

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ИХ БИОМОДИФИКАЦИИ ПРЕПАРАТОМ БИСОЛБИФИТ

А.А. Завалин, д.с.-х.н., Л.С. Чернова, к.с.-х.н., ВНИИА, А.Ю. Гаврилова, Смоленский НИИСХ

Приведены результаты исследований о влиянии микробно-го препарата БисолбиФит на эффективность применения комплексных минеральных удобрений при возделывании ярового ячменя на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Установлено, что применение азофоски и аммофоса с нанесенным на их гранулы биопрепаратом БисолбиФит способствовало росту урожайности и улучшению качества зерна, увеличивало окупаемость удобрений прибавкой урожайности, повышало коэффициенты использования азота, фосфора и калия из удобрений и почвы.

Ключевые слова: яровой ячмень, биопрепараты, БисолбиФит, биомодификация, урожайность, дерново-подзолистая почва.

Яровой ячмень – одна из наиболее распространенных зерновых культур, имеющая большое продовольственное, кормовое, техническое и агрономическое значение. Посевные площади, занимаемые яровым ячменем в мире, составляют более 90 млн га [1]. В Российской Федерации ячмень возделывают на 10 млн га [2], но урожайность этой культуры остается самой низкой в Европе – в среднем 1,5 т/га. Получение высоких и стабильных урожаев не осуществимо без применения минеральных удобрений, однако за последние 20 лет в Российской Федерации объемы применения минеральных удобрений резко уменьшились. В связи с этим назрела необходимость поиска возможностей повышения эффективности удобрений, применяемых в сельском хозяйстве. Одним из способов повышения эффективности минеральных удобрений может быть использование микробиологических ресурсов. Такие технологии основаны на применении микробных препаратов, представляющих живые клетки отобранного микроорганизма по полезным свойствам [3].

Одним из таких препаратов является БисолбиФит (БП), разработанный во ВНИИСХМе на основе штамма ризосферных азотфиксирующих бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13. Он представляет собой порошок от светло-серого до кремового цвета; в нем сочетаются качества биологических и химических препаратов. Полезная микрофлора, заселенная на поверхность гранул минеральных удобрений, способна активировать содержащиеся в них питательные вещества. Кроме того, бактерии *Bacillus subtilis* Ч-13 мобилизуют и переводят в доступную форму почвенные запасы азота, фосфора и калия. Предполагается, что применение биопрепарата, нанесенного на гранулы минеральных удобрений, позволит на 10–30% увеличить урожайность сельскохозяйственных культур за счет повышения коэффициента полезного действия модифицированных форм минеральных удобрений. Аминокислоты, витамины, гормоны и органические кислоты, вырабатываемые бактериями, входящими в состав препарата БисолбиФит стимулируют и ускоряют физиологические процессы, происходящие в растительной клетке растения, увеличивают интенсивность фотосинтеза и дыхания, а также значительно укрепляют иммунную систему растения, ускоряют его развитие [6, 7, 12, 13].

Цель исследований – изучить эффективность комплексных минеральных удобрений при их биомодификации (азофоски АЗФК 13:19:19 и аммофоса АФ 12:52) препаратом БисолбиФит (БП).

Методика. Исследования проводили в 2011–2013 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, различающейся обеспеченностью подвижным фосфором. На фоне I содержание подвижного фосфора в годы исследований

составляло 40–45 мг/кг, на фоне II – 166–170 мг/кг почвы. Содержание гумуса в пахотном слое 2,0%, рН_{KCl} 5,4, содержание минерального азота – 21–23 мг/кг почвы, подвижного калия – 106–108 мг/кг почвы.

Полевой мелкоделяночный опыт заложен в 5-кратной повторности, посевная площадь делянки – 2 м², учетная – 1 м², размещение вариантов – рендомизированное. Культура – яровой ячмень сорта Гонар. Норма высева – 500 зёрен на 1 м², что соответствует 5 млн шт/га. Дозы удобрений, эквивалентные внесению N₄₅P₄₅K₄₅ для азофоски и N₄₅P₄₅ для аммофоса, рассчитывали по фосфору – 45 кг д.в./га, что соответствует 4,5 г/м². Дозы азота выравнивали добавлением аммиачной селитры до 4,5 г/м². Биопрепарат наносили на гранулы минеральных удобрений из расчета 5 г БисолбиФита на 1 кг удобрения. В чистом виде (вар. 2) биопрепарат вносили в почву в смеси с песком из расчета 5 г на 1 кг песка.

Погодные условия в период проведения исследований различались среднесуточной температурой воздуха и суммой осадков. Количество осадков в 2011 г. в начале вегетационного периода превышало среднееголетние показатели в 1,5 раза (92 мм). Температура воздуха во время вегетации растений ячменя была выше среднееголетних значений на 1–3°C. 2012 г. характеризовался близкими к норме среднесуточными температурами воздуха, засушливыми маем и июлем, переувлажненными (на 52–58 мм) июнем и августом. 2013 г. был влажным и теплым (16,3°C в мае при среднееголетнем значении 12,2°C) в начале вегетации и засушливым в конце (количество осадков в августе было в 3 раза меньше нормы).

Результаты и их обсуждение. Во все годы исследований проявлялось положительное действие на урожайность зерна ячменя минеральных удобрений, биопрепарата и обеспеченности почвы подвижным фосфором (табл. 1).

1. Влияние минеральных удобрений и биопрепарата на урожайность ярового ячменя (в среднем за 2011–2013 гг.)

Вариант опыта	Урожайность, г/м ²		Прибавка, г/м ²			
			от NPK		от БП	
	фон I	фон II	фон I	фон II	фон I	фон II
1. Контроль	182	220	-	-	-	-
2. Контроль + БП	194	241	-	-	12	21
3. АФ 12:52	240	270	58	50	-	-
4. АФ 12:52 + БП	278	305	-	-	38	35
5. АЗФК 13:19:19	263	303	81	83	-	-
6. АЗФК 13:19:19 + БП	315	353	-	-	52	50

НСР_{0.5}: А – 5, В – 8, С – 5

Примечание. Факторы: А – уровень плодородия почвы (фон I и II), В – минеральные удобрения, С – биопрепарат.

При выращивании ячменя без минеральных удобрений урожайность на почве с высоким содержанием подвижного фосфора была выше на 20%, чем на почве с низким содержанием P₂O₅. Это объясняется отзывчивостью ячменя на улучшение обеспеченности почвы подвижным фосфором.

Ячмень – культура сравнительно короткого вегетационного периода, хорошо отзывывается на улучшение минерального питания за счет внесения минеральных удобрений. Применение NPK 13:19:19, в составе которого три основных элемента питания, эффективнее, чем аммофоса. Использование азофоски повышало урожайность зерна ячменя на почвах с низким содержанием подвижного фосфора на 45% (81 г/м²), а с высоким – на 38% (83 г/м²). От аммофоса

прибавка урожайности относительно контроля получена меньше: на I фоне – 32% (58 г/м²), на II фоне – 23% (50 г/м²).

Биомодификация аммофоса и азофоски, т.е. обработка гранул минеральных удобрений биопрепаратом, обеспечила дальнейшее достоверное увеличение урожайности зерна ярового ячменя. Так, прибавка урожайности от применения Би-солбиФита составила по аммофосу на почвах с низким содержанием подвижного фосфора 38 г/м² (16%), с высоким – 35 г/м² (12%). При нанесении биопрепарата на гранулы азофоски прибавка на фоне I равнялась 52 г/м² (20%), на фоне II – 50 г/м² (12%).

Применение минеральных удобрений и биопрепарата было высокоэффективно (рис.). В среднем окупаемость удобрений прибавкой урожайности зерна ярового ячменя составила 5,6–6,5 г/г, что эквивалентно 5,6–6,5 кг/кг. Биомодификация минеральных удобрений повышала оплату удобрений на обоих фонах на 3,7–4,2 кг/кг, или на 60–70%. Следует отметить, что окупаемость на почвах с низким содержанием подвижного фосфора была выше, чем с высоким.

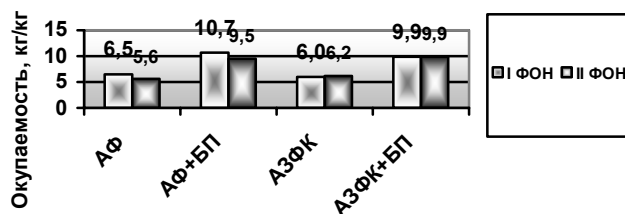


Рис. Окупаемость удобрений прибавкой урожая ярового ячменя (в среднем за 2011–2013 гг.)

В наших исследованиях увеличение урожайности зерна ярового ячменя связано с изменением отдельных элементов его структуры [9]. Высота растений ячменя повышалась от применения минеральных удобрений и биопрепарата на 19–26% на почве с низкой и на 5–12% с высокой обеспеченностью фосфором. Длина колоса увеличивалась на 0,8–1,5 см при внесении минеральных удобрений на фоне с низкой обеспеченностью фосфором и от биомодификации на 0,6–0,9 см при высокой обеспеченности. Совместное применение биопрепарата и минеральных удобрений увеличило число зерен с 1 колоса с 14,5 до 17,4, массу зерна с 1 колоса на 0,08–0,20 г по сравнению с контролем на обоих фонах, продуктивную кустистость – с 1,2 до 1,6 (табл. 2). Масса 1000 зерен, характеризующая размер и выполненность зерна, зависела от применения минеральных удобрений и биопрепарата. Так, при использовании биомодифицированных удобрений она повышалась на 9–16% на фоне I и на 1–10% на фоне II. Хозяйственный коэффициент во все годы исследований существенно не зависел от применения биопрепарата.

2. Элементы структуры урожая и качество зерна ярового ячменя (в среднем за 2011–2013 гг.)

Вариант опыта	K _{хоз.}		Масса 1000 зёрен, г		Продуктивная кустистость	
	фон I	фон II	фон I	фон II	фон I	фон II
1. Контроль	0,44	0,45	35,0	40,8	1,2	1,3
2. Контроль + БП	0,43	0,45	36,3	41,7	1,3	1,3
3. АФ 12:52	0,42	0,45	37,1	41,3	1,3	1,4
4. АФ 12:52 + БП	0,43	0,44	38,2	41,3	1,5	1,5
5. АЗФК 13:19:19	0,44	0,43	39,7	43,3	1,5	1,3
6. АЗФК 13:19:19 + БП	0,44	0,44	40,7	44,7	1,6	1,4
HCP _{0,5} : A		0,01		0,5		0,1
B		0,01		0,8		0,1
C		0,01		0,5		0,1

Зерно ячменя, поставляемое для пивоварения, это специальное сырье с четко фиксированными показателями качества. Важнейшие показатели качества, на основании которых дается заключение его пригодности для пивоварения, регламентируются ГОСТ 5060-86. Наиболее существенные призна-

ки пивоваренного ячменя – содержание белка и экстрактивность [4]. Высокорентабельным считается зерно с содержанием белка 9-12%, но не менее 8%, так как определенный минимум белковых веществ необходим для питания дрожжей, образования стойкой пены, создания вкуса и букета пива. В проведенных исследованиях содержание белка в зерне ячменя даже на контроле соответствовало требованиям ГОСТ для пивоваренных ячменей (см. табл. 2). Применение минеральных удобрений и биопрепарата не оказывало существенного воздействия на анализируемый показатель. Под экстрактивностью, или экстрактом ячменя понимают количество сухих веществ, способных перейти в растворимое состояние под действием ферментов солода. Содержание экстракта в ячмене находится обычно в обратном отношении к количеству содержащегося в нем белка. Применение удобрений и биопрепарата не влияло на экстрактивность зерна ячменя, которая составила 80-81%, что соответствует европейскому стандарту для лучших пивоваренных сортов.

3. Показатели качества зерна ярового ячменя, % (в среднем за 2011–2013 гг.)

Вариант опыта	Белок		Экстрактивность	
	фон I	фон II	фон I	фон II
1. Контроль	9,0	10,0	81	81
2. Контроль + БП	9,5	10,2	81	81
3. АФ 12:52	9,8	10,1	80	81
4. АФ 12:52 + БП	10,3	10,8	80	80
5. АЗФК 13:19:19	10,3	10,1	80	81
6. АЗФК 13:19:19 + БП	10,3	10,3	81	81
HCP _{0,5} : A		0,12		0,23
B		0,18		0,36
C		0,12		0,23

Химический состав растений служит важным критерием качества растениеводческой продукции и исходным материалом для получения нормативной базы по расчёту оптимальных доз удобрений [5]. Биомодификация удобрений повышала содержание азота в зерне на 0,09–0,23% на почвах с низкой и на 0,04–0,15% с высокой обеспеченностью подвижным фосфором, незначительно увеличивала концентрацию фосфора (на 0,06%) и не изменяла или уменьшала содержание калия (табл. 3). Применение биопрепарата способствовало увеличению концентрации в соломе: азота – на 0,04–0,11%, фосфора – на 0,03–0,09 и калия на 0,05–0,18% на обоих фосфорных фонах.

Динамика накопления основных элементов питания по фазам развития растений зависела от их концентрации и величины урожая зерна и массы соломы ячменя. Установлено, что к фазе выхода в трубку растения ячменя накопили до 46 – 50% азота и фосфора, около 2/3 количества калия, потребляемого за весь вегетационный период. К фазе цветения – колошения растения усвоили до 85% веществ. Приток питательных веществ у растений ячменя прекратился к фазе молочно – восковой спелости.

Суммарный хозяйственный вынос основных элементов питания изменялся под влиянием удобрений и биопрепарата (табл. 4). Применение минеральных удобрений повышало вынос: азота на фоне I на 49-60%, на фоне II – на 24-41, фосфора – на 34-45 на фоне с низким его содержанием в почве и на 23-36% на фоне с высоким его содержанием; калия – на 36-53 и 25-62% соответственно. Биомодификация аммофоса и азофоски способствовала дальнейшему повышению выноса азота на 14-24%, фосфора на 21-31 и калия на 15-29% по сравнению с использованием минеральных удобрений без биопрепарата. Увеличение общего выноса питательных веществ происходило за счёт как повышения урожайности основной и побочной продукции, так и увеличения содержания элементов в растениях.

Важными показателями эффективности удобрений являются коэффициенты использования из них питательных веществ растениями. Чем выше данный показатель, тем меньше непроизводительные потери [8].

3. Содержание NPK в зерне и соломе ярового ячменя, % на воздушно-сухое вещество (в среднем за 2011-2013 гг.)

Вариант опыта	Зерно						Солома					
	N		P ₂ O ₅		K ₂ O		N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	фон I	фон II	фон I	фон II	фон I	фон II	фон I	фон II	фон I	фон II	фон I	фон II
1. Контроль	1,58	1,75	0,95	0,95	0,70	0,66	0,66	0,82	0,37	0,35	1,09	1,15
2. Контроль + БП	1,67	1,79	1,04	1,00	0,76	0,74	0,77	0,83	0,41	0,43	1,20	1,30
3. АФ 12:52	1,72	1,77	0,94	0,94	0,73	0,66	0,76	0,82	0,36	0,34	1,04	1,13
4. АФ 12:52 + БП	1,80	1,90	0,98	1,02	0,73	0,72	0,86	0,86	0,42	0,43	1,22	1,21
5. АЗФК 13:19:19	1,82	1,78	0,96	0,94	0,64	0,66	0,71	0,76	0,36	0,30	1,22	1,35
6. АЗФК 13:19:19 + БП	1,81	1,81	1,01	1,01	0,65	0,66	0,76	0,80	0,37	0,33	1,39	1,40
НСР _{0,5} : А		0,02		0,02		0,01		0,01		0,02		0,01
В		0,03		0,03		0,02		0,02		0,03		0,02
С		0,02		0,02		0,01		0,01		0,02		0,01

4. Вынос основных элементов питания урожаем ячменя, г/м² (в среднем за 2011-2013 гг.)

Вариант опыта	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	фон I	фон II	фон I	фон II	фон I	фон II
1. Контроль	4,40	5,89	2,57	3,00	3,76	4,55
2. Контроль + БП	5,25	6,70	3,12	3,71	4,51	5,80
3. АФ 12:52	6,56	7,32	3,45	3,68	5,10	5,71
4. АФ 12:52 + БП	8,13	8,91	4,35	4,81	6,50	6,97
5. АЗФК 13:19:19	7,06	8,33	3,72	4,08	5,77	7,35
6. АЗФК 13:19:19 + БП	8,67	9,77	4,69	5,07	7,44	8,45

При применении биопрепарата БисобиФит коэффициент использования растениями азота из аммофоса увеличился на 15-18%, из азофоски на 22-24% (табл. 5). Высокие коэффициенты использования азота из биомодифицированных удобрений (75-76%), определенные разностным методом, можно объяснить потреблением биологического азота, накопленного ризосферными азотфиксирующими микроорганизмами, относящимися к роду *Bacillus subtilis* Ч-13.

5. Коэффициенты использования растениями основных элементов питания из удобрений и почвы, % (в среднем за 2011-2013 гг.)

Вариант опыта	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	фон I	фон II	фон I	фон II	фон I	фон II
3. АФ 12:52	61	51	20	14	-	-
4. АФ 12:52 + БП	76	75	22	30	-	-
5. АЗФК 13:19:19	54	58	30	26	47	61
6. АЗФК 13:19:19 + БП	76	76	33	34	69	62

Биомодификация минеральных удобрений также способствовала более эффективному использованию фосфора и калия из удобрений и почвы.

На почве с высоким содержанием подвижного фосфора биопрепараты повышали коэффициенты его использования из аммофоса на 16%, из азофоски – на 8%.

Коэффициент использования калия при применении модифицированной азофоски на почве с низким содержанием подвижного фосфора за счет биопрепарата увеличивался с 47 до 69%.

Заключение. Необходимо отметить, что биомодификация удобрений является эффективным приемом, обеспечивающим повышение урожайности ярового ячменя на 13 – 20% по

сравнению с необработанными биопрепаратом минеральными удобрениями. Повышение урожайности происходит за счет формирования более высокой продуктивной кустистости растений, увеличения массы 1000 зёрен и озёрнённости колоса. При этом улучшается качество зерна, повышаются содержание основных элементов питания в зерне и соломе, а также вынос их с урожаем. Применение биопрепарата повысило коэффициенты использования основных элементов питания из азофоски и аммофоса.

Литература

1. Анисков, Н.И. Селекция ячменя в Западной Сибири / Н.И. Анисков // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 1. – С. 24-26.
2. Братцева, Л.И. Селекция ярового ячменя в Западной Сибири / Л.И. Братцева, П.Н. Николаев, П.В. Пополухин // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 5. – С. 11-13.
3. Гамзиков, Г.П. Проблемы азота в земледелии России / Г.П. Гамзиков, А.А. Завалин // Плодородие. – 2006. – № 5. – С. 31-33.
4. Гулидова, В.А. Особенности возделывания ячменя для производства солода / В.А. Гулидова // Зерновое хозяйство. – 2001. – № 3 (6). – С. 26-29.
5. Жуков, Ю.П. Эффективность применения расчетных доз удобрений и пестицидов на ячмене / Ю.П. Жуков, Г.Б. Кириллова // Агрохимия. – 2001. – № 5. – С. 23-26.
6. Завалин, А.А. Биологизация минеральных удобрений как способ повышения эффективности их использования / А.А. Завалин, Чеботарь В.К., Ариткин А.Г., Сметов Д.Б. // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 9. – С. 45-47.
7. Завалин, А.А. Действие удобрений и биопрепаратов на продуктивность сортов ячменя / А.А. Завалин, Т.М. Духанина, Х.А. Хусайнов, О.А. Ляличкин, В.А. Соколов, А.Л. Тарасов, С.И. Новоселов, М.А. Евдокимова // Агрохимия. – 2003. – № 1. – С. 30-37.
8. Кореньков, Д.А. Агроэкологические аспекты применения азотных удобрений / Д.А. Кореньков. – М.: Агропрогресс, 1999. – 295 с.
9. Михайлова, Л.А. Оптимизация питания ячменя, озимой ржи, картофеля и клевера и эффективность минеральных удобрений при разной окультуренности дерново-подзолистых почв Предуралья: Автореферат дисс. ... доктора с. – х. наук / Л.А. Михайлова. – Пермь, 2008. – 41 с.
10. Новые технологии производства и применения биопрепаратов комплексного действия / Под ред. А.А. Завалина, А.П. Кожемякова. – СПб: ХИМИЗДАТ, 2010. – 64 с.
11. Оценка эффективности микробных препаратов в земледелии / Под ред. А.А. Завалина. – М.: РАСХН, 2000. – 82 с.
12. Тихонович, И.А. Биопрепараты в сельском хозяйстве: Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве / И.А. Тихонович, А.П. Кожемяков, В.К. Чеботарь, Ю.В. Круглов, Н.В. Кандыбин, Г.Ю. Лаптев. – М.: РАСХН, 2005. – 154 с.
13. Чеботарь, В.К. Эффективность применения биопрепарата Экстрасол / В.К. Чеботарь, А.А. Завалин, Е.Н. Кипрушкина. – М.: ВНИИ, 2007. – 216 с.

INCREASING THE EFFICIENCY OF MINERAL FERTILIZERS BY MODIFICATION WITH BISOLBIFIT

A.A. Zavalin¹, L.S. Chernova¹, A.Yu. Gavrilova²

¹Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry, ul. Pryanishnikova 31a, Moscow, 127550 Russia

²Smolensk Research Institute of Agriculture, ul. Nakhimova 21, Smolensk, 214025 Russia

The effect of the microbial preparation BisolbiFit on the efficiency of complex mineral fertilizers at the growing of spring barley on sandy loamy soddy-podzolic soil has been studied. It has been found that the application of ammophoska and ammophos granules coated with BisolbiFit increases the crop yield, improves grain quality, and increases the yield gain due to fertilization, as well as the utilization coefficients of nitrogen, phosphorus, and potassium from fertilizers and soil.

Keywords: spring barley, biopreparations, BisolbiFit, biomodification, crop yield, soddy-podzolic soil.

