкие к 1 показатели коэффициента минерализации и высокие коэффициенты трансформации свидетельствуют о сбалансированности процессов микробиологической минерализации и синтеза

органического вещества [4]. В нашем исследовании наблюдалось превалирование минерализационных процессов, причем в фазе образования бобов при внесении удобрений они усиливались, а в фазы цветения и налива бобов снижались относительно контроля.

В результате исследования в посевах пшеницы отмечено увеличение общей численности микроорганизмов при внесении N_{30} по сравнению с необогащенными посе-

вами (рис. 2). Это свидетельствует о том, что азот удобрений, помимо поступления в растения, является питательным субстратом и для почвенной микрофлоры. По литературным данным [2, 5], потребленный микроорганизмами азот удобрений поступает в биологически закрепленный азотный фонд почвы и после минерализации отмершей микробной массы вновь становится доступным для питания растений.

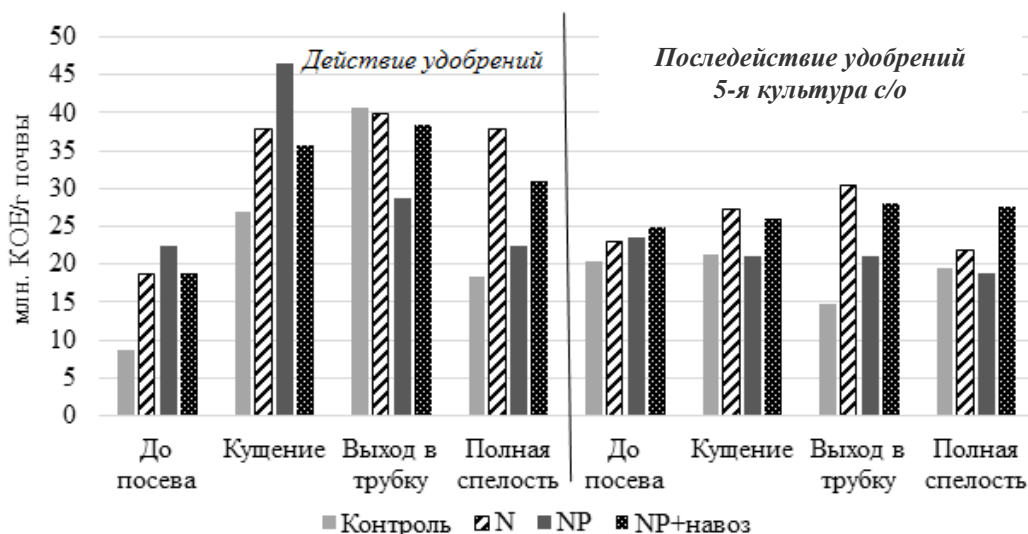


Рис. 2. Общая численность микроорганизмов луговой черноземовидной почвы в посевах пшеницы при действии (среднее за 2014, 2016, 2021 г.) и последействии (среднее за 2017, 2018, 2021 г.) удобрений

Динамика численности разных групп микроорганизмов по фазам развития пшеницы в среднем за 3 года показала возрастание микробиологической активности в фазы кушения и выхода в трубку при применении удобрений (табл. 3).

Относительно стабильное состояние микробоценоза наблюдалось при последействии удобрений. Увеличение бактерий, грибов и актиномицетов отмечено весной в

почве после возделывания сои, в вариантах, где под сою вносили разные дозы минеральных и органических удобрений. В фазе кушения количество аммонификаторов было выше на 49-128 % в вариантах с действием удобрений и на 4-39 % с их последействием, чем на контроле. В фазе выхода в трубку этот показатель превышал контроль на 17-81% при внесении удобрений под культуру и на 27-33 % – под предшественник.

3. Численность эколого-трофических групп почвенных микроорганизмов по фазам развития пшеницы при последействии удобрений (среднее за 2017, 2018, 2021 г.)

Вариант	Аммонификаторы	Иммобилизаторы	Актиномицеты	Грибы, тыс. КОЕ/г почвы	К _{мин}	К _г
	млн КОЕ/г почвы					
До посева						
Контроль	7,0	13,4	0,39	44,2	2,1	10,7
N	7,9	14,9	0,20	43,8	1,9	12,3
NP	9,6	14,0	0,32	47,0	1,4	13,9
NP+навоз	8,2	16,5	0,34	44,0	2,0	12,4
HCP ₀₅	2,7	6,3	0,20	28,2		
Кущение						
Контроль	5,6	15,6	0,29	43,1	2,9	7,6
N	7,8	19,2	0,39	55,4	3,0	13,9
NP	5,6	15,4	0,20	40,0	3,0	7,7
NP+навоз	5,8	20,1	0,48	65,0	3,5	7,4
HCP ₀₅	2,7	8,3	0,22	30,0		
Выход в трубку						
Контроль	4,9	9,9	0,23	40,6	2,0	7,9
N	6,5	23,7*	0,29	26,4	3,2	10,0
NP	4,8	16,3	0,26	33,6	3,3	6,9
NP+навоз	6,2	21,8*	0,43	35,4	3,3	9,8
HCP ₀₅	2,0	8,2	0,16	20,2		
Полная спелость						
Контроль	4,9	14,6	0,55	42,4	3,0	7,0
N	6,7	15,0	0,35	54,9	3,5	11,1
NP	4,7	14,1	0,28	50,3	3,4	6,6
NP+навоз	7,8*	19,7	0,43	51,6	3,0	11,5
HCP ₀₅	2,3	8,4	0,23	20,1		

*Существенные различия по сравнению с контролем, достоверные на 95 %-ном уровне.

Численность иммобилизаторов азота имела схожую динамику, за исключением фазы выхода в трубку при внесении азотных удобрений (3-я культура севооборота). Исходя из того, что максимальное количество микроорганизмов, потребляющих минеральные формы азота, на контроле отмечено в фазе трубкования, можно предположить, что применение азотных удобрений способствует ускорению роста численности иммобилизаторов в более ранние фазы.

Численность микроскопических грибов при внесении N_{30} , в посевах как сои, так и пшеницы, в фазе кушения снижалась на 60,0–78,2 тыс. КОЕ/г почвы, но уже в фазе выхода в трубку ингибирующее действие исчезало и наблюдалось увеличение их количества на 9,6–17,0 тыс. КОЕ/г почвы. В посевах пшеницы, идущей 5-й культурой севооборота, существенных изменений по содержанию микромицетов не выявлено.

Анализ показателей коэффициентов минерализации ($K_{мин}$) и трансформации органических соединений (K_T) в контрольных вариантах выявил, что минерализационные процессы в посевах пшеницы протекали слабее, а процессы синтеза органического вещества – сильнее, чем в почве под соей. В течение вегетации пшеницы в вариантах с длительным применением удобрений интенсивность трансформации растительных остатков увеличилась относительно контроля. Причем при прямом их действии в большей степени ($K_T = 9,0–90,9$), чем в последствии ($K_T = 6,6–13,9$).

Выводы. 1. Общая численность микроорганизмов в почве под посевами пшеницы в среднем за вегетацию на 9 % выше, чем под посевами сои.

2. Внесение азотно-фосфорных удобрений снижало численность микроскопических грибов в посевах сои от фазы цветения до фазы образования бобов и повышало количество иммобилизаторов в фазе образования бобов.

3. В посевах пшеницы применение азотных удобрений существенно повышало содержание в почве всех эколого-трофических групп микроорганизмов в течение вегетации культуры, особенно в период кушения–выхода в трубку, в вариантах с последствием удобрений отмечена лишь тенденция к повышению.

4. В луговой черноземовидной почве под посевами сои активнее протекала минерализация, а под пшеницей

– трансформация органических остатков в органическое вещество почвы.

Литература

1. Андронов Е.Е., Иванова Е.А., Перишина Е.В. и др. Анализ показателей почвенного микробиома в процессах, связанных с почвообразованием, трансформацией органического вещества и тонкой регуляцией вегетационных процессов // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2015. – № 80. – С. 83–94.
2. Берестецкий О.А., Возняковская Ю.М., Доросинский Л.М. и др. Биологические основы плодородия почвы. – М.: Колос, 1984. – 287 с.
3. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.Л., Зенова Г.М. Биология почв. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 445 с.
4. Зинченко М.К. Мониторинг почвенно-биологических процессов в серой лесной почве по микробиологическим и биохимическим показателям // Владимирский земледелец. – 2020. – № 1(91). – С. 34–39.
5. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и плодородие почвы. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 247 с.
6. Синеговская В.Т., Ануфриева И.В., Урюпина А.А. Влияние обеспеченности растений минеральным азотом на развитие симбиотического аппарата и урожайность сои // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. – № 6. – С. 28–32.
7. Соколова Т.А. Роль почвенной биоты в процессе выветривания минералов // Почвоведение. – 2011. – № 1. – С. 64–81.
8. Степкина Р.Н. Эффективность систематического применения удобрений в севообороте на лугово-черноземовидных почвах Приамурья. – Благовещенск: ДальГАУ, 2001. – 146 с.
9. Тильба В.А. О численности микроорганизмов в почве соевых полей // Сб. науч. тр. Вопросы численности, биомассы и продуктивности почвенных микроорганизмов. – Л.: Наука, 1972. – С. 236–239.
10. Титова В.И., Козлов А.В. Методы учета численности и биомассы микроорганизмов почвы. – Нижний Новгород: Изд-во НГСХА, 2011. – 40 с.
11. Фрунзе Н.И. Биомасса почвенных микроорганизмов в пахотных черноземах Молдовы // Сельскохозяйственная микробиология. – 2013. – № 3. – С. 92–99.
12. Щур А.В., Валько В.П., Виноградов Д.В. Влияние способов обработки почвы и внесения удобрений на численность и состав микроорганизмов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 3. – С. 41–44.
13. Ямалиева А.М., Замятин С.А., Максуткин С.А. Роль удобрений в формировании почвенной микрофлоры при возделывании озимой пшеницы // Вестник Марийского государственного университета. – 2016. – Т. 2. – № 2 (6). – С. 61–64.
14. Chu H., Lin X., Fujii T., et al. Soil microbial biomass, dehydrogenase activity, bacterial community structure in response to long-term fertilizer management // Soil Biology & Biochemistry. – 2007. – V. 39. – P. 2971–2976.
15. Condon L., Stark C., O'Callaghan M. et al. The role of microbial communities in the formation and decomposition of soil organic matter // Soil Microbiology and Sustainable Crop Production. – 2010. – P. 81–117.
16. Schulz S., Brankatschk R., Dumig A., et al. The role of microorganisms at different stages of ecosystem development for soil formation // Biogeosciences. – 2013. – V. 10. – P. 3983–3996.

MICROBIOCENOSIS COMPOSITION OF MEADOW CHERNOZEM-LIKE SOIL IN SOYBEAN AND WHEAT CROPS WITH LONG-TERM APPLICATION OF FERTILIZERS

V.T. Sinegovskaya, Chief Scientific Officer, Academician of the Russian Academy of Sciences,
 Doctor of Agricultural Sciences, Professor
 E.V. Banetskaya, research associate
 FSBSI FRC «All-Russian Scientific Research Institute of Soybean»
 675027, Russia, Amur region, Blagoveshchensk, Ignatievskoe shosse, 19
 e-mail: valsini09@gmail.com

The microbocenosis of meadow chernozem-like soil in soybeans and wheat was investigated with prolonged use of fertilizers, depending on the dose of their application under the crop and in the aftereffect. The number of functional groups of microorganisms was determined during the growing season of crops by sowing on solid nutrient media. Studies of microbiological activity in the soil established that the total biogenicity of meadow chernozem-like soil was higher under wheat than soybeans, while mineralization proceeded more actively under soybeans, and under wheat – the transformation of organic residues into soil organic matter. Nitrogen-phosphorus fertilizers, when applied under soybeans, stimulated the development of nitrogen immobilizers in the phase of bean formation and reduced the number of micromycetes in the phases of flowering and bean formation. The use of nitrogen fertilizers for wheat contributed to an increase in the amount of ammonifiers and immobilizers of nitrogen during the tillering and stemming phases, and their aftereffect ensured a relatively stable state of the soil microbial community in wheat crops.

Key words: microbocenosis, ecological-trophic groups of microorganisms, meadow chernozem-like soil, fertilizers, soybeans, wheat, crop rotation, predecessor.