



УДК 633.11:631.461:631:559

**В.С. Курсакова,  
Д.В. Драчёв**

## **РОЛЬ МИКРОБНЫХ АЗОТФИКСИРУЮЩИХ ПРЕПАРАТОВ И АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ В ФОРМИРОВАНИИ УРОЖАЙНОСТИ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ**

### **Введение**

В последнее время все больший интерес развитые страны проявляют к идее биологизации, экологизации сельского хозяйства и повышению устойчивости земледелия. Ведущее место при этом принадлежит почвенной микробиологии, поскольку микроорганизмы являются важнейшим фактором почвообразовательного процесса, питания и фитосанитарного состояния почвы. Одним из основных направлений в биологизации земледелия является изучение биологической фиксации молекулярного азота из атмосферы [1]. Важным источником снабжения растений азотом служит ассоциативная азотфиксация в ризосфере небобовых культур. Ассоциативные diaзотрофы – это микроорганизмы, образующие эндоризосферные ассоциации на корнях небобовых растений. Одним из способов повышения доли «биологического» азота в урожае является поиск и применение в качестве биопрепаратов специально отобраных штаммов микроорганизмов, обладающих повышенной способностью к ассоциации с культурными растениями и интенсивной азотфиксации.

Целью исследования было изучение влияния ассоциативных препаратов и минеральных азотных удобрений на урожайность и структуру мягкой яровой пшеницы и на биологическую активность черноземной почвы.

### **Объекты и методы исследований**

Исследования проводили на опытном поле ОПХ «Пригородное» в 2007 г., на среднемощном среднесуглинистом среднегумусном выщелоченном черноземе. Обеспеченность почвы опытного участка азотом очень низкая – 8,9 мг/кг почвы.

Изучали действие инокуляции разными препаратами ассоциативных diaзотрофов на двух сортах яровой пшеницы алтайской селекции: Алтайская 325 и Алтайская 530. Площадь делянки – 5 м<sup>2</sup>, повторность опыта – трехкратная. Посев провели 15 мая вручную. Предшественником пшеницы была озимая рожь. Семена инокулировали непосредственно перед посевом биопрепаратами производства ВНИИСХМ: флавобактерином, азоризином, ризоагрином, экстрасол-55, содержащими разные штаммы ассоциативных азотфиксирующих бактерий. Для сравнения эффективности биопрепаратов с действием минеральных удобрений были изучены две дозы азотных удобрений (мочевина) – 30 и 60 кг действующего вещества на гектар.

В основные фазы развития растений пшеницы отбирали почвенные образцы из слоев 0-10 и 10-20 см на микробиологический анализ и для определения нитратов. В течение вегетации проводили наблюдения за ростом и развитием растений, определяли фотосинтетический потенциал посевов на всех вариантах.

Метеорологические условия 2007 г.

Показатели	Декады	Месяцы			
		май	июнь	июль	август
Осадки, мм	1	12,0	34,5	6,7	8,8
	2	24,5	18,9	9,6	6,6
	3	22,8	12,4	12,7	8,9
За месяц		59,3	65,8	29,0	24,3
Ср. многолетние		41,0	54,0	70,0	58,0
% к ср. многолетним		144,6	121,9	41,4	41,9
Температура, °С	1	13,1	10,9	21,8	20,4
	2	15,2	16,6	22,5	12,7
	2	11,9	20,4	20,6	16,9
За месяц		13,4	16,0	21,6	16,7
Ср. многолетние		11,4	17,7	19,8	16,9
% к ср. многолетним		117,5	90,2	109,3	98,6
ГТК(V-VIII)		0,86			

Численность зимогенной сапрофитной микрофлоры определяли посевом почвенной суспензии на средах: МПА, КАА и Чапека, микробиологическую активность почвы – по степени разложения льняного полотна [2]. Учет урожая проводили в фазу восковой спелости зерна с 1 м<sup>2</sup> в трехкратной повторности, статистическую обработку – методом дисперсионного однофакторного анализа по Б.П. Доспехову [3].

Погодные условия вегетационного периода 2007 г. отличались от среднемноголетних данных (табл. 1).

В мае и июне осадков выпало больше среднемноголетних на 45 и 22% соответственно, в июле и августе осадков почти не было. Среднемесячная температура воздуха за вегетационный период 2007 г. была выше среднемноголетней на 3°С. Май и июль были теплее среднемноголетних данных на 18 и 9%. Июнь был прохладнее, а август – на среднемноголетнем уровне. ГТК за вегетационный период составил 0,86, и в целом период был засушливым. Таким образом, первая его половина была благоприятна для роста и развития растений, а вторая была сухой, что не способствовало активному росту растений и получению продукции зерна.

### Результаты и их обсуждение

Результаты исследований показали, что инокуляция семян яровой пшеницы азотфиксирующими препаратами и применение мочевины положительно отразились на росте и развитии растений (табл. 2). В фазу начала колошения высота растений пшеницы у сорта Алтайская 325 на кон-

троле составила 73 см, при применении биопрепаратов и удобрений этот показатель вырос на 8-19%. У сорта Алтайская 530 на контроле высота составила 74 см, а по препаратам и удобрениям была даже ниже контрольного. Общая кустистость под действием биопрепаратов возросла, а под действием азотных удобрений – несколько снизилась. Это может быть связано с засушливыми погодными условиями второй половины вегетации. Густота стояния растений не зависела от действия биопрепаратов и минерального азота. Внесение мочевины в рядки при посеве способствовало формированию значительной листовой поверхности растений. К фазе начала колошения площадь листьев одного растения пшеницы сорта Алтайская 325 в опыте увеличилась на 45-90%, а сорта Алтайская 530 – на 54-83% по сравнению с контролем. Обработка биопрепаратами увеличила площадь листьев незначительно. Величина листового индекса зависела не только от площади листьев, но и от густоты стояния растений на каждом из отдельных вариантов, поэтому увеличение этого показателя наблюдалось только по фону азотных удобрений (табл. 2).

Результаты исследований показали положительное влияние инокуляции биопрепаратами и действия доз мочевины на урожайность и его структуру сортов яровой пшеницы (табл. 3). Урожайность вариантов с препаратами и удобрениями сорта Алтайская 325 была на 13-28%, а сорта Алтайская 530 – на 6-11% выше по сравнению с контролем. Инокуляция препаратами повысила продуктивную кустистость

стость яровой пшеницы на 7-28%. По фону минеральных удобрений продуктивная кустистость была ниже у сорта Алтайская 325 на 29%, у Алтайской 530 – на 13%. Масса зерен в колосе практически не зависела от применения азотфиксирующих препаратов, а масса 1000 зерен под действием биопрепаратов увеличилась у обоих сортов на 7-13%. Число зерен в колосе больше зависит от климатических условий, чем от действия препаратов и удобрений.

Качество зерна яровой пшеницы сорта Алтайская 325 под влиянием бактериаль-

ных препаратов не изменилось, а у сорта Алтайская 530 – на вариантах с азоризинном и ризоагрином содержание белка и клейковины увеличилось на 2-4 и 4-7% соответственно (табл. 4). Азотные удобрения также не оказывали влияния на качество зерна, только у сорта Алтайская 325 на варианте N<sub>30</sub> наблюдалось незначительное увеличение процента белка и клейковины. Аналогичные результаты получены по ячменю на черноземных почвах другими исследователями [4].

Таблица 2

*Влияние биопрепаратов и азотных удобрений на показатели роста растений пшеницы в фазу начала колошения*

Показатели	Контроль	Флаво-бактерин	Азоризин	Ризоагрин	Экстра-сол-55	N <sub>30</sub>	N <sub>60</sub>
<b>Алтайская 325</b>							
Высота растений, см	73	84	79	79	87	81	74
Общая кустистость	1,7	1,8	2,0	1,7	1,8	1,6	1,3
Густота стояния, шт/м <sup>2</sup>	318	294	222	308	364	418	264
Площадь листьев 1 растения, см <sup>2</sup>	71,3	74,9	79,1	78,0	72,4	103,2	135,4
Листовой индекс, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	2,85	2,20	1,76	2,40	2,64	4,31	3,57
<b>Алтайская 530</b>							
Высота растений, см	74	65	72	78	77	76	69
Общая кустистость	1,8	2,1	1,7	2,4	2,3	1,8	1,5
Густота стояния, шт/м <sup>2</sup>	320	302	290	314	355	314	246
Площадь листьев 1 растения, см <sup>2</sup>	65,5	77,7	80,9	77,6	82,3	120,0	100,7
Листовой индекс, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	2,30	2,35	2,35	2,44	2,90	3,77	2,48

Таблица 3

*Влияние биопрепаратов и удобрений на урожайность и показатели продуктивности яровой пшеницы*

Показатели	Контроль	Флаво-бактерин	Азоризин	Ризоагрин	Экстра-сол-55	N <sub>30</sub>	N <sub>60</sub>	НСР <sub>05</sub>	
<b>Алтайская 325</b>									
Число зерен в колосе главного побега, шт.	29	33	29	25	30	35	28		
Масса зерен в колосе главного побега, г	0,89	1,13	0,88	0,80	0,98	1,04	0,93		
Продуктивная кустистость	1,4	1,5	1,8	1,4	1,5	1,2	1,1		
Масса 1000 зерен, г	30,8	34,5	32,4	32,1	33,2	31,8	32,5		
Урожайность зерна	г/м <sup>2</sup>	180,6	224,3	204,9	204,3	208,6	226,9	230,4	8,9
	% к контролю	100	124	113	113	116	126	128	
<b>Алтайская 530</b>									
Число зерен в колосе главного побега, шт.	27	31	29	28	30	34	29		
Масса зерен в колосе главного побега, г	0,88	0,86	0,97	0,87	0,99	1,18	1,09		
Продуктивная кустистость	1,5	1,9	1,3	1,9	1,7	1,3	1,3		
Масса 1000 зерен, г	30,2	32	30,6	31,3	32,8	34,9	35,8		
Урожайность зерна	г/м <sup>2</sup>	184,6	201,8	195,8	220,2	199,4	203,6	210,7	5,8
	% к контролю	100	109	106	119	108	110	114	

Таблица 4

Влияние препаратов на качество зерна яровой пшеницы

Вариант	Белок, %		Клейковина, %	
	Алтайская 325	Алтайская 530	Алтайская 325	Алтайская 530
Контроль	14,7	14,7	27,9	27,5
Флавобактерин	14,5	14,2	27,7	27,8
Азоризин	14,9	15,0	27,8	28,7
Ризоагрин	14,6	15,3	27,1	29,4
Экстрасол-55	14,4	14,2	27,6	28,3
N <sub>30</sub>	15,3	14,9	28,8	27,7
N <sub>60</sub>	14,7	14,6	27,7	27,5

Таблица 5

Биологическая активность почвы в слое 0-20 см под яровой пшеницей

Вариант	Количество м.о. на МПА, млн/г	Количество м.о. на КАА, млн/г	КАА/МПА (коэффициент минерализации)	Количество м.о. на Чапеке, тыс/г	Разложение полтна, %	N-NO <sub>3</sub> , мг/кг
Всходы (25.05.07)						
Контроль	4,91	4,28	0,87	5,26		5,38
Флавобактерин	5,43	3,79	0,70	5,62		8,77
Азоризин	6,35	4,71	0,74	7,64		12,39
Ризоагрин	5,12	3,48	0,68	3,54		6,71
Экстрасол-55	6,27	4,66	0,74	4,68		12,8
N <sub>30</sub>	7,47	5,17	0,69	5,74		11,35
N <sub>60</sub>	10,17	4,18	0,41	4,79		9,5
Фаза начала выхода в трубку (09.07.07)						
Контроль	3,79	5,41	1,43	5,96	14,10	6,53
Флавобактерин	4,33	7,80	1,80	10,80	24,20	6,26
Азоризин	8,87	7,06	0,80	4,96	19,40	8,99
Ризоагрин	2,21	8,28	3,75	2,76	16,00	12,25
Экстрасол-55	2,21	6,07	2,75	4,42	14,10	9,8
N <sub>30</sub>	7,51	5,29	0,70	10,73	23,50	11,04
N <sub>60</sub>	5,42	7,59	1,40	8,68	26,50	9,39
Фаза восковой спелости (27.08.07)						
Контроль	10,32	11,43	1,11	9,25	35,40	9,49
Флавобактерин	13,12	17,78	1,36	8,60	32,10	16,64
Азоризин	8,13	16,92	2,08	2,17	37,10	15,47
Ризоагрин	6,07	16,01	2,64	3,28	29,50	14,98
Экстрасол-55	7,73	8,72	1,13	3,81	33,60	12,47
N <sub>30</sub>	11,57	17,36	1,50	9,29	33,70	14,42
N <sub>60</sub>	10,98	17,60	1,60	9,88	37,60	12,44

Основным показателем почвенного плодородия и его изменения является микробиологическая активность почвы. Чем выше содержание микроорганизмов, тем лучше в ней протекают процессы минерализации, нитрификации, азотфиксации и др. Является установленным тот факт, что минеральные удобрения, в том числе азотные, активизируют деятельность сапрофитной микрофлоры, следовательно, повышают почвенное плодородие и положительно влияют на продуктивность растений [5]. В то же время азотные удобрения, особенно мочевины, подавляют

деятельность азотфиксирующих микроорганизмов ингибированием их нитрогеназной активности [6].

В наших исследованиях численность сапрофитных бактерий на МПА, использующих органические соединения азота, уменьшалась от посева к фазе выхода растений пшеницы в трубку практически на всех вариантах, за исключением азоризина. Особенно заметное снижение численности бактерий было на варианте с внесением азота в дозе 60 кг/га д.в. (N<sub>60</sub>). К периоду уборки пшеницы численность сапрофитных бактерий повысилась

на всех вариантах включая контрольный, что связано, вероятно, с поступлением растительного опада в почву к осени.

Количество микроорганизмов на КАА, использующих минеральные соединения азота, повышалось от весны к осени существенно на всех вариантах. Поэтому наблюдалось увеличение активности почвенных процессов как под влиянием биопрепаратов, так и под влиянием азотных удобрений, о чем свидетельствуют коэффициенты минерализации.

Численность почвенных грибов в исследуемой почве невысокая, к концу вегетации на вариантах с азотными удобрениями была на уровне контрольного, но значительно снизилась под действием бактериальных удобрений, за исключением флавобактерина, что обусловлено, вероятно, фунгицидным действием азотфиксирующих бактерий.

Биологическая активность, определенная по степени разложения льняного полотна, невысокая на всех вариантах, что связано с недостатком влаги во второй половине лета (табл. 5). Процент разложения льняного полотна к концу фазы выхода в трубку составлял от 14,1 до 26,5%. Лучше всего разложение полотна проходило на вариантах с флавобактерином (24,2%) и по азотным удобрениям  $N_{30}$  и  $N_{60}$  – 23,5 и 26,5% соответственно. К фазе восковой спелости наибольшей степени разложения полотна достигли варианты с азорином – 37,1% и дозой азота  $N_{60}$  – 37,6%. На остальных вариантах разложение было несколько ниже контрольного.

Содержание нитратного азота на всех вариантах увеличивалось от фазы всходов к фазе восковой спелости, но обеспеченность нитратным азотом оставалась низкой. Лучше всего накопление нитратного азота наблюдалось на вариантах с флавобактерином и ризоагрином, где его содержание увеличилось в 2 раза.

### Выводы

Проведенные исследования в условиях ОПХ «Пригородное» показали разную отзывчивость сортов мягкой яровой пшеницы на бактериальные препараты ассоциативных азотфиксирующих бактерий и

азотные удобрения. Сорт Алтайская 325 более отзывчив на препарат флавобактерин (урожайность составила 224 г/м<sup>2</sup>) и азотные удобрения в дозах 30 и 60 кг/га (226,9 и 230,4 г/м<sup>2</sup> соответственно). Действие флавобактерина равноценно внесению 30 кг/га азота минерального. Сорт Алтайская 530 более отзывчив на препарат ризоагрин, урожайность была даже выше, чем на фоне азота 60 кг/га (220,2 и 210,7 г/м<sup>2</sup> соответственно).

Эффективность других биопрепаратов также высокая, что связано с увеличением продуктивной кустистости растений пшеницы и массы 1000 зерен. Прибавки урожайности пшеницы от инокуляции составили на Алтайской 325 13-24%, на Алтайской 530 – 6-19%. Азотные удобрения обеспечили прибавку 10-28%.

Численность сапрофитной микрофлоры, выявленной на средах МПА и КАА, не зависела от применяемых биопрепаратов, а на среде Чапека содержание грибов значительно снизилось. Азотные удобрения увеличивают численность сапрофитов, особенно на среде КАА, а на численность грибной микрофлоры влияния не оказывают.

### Библиографический список

1. Тихонович И.А. Микробиологические аспекты плодородия почвы и проблемы устойчивого земледелия / И.А. Тихонович, Ю.В. Круглов // Плодородие. 2006. № 5. С. 9.
2. Методы почвенной микробиологии в биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. 303 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. М.: Колос, 1979. 416 с.
4. Шотт П.Р. Фиксация атмосферного азота в однолетних агроценозах / П.Р. Шотт. Барнаул, 2007. 169 с.
5. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия / Е.Н. Мишустин. М.: Наука, 1972. 343 с.
6. Умаров М.М. Азотфиксация в ассоциациях микроорганизмов с растениями / М.М. Умаров, Н.Г. Куракова, Б.Ф. Садыков // Минеральный и биологический азот в земледелии СССР. М.: Наука, 1985. С. 205-213.

