

УДК 631.8 : 631.46 : 631

## ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО

*Н.Н. Шулико, О.Ф. Хамова, к.б.н., Е.В. Падерина, к.с.-х.н., Е.В. Тукмачева, к.б.н., СибНИИСХ*

В условиях длительного стационарного опыта (25 лет) установлено положительное влияние систематического применения минеральных удобрений и соломы в сочетании с инокуляцией семян ассоциативными азотфиксаторами на численность микроорганизмов и нитрификационную способность чернозема выщелоченного под ячменем.

**Ключевые слова:** минеральные удобрения, солома, инокуляция, численность микроорганизмов, нитрификационная способность, чернозем, ризосфера, ячмень.

Почвенная микрофлора определяет интенсивность и направленность мобилизационных биологических процессов в почве, накопление и обеспеченность её элементами питания. Применение минеральных удобрений в умеренных дозах в целом положительно влияет на численность и активность почвенной микрофлоры, улучшая питание микроорганизмов и возделываемых растений. После уборки культур остается дополнительное количество растительных остатков и соломы, перерабатываемых различными группами микроорганизмов. Эффективность удобрения соломой заметно возрастает при дополнительном внесении азота. По данным СибНИИСХ, в южной лесостепи и степной зоне прибавка урожая пшеницы достигала от мульчирования соломой и внесения азота в дозе 10 кг на 1 т соломы 3,0 ц/га. Ежегодные поступления с соломой в почву могут составлять около 200 тыс. т азота, фосфора и калия [3, 7].

Приемом, способствующим увеличению в почве доступного азота, является бактериализация семян злаковых культур биопрепаратами на основе штаммов ассоциативных азотфиксаторов.

По результатам исследований в условиях юга Западной Сибири и Алтая, инокуляция семян зерновых ассоциативными диазотрофами стимулирует рост культуры, усиливает устойчивость к фитопатогенам, экологическим стрессовым ситуациям, дает прибавку урожая зерна до 0,31 т/га, повышает долю биологического азота в питании растений [2, 6].

Цель исследований - оценить влияние длительного (25 лет) применения минеральных удобрений и соломы в сочетании с бактериализацией семян на биологическую активность, плодородие чернозема выщелоченного и дать экологическую оценку изучаемым агроприемам.

**Методика.** Исследования проводили в 2012-2013 гг. под ячменем – заключительной культурой пятипольного зернопарового севооборота: 1 - пар чистый; 2 – пшеница; 3 – соя; 4 – пшеница; 5 – ячмень в условиях многофакторного стационарного опыта закладки 1989 г. Почва – чернозем выщелоченный среднемогучий среднегумусовый тяжелосуглинистый, сумма поглощенных оснований 26-32 мг-экв/100 г, рН почвенного раствора – нейтральная.

Схема опыта: 1.  $У_0C_0И_0$ ; 2.  $У_0C_1И_0$ ; 3.  $У_0C_0И_1$ ; 4.

$У_0C_1И_1$ ; 5.  $У_1C_0И_0$ ; 6.  $У_1C_1И_0$ ; 7.  $У_1C_0И_1$ ; 8.  $У_1C_1И_1$ .

Фактор А – внесение минеральных удобрений:  $У_0$  – без удобрений (контроль);  $У_1$  –  $N_{30}P_{54}K_{18}$ . За ротацию севооборота вносят  $N_{150}P_{270}K_{90}$  кг д.в/га. Фактор В – солома:  $C_0$  – без применения соломы;  $C_1$  – внесение соломы (вносят систематически при уборке каждой культуры севооборота в количестве, соответствующем её урожаю на фоне питания). Фактор С – бактериальные удобрения:  $И_0$  – без инокуляции,  $И_1$  – инокуляция семян ячменя биопрепаратом ризоагрин (производство ВНИИСХМ на основе штамма *Agrobacterium radiobacter*, штамм 204). Сорт ячменя Омский 95. Площадь делянки – 40 м<sup>2</sup>. Образцы почвы на микробиологический анализ отбирали в течение вегетации, по фазам развития растений – кущение, колошение, налив зерна.

В свежих образцах почвы (слой 0-20 см) учитывали численность микроорганизмов на твердых питательных средах согласно общепринятым методам [5]. Общее количество микроорганизмов – условная суммарная величина всех определяемых групп в млн КОЕ/г абсолютно сухой почвы. Нитрификационную способность почвы определяли по Кравкову с инкубацией 21 день, азот нитратов - по Грандваль-Ляжу [1].

Погодные условия в период исследований были различны. Вегетационный период 2012 г. характеризовался как засушливый, ГТК за май – август составил 0,69. Острозасушливым был июль с суммой осадков 8 мм при норме 67 мм. В 2013 г. лето было прохладным (недобор тепла за май – август составил 0,4<sup>0</sup>С), с количеством осадков 218 мм при норме 197 мм, ГТК - 1,11.

**Результаты и их обсуждение.** Продуктивность сельскохозяйственных культур, эффективность удобрений, численность и активность различных групп почвенных микроорганизмов в значительной степени зависят от содержания элементов питания и влагообеспеченности почвы.

Увеличение влажности почвы оказывает стимулирующее действие на бактерии, наоборот, снижение влажности приводит к уменьшению их количества.

Исследования показали, что в 2012 г. применение минеральных удобрений положительно влияло на общее количество определяемых микроорганизмов, как отдельно, так и в сочетании с соломой (табл. 1).

Вегетационный период 2012 г. в целом характеризовался как засушливый. Возможно этим объясняется отсутствие существенных различий по факторам внесения соломы и инокуляции семян ячменя.

Острозасушливые условия июля 2012 г. негативно повлияли на численность почвенной микрофлоры. В

фазе колошения по сравнению с июньским сроком отбора проб (фаза кущения) проявилась тенденция к снижению аммонифицирующих бактерий на МПА до 45%, фосфатмобилизующих в 3-5 и более раз, нитрификаторов и грибов – более, чем в 2 раза.

На удобренном фоне в фазе кущения количество определяемых микроорганизмов превышало контроль без внесения удобрений почти на 60,0%. В период засухи, в июле, различия в численности бактерий между фонами несколько сгладились. В то же время количество грибов на удобренном фоне возросло в сравнении с контролем в 2-3 раза, что свидетельствует об их большей устойчивости к неблагоприятным условиям.

В начале августа (налив зерна) наблюдалось увеличение численности определяемых групп микроорганизмов, что связано с выпадением осадков (94% к норме) и поступлением в почву дополнительных источников питания для микроорганизмов в виде корневого и листового опада, корневых выделений растений и т.д. В вариантах с применением соломы и минеральных удобрений численность грибов

увеличилась в 2-3 раза по сравнению с предыдущим сроком отбора проб, так как улучшились условия минерализации органических остатков (табл. 2).

**1. Влияние применения минеральных удобрений, соломы и инокуляции семян ризоагрином на общую численность микроорганизмов под ячменем (в среднем за вегетацию 2012 г., слой 0-20 см)**

Общее количество микроорганизмов, млн КОЕ/г						
Фактор влияния			Среднее из трех определений	Среднее по фактору		
Удобрение (А)	Солома (В)	Инокуляция (С)		А	В	С
Без удобрений У <sub>0</sub>	С <sub>0</sub>	И <sub>0</sub>	231,3	227,3	268,2	292,1
		И <sub>1</sub>	221,5			
	С <sub>1</sub>	И <sub>0</sub>	232,4			
		И <sub>1</sub>	223,8			
N <sub>30</sub> P <sub>54</sub> K <sub>18</sub> У <sub>1</sub>	С <sub>0</sub>	И <sub>0</sub>	334,9	319,8	278,9	255,0
		И <sub>1</sub>	285,0			
	С <sub>1</sub>	И <sub>0</sub>	369,6			
		И <sub>1</sub>	289,6			
НСР <sub>05</sub>				61,1	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>	

**2. Численность микроорганизмов под посевом ячменя в зависимости от применения минеральных удобрений, внесения соломы и инокуляции, слой 0-20 см, 2012 г.**

Вариант опыта	Бактерии на МПА, млн КОЕ/г			Микроорганизмы на КАА, млн КОЕ/г			Олигонитрофилы, млн КОЕ/г			Нитрификаторы, тыс. КОЕ/г			Грибы, тыс. КОЕ/г		
	кущение	колошение	налив зерна	кущение	колошение	налив зерна	кущение	колошение	налив зерна	кущение	колошение	налив зерна	кущение	колошение	налив зерна
У <sub>0</sub> С <sub>0</sub> И <sub>0</sub>	35,9	25,7	25,8	26,9	40,2	29,1	77,5	76,2	123,2	0,56	0,15	2,55	56,6	27,5	92,4
У <sub>0</sub> С <sub>1</sub> И <sub>0</sub>	40,2	22,0	50,6	26,4	20,8	54,1	74,0	44,2	144,5	0,58	0,15	1,27	31,3	19,6	24,2
У <sub>0</sub> С <sub>0</sub> И <sub>1</sub>	42,9	24,5	29,3	33,4	26,1	32,0	77,4	47,7	127,2	0,51	0,26	1,46	41,5	19,8	55,3
У <sub>0</sub> С <sub>1</sub> И <sub>1</sub>	43,0	28,8	35,6	43,0	31,5	34,6	103,2	59,1	85,5	0,47	0,2	1,55	44,8	21,9	39,1
У <sub>1</sub> С <sub>0</sub> И <sub>0</sub>	61,1	26,6	31,3	47,6	32,5	34,6	176,5	45,0	172,1	0,64	0,14	2,62	53,0	76,0	63,0
У <sub>1</sub> С <sub>1</sub> И <sub>0</sub>	49,8	30,4	43,6	37,1	37,6	42,7	206,9	64,0	182,3	0,65	0,33	1,95	33,3	37,6	71,0
У <sub>1</sub> С <sub>0</sub> И <sub>1</sub>	36,8	27,0	39,5	35,0	30,6	40,1	106,3	54,9	153,2	0,65	0,29	2,07	30,5	58,9	69,3
У <sub>1</sub> С <sub>1</sub> И <sub>1</sub>	47,3	29,8	38,5	56,3	37,0	42,5	154,8	71,7	106,3	0,75	0,17	1,09	73,5	40,9	139,8
НСР <sub>05</sub>	5,9			7,5			27,7			0,3			17,9		

Численность автотрофных нитрификаторов в августе 2012 г. увеличилась в контрольном варианте в 17 раз, в варианте с внесением удобрений в 18,7 раза по сравнению с предыдущим сроком отбора. Количество олигонитрофилов возросло в августе по сравнению с июльским сроком определения в контрольном варианте в 1,4-3,2 раза, при внесении удобрений в 1,5-3,8 раза. Высокая численность олигонитрофилов свидетельствует о нехватке азота растениям для продукционного процесса [4]. Такая ситуация действительно сложилась в почве под растениями ячменя в конце вегетационного периода.

Таким образом, динамика численности микроорганизмов по фазам развития растений отражает изменяющееся во времени действие удобрений, растительных остатков и увлажнение почвы.

В 2013 г., вегетационный период которого характеризовался выпадением осадков выше нормы на 10%, общее количество микроорганизмов в среднем за вегетацию ячменя превышало контроль 2012 г. в 2 раза, удобренный фон - в 1,4 раза, составляя 366-560 млн КОЕ/г. При использовании соломы в качестве удобрения в 2013 г. наблюдалась тенденция к росту общей численности микроорганизмов до 52% к варианту без соломы. Инокуляция семян ячменя ассоциативными диазотрофами практически не влияла

на численность бактерий в сравнении с контролем.

В этой связи наряду с исследованиями почвы междурядий анализировали также почву ризосферы ячменя.

В среднем за годы исследований наибольшее достоверное влияние на общую численность микроорганизмов в ризосфере из трех изучаемых факторов оказало применение минеральных удобрений (табл. 3).

**3. Общая численность микроорганизмов ризосферы ячменя, млн КОЕ/г**

Фактор влияния			Среднее по фактору					
Удобрение (А)	Солома (В)	Инокуляция (С)	2012 г.	2013 г.	Среднее	Среднее по фактору		
						А	В	С
Без удобрений У <sub>0</sub>	С <sub>0</sub>	И <sub>0</sub>	272,6	354,4	313,5	319,2	412,2	399,6
		И <sub>1</sub>	398,6	384,9	391,8			
	С <sub>1</sub>	И <sub>0</sub>	205,2	315,1	260,2			
		И <sub>1</sub>	318,0	305,1	311,6			
N <sub>30</sub> P <sub>54</sub> K <sub>18</sub> У <sub>1</sub>	С <sub>0</sub>	И <sub>0</sub>	335,4	682,4	508,9	462,7	369,7	382,4
		И <sub>1</sub>	513,9	355,6	434,8			
	С <sub>1</sub>	И <sub>0</sub>	380,5	650,9	515,7			
		И <sub>1</sub>	376,3	406,5	391,4			
НСР <sub>05</sub>						136,3	F <sub>ф</sub> <F <sub>05</sub>	

Итогом деятельности почвенной микрофлоры является накопление в почве подвижных элементов питания для растений, в частности, азота нитратов.

В условиях засухи 2012 г. количество нитратного азота в почве в период кущения ячменя было повышенным, а на удобренном фоне – высоким, так как в жаркую и сухую погоду потребление его растениями снижается. При достаточном увлажнении в 2013 г. содержание азота нитратов в период кущения ячменя было низким, на удобренном фоне – средним, уменьшаясь в период налива зерна до следов.

Количество азота нитратов, мобилизуемое в благоприятных условиях температуры и влажности почвы (нитрификационная способность), в 2013 г. было наиболее высоким в период колошения ячменя и на фоне удобрений превышало контроль на 25%. Внесение соломы повышало накопление азота в благоприятных условиях на 8-11 мг/кг азота нитратов (табл. 4).

**4. Нитрификационная способность почвы в зависимости от применения удобрений и инокуляции семян ячменя, мг/кг N-NO<sub>3</sub>, 2013 г.**

Вариант опыта	Исходное содержание N-NO <sub>3</sub>			Нитрификационная способность			
	июнь	июль	август	июнь	июль	август	в среднем за вегетацию
У <sub>0</sub> С <sub>0</sub> И <sub>0</sub>	5,8	2,2	1,4	15,2	22,9	20,6	19,6
У <sub>0</sub> С <sub>0</sub> И <sub>1</sub>	10,6	5,7	следы	23,7	35,4	13,2	24,1
У <sub>0</sub> С <sub>1</sub> И <sub>0</sub>	8,8	2,5	0,2	24,7	30,9	19,7	25,1
У <sub>0</sub> С <sub>1</sub> И <sub>1</sub>	8,2	3,2	следы	18,6	22,6	15,5	18,9
Среднее У <sub>0</sub>	8,4	3,4	0,4	20,6	28,0	17,3	21,9
У <sub>1</sub> С <sub>0</sub> И <sub>0</sub>	13,2	7,5	0,4	28,0	36,0	18,6	27,6
У <sub>1</sub> С <sub>0</sub> И <sub>1</sub>	8,7	7,7	следы	29,2	31,6	12,3	24,3
У <sub>1</sub> С <sub>1</sub> И <sub>0</sub>	11,4	5,4	0,5	38,2	43,6	16,3	32,7
У <sub>1</sub> С <sub>1</sub> И <sub>1</sub>	8,3	5,5	следы	22,0	28,9	13,5	21,5
Среднее У <sub>1</sub>	10,4	6,5	0,2	29,4	35,0	15,2	26,5

Таким образом, установлено положительное влияние факторов длительного применения минеральных удобрений и внесения соломы на численность агрономически важных групп микроорганизмов. Наибольшее влияние минеральных удобрений на численность микроорганизмов отмечено в ризосфере ячменя. Увлажнение почвы в течение вегетационного периода стимулировало рост численности микроорганизмов.

Нитрификационная способность почвы была наиболее высокой в период колошения ячменя и на удобренном фоне превышала контроль на 25%.

**Литература**

1. *Аринушкина, Е.В.* Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: МГУ, 1970. – 325 с. 2. *Воронкова, Н.А.* Биологические ресурсы сохранения плодородия черноземов и повышения продуктивности агроценозов в южной лесостепи Западной Сибири. – Автореф. дис... д.с.-х. наук: 06.01.04 / Воронкова Н.А. – Омск, 2011. – 36 с. 3. *Гамзиков, Г.П.* Агрохимические проблемы сибирского земледелия / Г.П. Гамзиков // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. – 2011. – Т.5. – №21. – С. 5-20. 4. *Коробова, Л.Н.* Научно-методические рекомендации по использованию микробиологических показателей для оценки состояния

пахотных почв Сибири / Л.Н. Коробова, А.В. Таранова, С.А. Ферапонтова, А.В. Шинделов // Новосибир. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2013. – 39 с. 5. *Tenner, E.З.* Практикум по микробиологии / Е.З. Теплер, В.К. Шильникова, Г.И. Переверзева. – М.: Колос, 1993. – 175 с. 6. *Шотт, П.Р.* Биологическая фиксация азота в однолетних агроценозах лесостепной зоны Западной Сибири. – Автореф. дис... д.с.-х. наук/ П.Р. Шотт. – Барнаул, 2007. – 30 с. 7. *Юшкевич, Л.В.* Применение соломы в засушливом земледелии Западной Сибири / Л.В. Юшкевич и др. – Омск: Вариант-Омск, 2013. – 28 с.

## EFFECT OF LONG-TERM FERTILIZATION ON THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF LEACHED CHERNOZEM

*N.N. Shuliko, O.F. Khamova, E.V. Paderina, E.V. Tukmacheva*  
*Siberian Research Institute of Agriculture, pr. Koroleva 26, Omsk,*  
*644012, Russia, E-mail: sibniish@bk.ru*

*Positive effect of the systematic application of mineral fertilizers and straw in combination with seed inoculation by associative nitrogen-fixing bacteria on the abundance of soil microorganisms and the nitrifying capacity of leached chernozem under barley plants has been determined in a long-term (25 year-long) field experiment.*

*Keywords: mineral fertilizers, straw, inoculation, microbial abundance, nitrifying capacity, chernozem, rhizosphere, barley.*