

АГРОНОМИЯ

УДК 633.11«321»:631.526.32:631.559:631.8(571.15)

О.О. Кузнецов,
В.С. Курсакова

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ СОРТОВ ЯРОВОЙ ТВЁРДОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ КОЛОЧНОЙ СТЕПИ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Ключевые слова: ассоциативная азот-фиксация, урожайность, минеральные удобрения, инокуляция, яровая пшеница, биопрепараты.

Введение

Одним из направлений использования биотехнологий в земледелии является применение биологических препаратов на основе микроорганизмов, которые улучшают минеральное питание растений [1, 2]. Улучшить азотное питание злаковых и других небобовых культур способны ассоциативные азотфиксаторы. Эти микроорганизмы, размещаясь в корневой зоне растений, в благоприятных условиях могут обеспечить до 45% потребности растений в азоте. Оптимизируя свойства почвы и внося органические удобрения, продуктивность природной популяции ассоциативных азотфиксаторов можно повысить в 2-4 раза [3, 4].

Размеры ассоциативной азотфиксации достигают 30-107 кг доступного азота на 1 га. Кроме того, ассоциативные diaзотрофы стимулируют рост и поглотительную способность корневой системы, оптимизируют фосфорное питание, повышают устойчивость растений к стрессовым условиям, подавляют развитие патогенной микрофлоры [5, 6].

Цели, объекты и методы исследований

Исследования проводили в 2011-2012 гг. на опытном поле АГАУ в УОХ «Пригородное», расположенного в зоне умеренно засушливой колочной степи Алтайского края. Почвы хозяйства представляют собой чернозём выщелоченный с нейтральной реакцией среды, средним содержанием гумуса около 5% и низким содержанием подвижного азота. Климат района характеризуется резкой континентальностью. Годы исследо-

вания отличались засушливостью. Для изучения влияния биопрепаратов азотфиксирующих бактерий были использованы сорта яровой твёрдой пшеницы Алтайской селекции: среднепозднеспелый сорт Алейская и среднеспелый Алтайский янтарь.

Для инокуляции применялись препараты азотфиксирующих несимбиотических бактерий: мизорин, содержащий чистую культуру *Arthrobacter mysorens*, штамм 7, ризоагрин (*Agrobacterium radiobacter*, штамм 204), флавобактерин (*Flavobacterium* sp. штамм Л 30), предоставленные нам лабораторией экологии микроорганизмов ВНИИСХМ по программе ГСО с биопрепаратами.

Посев проводили вручную на делянках площадью 3 м² в трёхкратной повторности с нормой высева 500 всхожих семян на 1 м методом рендомизированных повторений. Семена обрабатывали биопрепаратами непосредственно перед посевом согласно рекомендациям ВНИИСХМ.

Схема опыта: 1) контроль; 2) мизорин; 3) ризоагрин; 4) флавобактерин; 5) мизорин + ризоагрин; 6) мизорин + флавобактерин; 7) ризоагрин + флавобактерин; 8) мизорин + флавобактерин + ризоагрин; 9) N₃₀P₆₀K₆₀; 10) N₆₀P₆₀K₆₀.

Результаты исследований

Одной из составляющих элементов продуктивности яровой пшеницы является густота посева. Наличие оптимальной плотности травостоя – залог получения высокого урожая. Формирование заданной густоты стояния начинается с прорастания семян, которое оценивается показателем полевой всхожести [7].

Формирование плотности агроценоза яровой пшеницы в среднем за 2 года представлено в таблице 1.

Таблица 1

Формирование плотности агроценоза яровой твёрдой пшеницы (2011-2012 гг.)

Вариант	Алтайский янтарь				Алейская			
	взошедших, шт/м ²	сохранившихся к уборке, шт/м ²	полнота всходов, %	сохранность растений к уборке, %	взошедших, шт/м ²	сохранившихся к уборке, шт/м ²	полнота всходов, %	сохранность растений к уборке, %
Контроль	357	328	71,3	65,6	349	328	69,8	65,5
Мизорин	367	365	73,3	73	371	359	74,1	71,7
Ризоагрин	375	343	74,9	68,5	383	331	76,5	66,1
Флавобактерин	363	318	72,5	63,6	381	336	76,1	67,1
Мизорин + ризоагрин	365	333	72,9	66,6	381	344	76,1	68,8
Мизорин + флавобактерин	373	354	74,6	70,8	374	361	74,8	72,2
Ризоагрин + флавобактерин	362	353	72,3	70,6	375	353	74,9	70,6
Ризоагрин + мизорин + флавобактерин	398	347	79,6	69,4	359	351	71,7	70,1
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	351	344	70,1	68,8	354	344	70,8	68,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	322	352	64,3	70,4	338	329	67,5	65,8

Обработка семян бактериальными препаратами способствовала увеличению всхожести семян сорта Алтайский янтарь на 1,4-11,5%, наилучшее воздействие оказывает комбинация из трёх препаратов: мизорин + ризоагрин + флавобактерин. Минеральные удобрения оказали меньшее влияние на всхожесть по сравнению с контролем и препаратами. Сохранность растений пшеницы сорта Алтайский янтарь колебалась от 63,6 до 73,0% и была практически одинакова на всех вариантах.

Инокуляция семян пшеницы сорта Алейская также положительно повлияла на всхожесть, превышение над контролем составляло от 1,8 до 6,7%. Всхожесть пшеницы на фоне минеральных удобрений была на уровне контроля. На сохранность расте-

ний пшеницы этого сорта препараты существенного влияния не оказали, как и минеральные удобрения.

Для комплексной оценки фотосинтетической деятельности растений применяется показатель, который объединяет площадь листьев и продолжительность работы листового аппарата – фотосинтетический потенциал (ФСП). Оптимальными считаются посевы, фотосинтетический потенциал которых находится в пределах 2 млн м² сут/га в расчёте на каждые 100 дней вегетации. Другой важный показатель фотосинтеза растений – чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ), характеризующий количество общей сухой биомассы, образованной растениями в течение суток в расчёте на 1 м² листьев [8, 9].

Таблица 2

Показатели фотосинтетической активности посевов яровой твёрдой пшеницы (2011-2012 гг.)

Вариант	Алейская			Алтайский янтарь		
	площадь листьев, см ² /м ² (цветение)	ЧПФ, г/м ² сут.	ФСП, тыс. м ² /га	площадь листьев, см ² /м ² (цветение)	ЧПФ, г/м ² сут.	ФСП, тыс. м ² /га
Контроль	58,5	1,81	18,64	74,4	2,80	24,41
Мизорин	69,8	2,61	23,34	94,2	2,74	32,95
Ризоагрин	82,9	2,94	26,62	98,6	4,68	32,51
Флавобактерин	80,6	2,27	27,55	110,9	3,62	33,08
Мизорин + ризоагрин	94,5	3,52	33,75	97,4	3,14	31,00
Мизорин + флавобактерин	79,4	3,05	29,00	121,1	3,26	40,86
Ризоагрин + флавобактерин	97,4	5,03	36,90	94,1	2,62	32,35
Мизорин + ризоагрин + флавобактерин	106,9	4,95	39,61	96,1	5,13	34,16
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	86,1	2,47	29,75	101,6	3,17	33,32
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	98,5	3,90	33,77	102,2	2,41	34,73

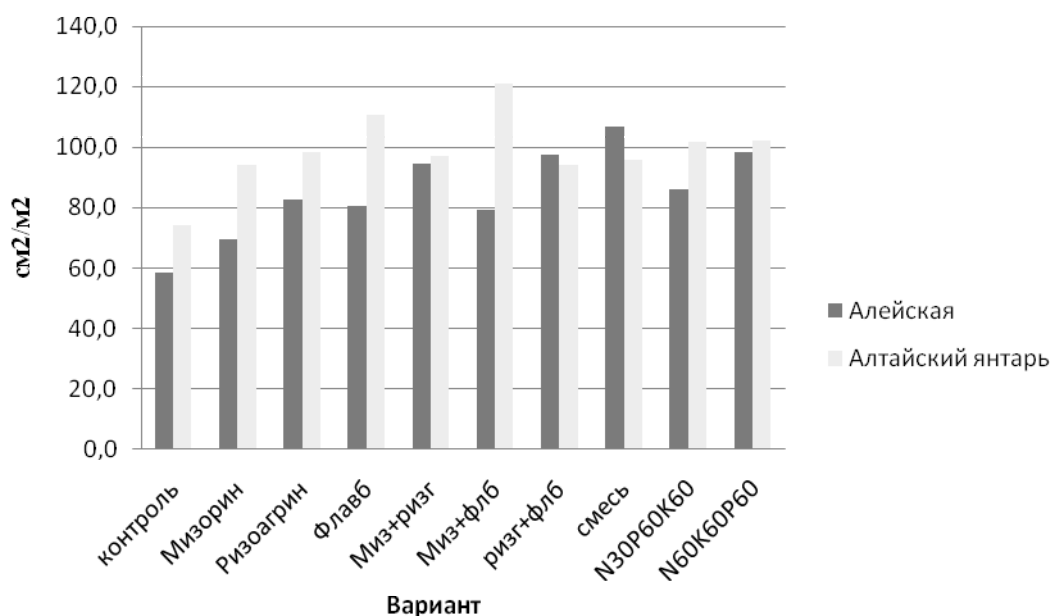


Рис. Площадь листьев в фазу цветения, см²/м²

Результаты исследований свидетельствуют о положительном влиянии инокуляции на развитие листовой поверхности обоих сортов пшеницы (табл. 2, рис.). Площадь листьев в фазу цветения у сорта Алейская превышала контрольный вариант на 19,31-82,74%. Наивысшие показатели наблюдались в варианте комбинации из трёх препаратов, а также в бинарных смесях (мизорин + ризоагрин и ризоагрин + флавобактерин). Меньше всего по сравнению с другими препаратами оказал влияние на площадь листьев препарат мизорин. Наибольшие величины фотосинтетического потенциала отмечены на вариантах с наибольшей площадью листьев. Чистая продуктивность фотосинтеза, как на инокулированных вариантах, так и на вариантах с минеральными удобрениями была выше, чем на контроле, на 0,8-3,22 г/м² сут.

Площадь листьев у сорта Алтайский янтарь также была более высокой на инокулированных вариантах и на вариантах с применением минеральных удобрений. Этот сорт более отзывчив на препарат флавобактерин и его смесь с мизорином. Величина фотосинтетического потенциала также была выше на всех вариантах, особенно с бинарным составом мизорин + флавобактерин. Обработка семян способствовала увеличению ЧПФ на всех вариантах за исключением варианта с мизорином и варианта ризоагрин + флавобактерин. Минеральные удобрения в дозе N₃₀P₆₀K₆₀ оказали незначительное влияние на ЧПФ, а на фоне N₆₀P₆₀K₆₀ наблюдалось даже снижение ЧПФ по сравнению с контролем.

Инокуляция семян пшеницы обоих сортов способствовала увеличению количества ко-

лосков в колосе на 1-4 шт. практически на всех вариантах за исключением бинарной смеси ризоагрин + флавобактерин у сорта Алейская. Также увеличивалось количество зёрен в колосе под влиянием биопрепаратов на 2-5 шт. и масса 1000 зёрен: у сорта Алейская – на 1,44-7,43%, а у сорта Алтайский янтарь – на 1,30-11,40%, за исключением варианта мизорин + ризоагрин. Минеральные удобрения также способствовали увеличению количества зёрен в колосе и массы 1000 зёрен на 2,64-6,71%.

Основным практическим приемом повышения урожайности сельскохозяйственных культур, экономии минеральных удобрений и обеспечения растений минеральным азотом является применение биопрепаратов на основе высокоэффективных штаммов ассоциативных азотфиксирующих бактерий. Использование биопрепаратов повышает урожайность овощей на 15-60%, зерновых – на 7-23%. При этом значительно повышаются показатели, характеризующие качество продукции [8].

Изменение элементов структуры урожая яровой пшеницы представлено в таблице 3.

В наших исследованиях также установлено, что использование биопрепаратов способствует повышению урожайности обоих сортов яровой пшеницы (табл. 4). Инокуляция семян в среднем за 2 года обеспечила существенную прибавку урожая сорта Алейская на 9,48-36,02% (табл. 4). Более высокие прибавки получены на варианте мизорин + ризоагрин. Минеральные удобрения также увеличивают урожайность этого сорта пшеницы на 20,33-31,22%. Лучший результат обеспечивает норма N₆₀P₆₀K₆₀.

Таблица 3

Влияние биопрепаратов и минеральных удобрений на формирование элементов структуры урожая сортов яровой твёрдой пшеницы (2011-2012 гг.)

Вариант	Алейская			Алтайский янтарь		
	количество колосков в колосе, шт.	количество зёрен в колосе, шт.	масса 1000 зёрен, г	количество колосков в колосе, шт.	количество зёрен в колосе, шт.	масса 1000 зёрен, г
Контроль	13	19	41,7	16	18	38,6
Мизорин	17	21	43,6	17	20	42,4
Ризоагрин	16	22	44,7	18	20	42,3
Флавобактерин	18	23	43,5	20	22	42,9
Мизорин + ризоагрин	14	23	43,9	20	21	38,2
Мизорин + флавобактерин	13	23	44,8	19	23	39,1
Ризоагрин + флавобактерин	11	23	44,0	20	21	43,0
Мизорин + ризоагрин + флавобактерин	15	22	42,3	18	21	42,8
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	15	21	44,5	19	20	38,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	14	22	42,8	18	20	40,4

Таблица 4

Урожайность пшеницы сорта Алейская при инокуляции семян

Вариант	Урожайность, ц/га				
	2011 г.	2012 г.	средняя за 2 года	отклонение от контроля	
				ц/га	%
Контроль	29,07	5,11	17,09	-	-
Мизорин	37,73	6,48	22,11	8,66	29,34
Ризоагрин	30,49	6,93	18,71	1,42	9,48
Флавобактерин	35,57	6,21	20,89	6,50	22,24
Мизорин + ризоагрин	34,5	7,31	20,91	5,43	22,32
Мизорин + флавобактерин	39,39	7,1	23,25	10,32	36,02
Ризоагрин + флавобактерин	34,34	6,5	20,42	5,27	19,49
Ризорин + ризоагрин + флавобактерин	35,42	7,88	21,65	6,35	26,68
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	33,78	7,35	20,57	4,71	20,33
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	38,55	6,3	22,43	9,48	31,22
HCP ₀₅	3,1	1,2	2,15		

Таблица 5

Урожайность пшеницы сорта Алтайский янтарь при инокуляции семян

Вариант	Урожайность, ц/га				
	2011 г.	2012 г.	средняя за 2 года	отклонение от контроля	
				ц/га	%
Контроль	20,07	4,48	12,28	-	-
Мизорин	28,25	6,32	17,29	5,01	40,81
Ризоагрин	29,3	8,61	18,96	6,68	54,42
Флавобактерин	30,26	7,69	18,98	6,70	54,58
Мизорин + ризоагрин	28,68	6,64	17,66	5,39	43,87
Мизорин + флавобактерин	30,1	6,86	18,48	6,21	50,55
Ризоагрин + флавобактерин	29,93	6,59	18,26	5,99	48,76
Мизорин + ризоагрин + флавобактерин	30,8	7,53	19,17	6,89	56,13
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	20,9	6,32	13,61	1,34	10,88
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	24	5,46	14,73	2,46	20,00
HCP ₀₅	3,43	1,02	2,23		

Урожайность пшеницы сорта Алтайский янтарь на всех вариантах повышается при обработке семян бактериальными препаратами. В среднем за 2 года на инокулированных вариантах урожайность пшеницы увеличилась по сравнению с контролем на 40,81-56,13%. Максимальная урожайность была получена на варианте с применением смеси препаратов: мизорин + флавобактерин + ризоагрин – 19,17 ц/га. Минеральные удобрения также повышают урожайность пшеницы этого сорта. На фоне $N_{30}P_{60}K_{60}$ урожайность составляла 13,61 ц/га, на $N_{60}P_{60}K_{60}$ – 14,73 ц/га, что выше контрольного варианта на 10,88 и 20,0%.

Заключение

Таким образом, изучение влияния биопрепаратов несимбиотических diaзотрофов и минеральных удобрений на формирование урожайности сортов яровой твердой пшеницы Алтайский янтарь и Алейская показало, что биопрепараты и минеральные удобрения оказывают положительное влияние на фотосинтетическую деятельность, элементы структуры и урожайность обоих сортов пшеницы. Однако отзывчивость сортов пшеницы на инокуляцию была различной. Среднезрелый сорт Алтайский янтарь в большей степени увеличивал всхожесть, сохранность, количество колосков в колосе, ЧПФ, ФСР и урожайность, по сравнению со среднепозднеспелым сортом Алейская. Отзывчивость на минеральные удобрения более высокой была у сорта Алейская.

Библиографический список

1. Базилинская Н.В. Биодоброения. – М.: Агропромиздат, 1989. – 128 с.
2. Сержанов И.М., Шайхутдинов Ф.Ш., Нуриев С.Ш., Майоров И.И. Влияние биологических удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в условиях северной части лесостепи // Достижение науки и техники АПК. – 2013. – № 9. – С. 29-31.
3. Трепачев Е.П. Роль биологического азота в повышении плодородия почв, урожайности и экономичности сельскохозяйственных культур // Основные условия эффективности применения удобрений. – М., 1986. – С. 225-241.
4. Шотт П.Р. Фиксация атмосферного азота в однолетних агроценозах. – Барнаул: Азбука, 2007. – 170 с.
5. Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай. – М.: ВНИИА, 2055. – 302 с.
6. Кравченко Л.В. Роль корневых экзо-метаболитов в интеграции микроорганизмов с растениями: автореферат дис. ... д.б.н. – М.: МГУ, 2000. – 45 с.
7. Синеговская В.Т., Абросимова Т.Е. Активация фотосинтетической деятельности яровой пшеницы при длительном применении удобрений // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2006. – № 5. – С. 43-45.
8. Растениеводство / под ред. Н.И. Вавилова. – Изд. 4-е, доп. и перераб. – М.: Колос, 1979. – 519 с.
9. Завалин А.А. Эффективность применения препаратов diaзотрофов для оптимизации азотного питания растений в различных зонах // Бюллетень ВИУА. – 2001. – № 114. – С. 89-90.



УДК 631.6.02

А.В. Тингаев,
А.С. Давыдов

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАКОПЛЕНИЯ, МИГРАЦИИ И ТРАНСФОРМАЦИИ АЗОТА В ПОЧВЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СТОКОВ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Ключевые слова: математическая модель, азот, информационная технология, прогноз, свиноводческие стоки.

Введение

При использовании органических отходов в качестве удобрений в почву поступают органическое вещество и элементы питания в доступных для растений видах. Однако

при ненормируемом использовании или некачественной подготовке органических отходов наблюдается развитие негативных процессов, таких как загрязнение, занитрификация и других. Для предотвращения или снижения негативных последствий использования органических отходов в сельском хозяйстве необходимо прогнозировать возможные негативные процессы с использо-