

ИЗМЕНЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ И КАЧЕСТВА УРОЖАЯ ЗЕРНА ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПРИ ВНЕСЕНИИ БИОМОДИФИЦИРОВАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

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

Представлены результаты опыта по влиянию минеральных удобрений и микробного препарата БисолбиФит на величину и качество урожая ячменя. Установлена эффективность биологической модификации комплексных минеральных удобрений.

Ключевые слова: ячмень, минеральные удобрения, биомодификация, урожайность, качество зерна, дерново-подзолистая почва.

В последние годы в зерновом производстве страны увеличилась доля ячменя. Посевная площадь этой культуры в России составляет 10 млн га, но урожайность остается самой низкой в Европе – в среднем 1,5 т/га. Увеличение производства зерна ячменя – одна из ключевых проблем сельского хозяйства. Оно должно достигаться не за счет расширения посевных площадей, а в основном за счёт увеличения урожайности [1].

Важнейший приём получения высоких и устойчивых урожаев зерновых культур – применение минеральных удобрений. Однако, в последнее десятилетие экономические и экологические факторы производства диктуют необходимость поиска возможностей повышения коэффициентов использования элементов питания из удобрений, а также снижения объёмов применения химических средств защиты растений [7]. Одним из способов решения этой проблемы может быть использование микробного препарата БисолбиФит, разработанного в ВНИИХМе, активным биоагентом которого является штамм ризосферных азотфиксирующих бактерий *Bacillus subtilis* Ч – 13. Микробный препарат БисолбиФит можно использовать для биологической модификации различных видов гранулированных минеральных удобрений, нанося его на гранулы. Спорообразующие бактерии *Bacillus subtilis* штамма Ч-13 способны активно колонизировать корни и улучшают развитие корневых волосков и их поглотительную способность. Кроме того, данные бактерии могут продуцировать фитогормоны и витамины, синтезировать в процессе своего роста антибиотики, подавляющие развитие фитопатогенных грибов и бактерий. Микроорганизмы, входящие в состав биопрепарата, повышают использование растениями элементов питания из минеральных удобрений, а также увеличивают доступность почвенных запасов фосфора и калия [2-4, 6, 8].

Методика. Исследования проводили в 2011-2012 гг. на опытном поле Смоленского НИИСХ на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.

Эффективность минеральных удобрений [аммофоса (АФ 12:52), азофосок с разным содержанием основных элементов питания (АЗФК 13:19:19) и (АЗФК 15:15:15), диамофоски (ДАФК 10:26:26)] и биопрепарата (БП) изучали на двух фонах, различающихся обеспеченностью почвы подвижным фосфором (табл. 1). Площадь деланки 1 м², повторность – пятикратная. Культура – яровой ячмень сорта Гонар, норма высева – 500 зёрен/м². Биопрепарат наносили на гранулы минеральных удобрений из расчёта 5 г/кг удобрения.

1. Агрохимические показатели дерново – подзолистой легкосуглинистой почвы

Почва	Гумус, %	N _{мин} , мг/кг	Hг, мг-экв/100 г почвы	pH _{KCl}	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	Ca, мг-экв/100 г почвы	Mg, мг-экв/100 г почвы
Фон I	2,1	22	3,94	5,6	49	113	5,0	0,85
Фон II	2,1	26	4,87	5,6	152	109	4,8	0,75

В почвенных образцах определение органического вещества проводили по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91), pH солевой вытяжки – потенциометрическим методом (ГОСТ 26423-85), гидролитическую кислотность – по Каппену в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91), азота нитратов – ионометрическим методом (ГОСТ 26951-86), азота обменного аммония – фотометрическим методом (ГОСТ 26489-85), определение подвижных соединений фосфора и калия – по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-91), обменных кальция и магния – комплексометрическим методом (ГОСТ 26487-85).

В растительных образцах определяли содержание азота (ГОСТ 13496.4-93) и фосфора (ГОСТ 26657-97) – фотометрическим методом, калия – пламенно-фотометрическим методом (ГОСТ 30504-97).

Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа с использованием программы «STAT VNIA».

Погодные условия в период проведения исследований различались: 2011 г. характеризовался избытком атмосферных осадков в весенний период (92 мм в мае) и умеренно увлажнённым летним периодом с повышенными средними температурами воздуха. 2012 г., напротив, характеризовался засушливыми маем и июлем и переувлажнёнными июнем и августом (145 мм и 137 мм осадков соответственно) и повышенными на 1,5-2,0 °C среднесуточными температурами воздуха.

Результаты и их обсуждение. Продуктивность ячменя в среднем за два года без минеральных удобрений и биопрепарата составила 182 г/м² на фоне с низким и 221 г/м² на фоне с высоким содержанием подвижного фосфора (табл. 2). Минимальная эффективность от удобрений получена на обоих фонах при применении аммофоса вследствие отсутствия в нём калия. Максимальная прибавка урожайности зерна отмечена при внесении диамофоски и азофоски с соотношением питательных веществ 15:15:15 и превышала контроль на 51-54% на фоне с низкой обеспеченностью и на 48-51% на фоне с высокой обеспеченностью подвижного фосфора в почве.

2. Эффективность применения минеральных удобрений и биопрепарата на яровом ячмене (среднее за 2011-2012 гг.)

Вариант опыта	Урожайность, г/м ²		Окупаемость, кг/кг	
	фон I	фон II	фон I	фон II
1. Контроль	182	221	-	-
2. Контроль + БП	189	240	-	-
3. АФ 12:52	230	257	5,3	4,1
4. АФ 12:52 + БП	266	295	8,5	6,1
5. АЗФК 13:19:19	258	299	5,6	5,8
6. АЗФК 13:19:19+ БП	307	351	8,8	8,2
7. ДАФК 10:26:26	274	313	6,8	6,9
8. ДАФК 10:26:26 + БП	307	346	8,7	7,9
9. АЗФК 15:15:15	281	308	7,3	6,5
10. АЗФК 15:15:15 + БП	323	375	9,9	10,0

*HCP_{0.5}(A) – 8; HCP_{0.5}(B) – 9; HCP_{0.5}(C) – 9.

*Фактор А – уровень плодородия почвы (фон I и II), фактор В – минеральные удобрения, фактор С – биопрепарат.

Обработка гранул минеральных удобрений биопрепаратом (биомодификация) способствовала дальнейшему росту урожайности зерна ярового ячменя. Положительный эффект от обработки был максимальным на биоминеральных формах азофосок. Биомодификация АЗФК (13:19:19) и АЗФК

(15:15:15) позволила дополнительно повысить продуктивность зерна ячменя на 17-19 и 15-22 % соответственно.

Применение минеральных удобрений и биопрепарата увеличивало окупаемость удобрений прибавкой урожая зерна. Этот показатель зависел от обеспеченности почвы подвижным фосфором. Окупаемость удобрений от применения биопрепарата на фоне I повышалась на 1,9-3,2 кг/кг, на фоне II – на 1,0-3,5 кг/кг.

Зерно ячменя сорта Гонар используют главным образом на пивоваренные цели; оно должно содержать не более 12 % сырого белка [9]. Как показали исследования, применение биомодифицированных минеральных удобрений и биопрепарата позволило повысить белковость зерна до 10,9 % (табл. 3), что соответствовало требованиям, предъявляемым к пивоваренному ячменю (ГОСТ 5060-86).

Результатирующим показателем характеристики пивоваренного зерна ячменя является его экстрактивность – количество сухих веществ, способных переходить под воздействием ферментов ячменного солода из размолотого зерна в водный раствор. Чем выше экстрактивность зерна, тем больше выход пива. Экстрактивность зерна ячменя составляла 81-82 %, что соответствует европейскому стандарту для лучших пивоваренных сортов [5].

Повышение урожайности зерна связано с изменением отдельных элементов его структуры. Применение биопрепарата и минеральных удобрений повышало: озерненность колоса с 13 до 18 шт., высоту растений на 9-11 см на I фоне и на 4-8 см на II фоне, массу 1000 зёрен на 2,0-6,3 г по сравнению с контролем на обоих фонах (табл. 4). Продуктивная кустистость увеличивалась при применении биоминеральной формы азотоса. Хозяйственный коэффициент не зависел от использования биопрепарата.

Использование минеральных удобрений изменило химический состав растений: концентрация азота в зерне увеличилась на 0,1-0,35 % на почве с низким содержанием подвижного фосфора, на почве с высоким – не изменилась или незначительно уменьшилась. Возможно, уменьшение концентрации азота произошло за счёт ростового разбавления. При применении биопрепарата содержание азота в зерне ячменя повысилось на 0,13-0,20 % на I фоне и на 0,01-0,19 % на II фоне. Концентрация фосфора и калия в зерне при использовании

минеральных и биомодифицированных удобрений фактически не изменилась.

Содержание азота в соломе на I фоне повысилось от применения минеральных удобрений на 0,07-0,13 %. Биологическая модификация аммофоса и азотоса 15:15:15 способствовала росту исследуемого показателя на обоих фонах (табл. 5). Концентрация фосфора в соломе ячменя увеличилась при применении биомодифицированного аммофоса с 0,30 до 0,40%. Применение минеральных удобрений, кроме аммофоса, повысило концентрацию калия в соломе.

3. Влияние минеральных удобрений и биопрепарата на качество зерна ячменя (среднее за 2011-2012 гг.)

Вариант опыта	Сырой белок, %		Экстрактивность, %	
	фон I	фон II	фон I	фон II
1	8,3	10,1	81	81
2	8,8	9,8	81	81
3	9,4	9,7	81	81
4	9,6	10,9	81	80
5	10,3	9,8	81	81
6	10,0	10,2	81	81
7	9,0	9,6	82	81
8	9,6	10,3	81	81
9	8,9	9,0	81	82
10	9,8	9,7	81	82

4. Влияние минеральных удобрений и биопрепарата на элементы структуры урожая ячменя (среднее за 2011-2012 гг.)

Вариант опыта	K _{хоз}		Масса 1000 зёрен, г		Продуктивная кустистость, шт/раст.		Высота растений, см	
	фон I	фон II	фон I	фон II	фон I	фон II	фон I	фон II
1	0,44	0,46	34,3	40,6	1,3	1,4	37,0	44,0
2	0,43	0,45	35,8	41,6	1,3	1,3	40,0	47,9
3	0,42	0,45	37,0	41,1	1,4	1,5	43,8	45,6
4	0,42	0,44	38,3	40,6	1,5	1,6	46,2	47,9
5	0,44	0,43	39,6	43,3	1,5	1,3	47,3	48,3
6	0,44	0,44	40,3	44,3	1,6	1,4	48,2	51,9
7	0,43	0,46	40,6	42,6	1,6	1,4	46,6	48,4
8	0,44	0,48	43,0	43,3	1,7	1,7	47,2	49,5
9	0,45	0,44	39,7	41,5	1,7	1,4	45,6	49,2
10	0,43	0,46	40,2	43,0	1,9	1,8	47,4	51,3
HCP _{0,5}	0,01		0,5		0,1		0,9	

5. Содержание основных элементов питания в зерне и соломе ярового ячменя, % на сухое вещество (среднее за 2011-2012 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	1,46	1,76	0,95	0,97	0,77	0,73	0,59	0,82	0,35	0,41	0,99	1,05
2	1,55	1,72	1,06	1,01	0,79	0,76	0,67	0,90	0,39	0,44	1,13	1,27
3	1,64	1,70	0,96	0,98	0,78	0,72	0,66	0,71	0,30	0,32	0,94	1,04
4	1,68	1,91	0,99	1,04	0,78	0,72	0,80	0,86	0,40	0,40	1,08	1,06
5	1,81	1,72	1,05	0,96	0,76	0,72	0,72	0,70	0,35	0,28	1,17	1,43
6	1,76	1,78	1,06	1,00	0,78	0,72	0,73	0,74	0,36	0,29	1,39	1,41
7	1,58	1,68	0,95	0,90	0,76	0,68	0,68	0,71	0,32	0,32	1,26	1,34
8	1,68	1,81	0,94	0,96	0,72	0,74	0,75	0,71	0,33	0,35	1,21	1,35
9	1,56	1,57	1,02	0,97	0,74	0,69	0,72	0,73	0,38	0,30	1,16	1,37
10	1,72	1,71	1,04	0,96	0,76	0,70	0,93	0,78	0,39	0,29	1,31	1,44
HCP _{0,5}	0,02		0,01		0,02		0,01		0,02		0,02	

6. Вынос основных элементов питания урожаем ячменя (зерно + солома), г/м² (среднее за 2011-2012 гг.)

Вариант опыта	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	фон I	фон II	фон I	фон II	фон I	фон II
1	4,00	5,77	2,53	3,10	3,57	4,29
2	4,62	6,54	3,01	3,74	4,22	5,71
3	5,80	6,38	3,27	3,61	4,70	5,28
4	7,24	8,44	4,21	4,49	5,86	6,22
5	6,87	7,85	3,76	4,03	5,79	7,64
6	8,30	9,39	4,79	4,93	7,68	8,87
7	6,75	7,75	3,76	4,01	6,33	6,91
8	8,11	8,81	4,26	4,73	6,90	7,51
9	6,95	7,58	4,10	4,12	6,04	7,13
10	9,32	9,78	5,20	4,89	7,75	8,88

Вынос элементов питания зависел от их концентрации и от величины урожая зерна и массы соломы (табл. 6). Применение минеральных удобрений повышало вынос урожая ячменя: азота на I фоне на 45-74 %, на II фоне – на 11-36 %; фосфора – на 30-60 % на фоне с низким содержанием его в почве и на 16-33 % на фоне с высоким содержанием; калия – на 32-77 и 23-78 % соответственно.

Нанесение биопрепарата на минеральные удобрения способствовало повышению выноса азота на 14-34 %, фосфора на 13-29 и калия на 9-33 %.

Закключение. Максимальная урожайность зерна ячменя получена при применении биологически модифицированных форм минеральных удобрений, на гранулы которых нанесен биопрепарат. При этом повышалось содержание азота, фос-

фора и калия в зерне и соломе, а также увеличивался вынос основных питательных веществ с урожаем.

Литература

1. Братцева Л.И., Николаев П.Н., Поползухин П.В. Селекция ярового ячменя в Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК.- 2013.- №5.- С. 11-13. 2. Завалин А.А., Сидакова М.С., Кожемяков А.П., Чеботарь В.К. Использование биопрепаратов комплексного действия при возделывании ячменя // Плодородие. - 2005. - №2. - С. 31-33. 3. Завалин А.А., Тарасов А.Л., Чеботарь В.К., Казаков А.В. Эффективность применения под яровую пшеницу биопрепарата *Bacillus subtilis* Ч-13 при нанесении на гранулы аммиачной селитры // Агрохимия.- 2007.- №7.- С. 32-36. 4. Кандыба Е.В., Лазарев В.И. Бактериальные удобрения и урожай // Сельскохозяйственные вести. -

2003.- №3.- С. 77-78. 5. Мельникова О.В., Торилов В.В. Пивоваренные качества зерна и солода ярового ячменя при различных уровнях минерального питания // Проблемы агрохимии и экологии. - 2011.- №2.- С. 54-57. 6. Паишев Е.Б. Биологическое обоснование создания и особенности применения биопрепаратов, содержащих *Bacillus subtilis*, для защиты растений от фитопатогенов // Проблемы агрохимии и экологии.- 2009.- №2. - С. 41-46. 7. Сметов Д.Б., Титова В.И. Влияние совместного внесения минеральных удобрений и биопрепарата Бисолбифит на продуктивность ячменя // Плодородие. - 2010. - №4. - С. 19-21. 8. Чеботарь В.К., Завалин А.А., Кипрушкина Е.Н. Эффективность применения биопрепарата экстрасол. - М.: Изд-во ВНИИ, 2007. - 216 с. 9. ГОСТ 5060-86. Ячмень пивоваренный. Технические условия.

CHANGES IN THE YIELD AND QUALITY OF SPRING BARLEY GRAIN AT THE APPLICATION OF BIOMODIFIED MINERAL FERTILIZERS

A.A. Zavalin, L.S. Chernova, A.Yu. Gavrilova,

Pryanishnikov Research Institute of Agricultural Chemistry, Russian Academy of Agricultural Sciences, ul. Pryanishnikova 31a, Moscow, 127550 Russia

*The effect of fertilizers and the microbiological preparation BisolbiFit (obtained on the basis of rhizosphere nitrogen-fixing bacteria *Bacillus subtilis* Ch-13) on the yield and quality of barley grain has been studied. The efficiency biological modification of complex mineral fertilizers has been revealed. The maximum effect on the yield of barley grain was obtained at the application of biological preparation in combination with pellets NPK (13:19:19) and NPK (15:15:15).*

Keywords: barley, fertilizers, biomodification, yield, grain quality, soddy-podzolic soil.