

УДК 631.811+631.816

ЭФФЕКТИВНОСТЬ БИОМОДИФИЦИРОВАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ЧЕРНОЗЕМАХ ЛЕСОСТЕПИ ПОВОЛЖЬЯ

А. Х. Куликова¹⁾, Г. В. Сайдяшева²⁾

¹⁾Ульяновский государственный аграрный университет,
432017, Ульяновск, Российская Федерация

²⁾Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Самарского научного центра Российской академии наук,
433315, Ульяновская область, п. Тимирязевский, Российская Федерация

Аннотация. Исследования по изучению эффективности использования биомодифицированных минеральных удобрений проводились на базе Ульяновского НИИСХ (научно-исследовательского института сельского хозяйства) – филиала Самарского научного центра РАН в 2013-2018 гг., в течение ротации пятипольного зернопарового севооборота: пар чистый – озимая пшеница – яровая пшеница – ячмень – овес. Схема полевого опыта включала следующие варианты (кроме контрольного): с внесением в почву биопрепарата БисолбиФит (внесение с семенами, которые обрабатывали перед посевом), азофоски $N_{15}P_{15}K_{15}$ в чистом виде, модифицированной биопрепаратом азофоски в той же дозе $N_{15}P_{15}K_{15}$, половинной дозы модифицированной азофоски ($N_{7,5} P_{7,5} K_{7,5}$). Эффективность удобрений и биопрепарата при возделывании культур изучали на трех фонах: естественном (контроль), аммиачной селитры в дозе 40 кг д.в./га (NH_4NO_3) и модифицированной аммиачной селитры в дозе 20 кг д.в./га. Было установлено, что модификация азофоски биопрепаратом БисолбиФит позволяет значительно повысить коэффициент использования ее элементов растениями. Последнее позволяет уменьшить дозы удобрения в два раза, не снижая продуктивности возделываемых культур. Длительное возделывание культур с применением только минеральных удобрений и биопрепарата привело к относительному снижению содержания гумуса в почве и к ее подкислению. За 6 лет в пахотном слое чернозема выщелоченного содержание гумуса уменьшилось на 0,12 %, кислотность почвенного раствора повысилась на 0,5 единиц рН_{KCl}. Наиболее высокоурожайной культурой в условиях лесостепи Поволжья при возделывании на черноземах являлась озимая пшеница (до 4,00 т/га и более, в наших опытах – 3,88-4,80 т/га). Урожайность яровой пшеницы в среднем составила 2,68–3,31 т/га, яровой ячменя – 2,67-3,21 т/га, овса – 2,15-2,71 т/га. Наиболее высокая продуктивность севооборота была зафиксирована на фоне использования модифицированной аммиачной селитры в дозе 20 кг д.в./га (½ NH_4NO_3) при внесении модифицированной азофоски ($N_{15}P_{15}K_{15}$). Сбор зерна за 2013 – 2018 гг. в данном варианте составил 13,36 т/га, превысив контрольный вариант на данном фоне, на 1,31 т/га.

Ключевые слова: биомодифицированное удобрение, сельскохозяйственные культуры, урожайность.

Введение. Использование минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур является неотъемлемым фактором повышения урожайности. Однако применение их может сопровождаться негативными последствиями: загрязнением окружающей среды, потерей элементов питания, что приводит к снижению коэффициента их использования. Так, использование культурами азота, входящего в состав внесённых азотных удобрений, не превышает 30-50 %, фосфора – 20-30 %, калия 30-40 % [9]. Прежде всего, это касается хорошо растворимых азотных удобрений, часть которых вымывается в грунтовые воды, часть – улетучивается в атмосферу. Большая часть фосфорных удобрений при их внесении в любые почвы становится недоступной, поэтому очень важно повысить коэффициент использования элементов питания из вносимых в почву удобрений. Одним из возможных решений данной проблемы является использование биологической модификации гранул минеральных удобрений, то есть получение так называемых биоминеральных удобрений [7], [8]. Сущность модификации заключается во нанесении на гранулы минеральных удобрений биологического препарата на основе штамма бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13 «БисолбиФит». Авторы считают, что таким образом можно на 15-40 % повысить эффективность минеральных удобрений [3], [10]. Так, при возделывании яровой пшеницы внесение в почву аммиачной селитры, обработанной биопрепаратом БисолбиФит, повысило коэффициент использования растениями азота, входящего в состав удобрений, на 5-7 % при определении изотопным методом и на 9-12 % – разностным методами [5].

Все вышеизложенное определило цель наших исследований – изучение эффективности минеральных и биомодифицированных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур на черноземах лесостепи Поволжья.

Материалы и методы исследований. Научно-исследовательская работа проводилась на базе Ульяновского научно-исследовательского института сельского хозяйства – филиала Самарского федерального исследовательского научного центра РАН в 2013-2018 гг. с использованием пятипольного зернопарового севооборота с чередованием культур: пар чистый – озимая пшеница – яровая пшеница – ячмень – овес. Почва опытного поля была представлена выщелоченным тяжелосуглинистым черноземом. Его агрохимическая характеристика: содержание гумуса – 6,43-6,62 %, подвижных (доступных) форм фосфора и калия (по

Чирикову), соответственно, – 214-228 и 101-117 мг/кг почвы (очень высокая и высокая обеспеченность данными элементами), реакция почвенного раствора близка к нейтральной (6,3-6,5 единиц pH_{KCl}).

Объектами исследований являлись:

– минеральные удобрения: азофоска (АЗФК) с 15 % содержанием азота, фосфора и калия; аммиачная селитра $NH_4 NO_3$ с 34 % содержанием азота, (вносилась как фоновое удобрение под предпосевную культивацию).

– порошкообразная форма микробиологического препарата БисолбиФит на основе штамма *Bacillus subtilis* Ч-13, изготовленная в ГНУ ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (г. Пушкин): обработку посевного материала проводили за 1-2 дня до посева. Препарат (400-600 г на гектарную норму семян) растворяли в воде из расчета 10 л/т семян, тщательно перемешивая до равномерного распределения препарата.

– биомодифицированные удобрения на основе азофоски и аммиачной селитры ($N_{15}P_{15}K_{15}$ мод., $NH_4 NO_3$ мод). Для приготовления данных удобрений сухую форму микробиологического препарата БисолбиФит наносили на минеральные удобрения в день их внесения из расчета 4 кг на 1 тонну.

– сельскохозяйственные культуры: озимая пшеница (сорт Харьковская 92), яровая пшеница (Симбирцит), ячмень (Нутанс 553), овес (Рысак).

Схема полевого опыта включала 5 основных вариантов:

1. Контроль (без удобрений).

2. Предпосевная обработка семян биологическим препаратом БисолбиФит в дозе 400-600 г/т.

3. Внесение в почву азофоски под предпосевную культивацию в дозе $N_{15}P_{15}K_{15}$ (NPK).

4. Внесение в почву под предпосевную культивацию азофоски, обработанной биопрепаратом в дозе 15 кг д.в./га (NPK_м).

5. Внесение в почву под предпосевную культивацию половинной дозы азофоски – 7,5 кг д.в./га ($\frac{1}{2}$ NPK_м).

Эффективность минеральных, биомодифицированных минеральных удобрений и биопрепарата БисолбиФит оценивали при возделывании культур на 3-х фонах: нулевом (контроль); с внесением аммиачной селитры в чистом виде дозой в 40 кг д.в./га ($NH_4 NO_3$); аммиачной селитры, обработанной биопрепаратом, дозой в 20 кг д.в./га ($\frac{1}{2}$ NPK_м).

Полевой опыт проводили в 3-х кратной повторности с рендомизированным размещением делянок согласно схеме. Общая площадь одной делянки – 145 м² (5,8x25), учетной – 100 м² (4x25). Организацию и проведение опытов, анализы почвенных и растительных образцов осуществляли по соответствующим ГОСТам в строгом соответствии с методическими требованиями.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты исследований изучения эффективности использования биомодифицированных минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур представлены в таблицах 1-3 и на рисунке.

Таблица 1 – Интенсивность разложения льняного полотна под посевами культур севооборота в зависимости от применения минеральных, биоминеральных удобрений и биопрепарата БисолбиФит, % (слой почвы 0-30 см)

Вариант	Озимая пшеница	Яровая пшеница	Ячмень	Овес
Фон 1 – нулевой				
1. Контроль	20,1	14,5	28,7	20,1
2. БисолбиФит	35,1	17,6	4,07	30,1
3. NPK (азофоска)	23,8	18,8	34,7	27,6
4. NPK _м (азофоска модифицированная)	37,8	24,5	42,5	46,3
5. $\frac{1}{2}$ NPK _м (азофоска модифицированная)	31,5	24,2	42,1	37,5
Среднее по фону	30	19,9	37,7	32,3
Фон 2 – $NH_4 NO_3$				
1. Контроль	22,7	16,8	34,4	22,7
2. БисолбиФит	41,0	20,5	43,4	35,0
3. NPK (азофоска)	24,9	19,1	36,6	36,2
4. NPK _м (азофоска модифицированная)	38,9	28,7	44,5	49,1
5. $\frac{1}{2}$ NPK _м (азофоска модифицированная)	33,3	27,1	42,5	40,4
Среднее по фону	32,3	22,4	40,3	36,7
Фон 3 – $\frac{1}{2} NH_4 NO_3$				
1. Контроль	28,4	18,4	36,2	22,4
2. БисолбиФит	44,7	21,5	44,2	43,2
3. NPK (азофоска)	30,7	19,7	37,1	36,2
4. NPK _м (азофоска модифицированная)	61,1	30,3	50,2	61,1
5. $\frac{1}{2}$ NPK _м (азофоска модифицированная)	47,2	27,9	44,5	47,2
Среднее по фону	42,4	23,6	42,4	42,0

Следует отметить, что урожайность культур находилась в прямой линейной зависимости от интенсивности разложения льняного полотна (рис. 1)

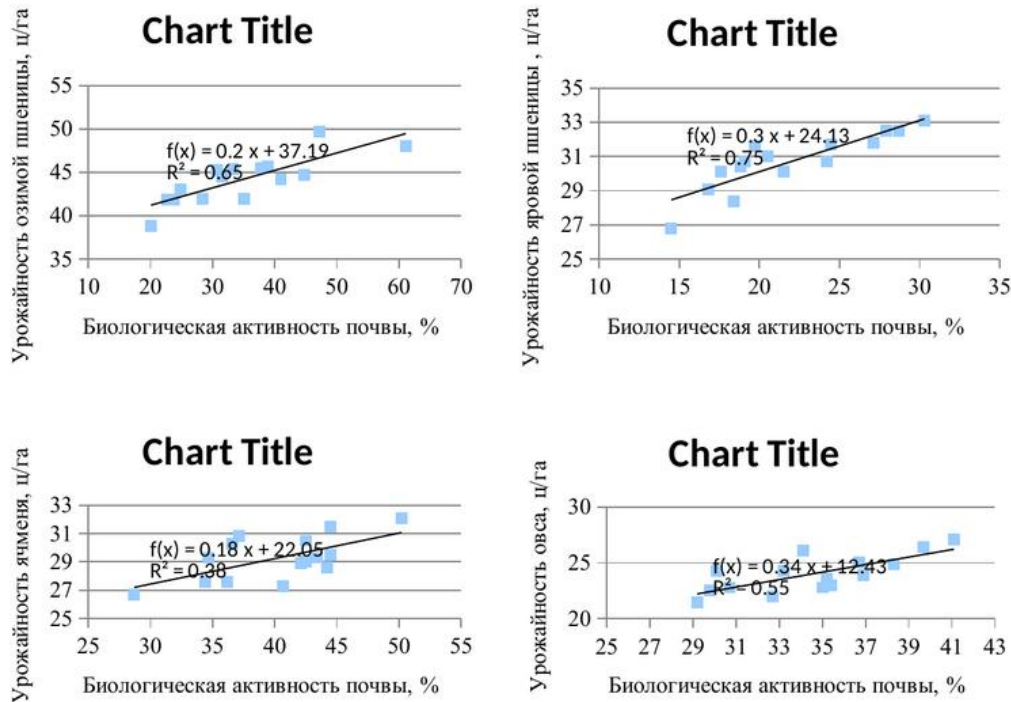


Рис. 1. Зависимость урожайности культур зернопарового севооборота от степени разложения льняного полотна

Согласно данным, представленным в таблице 2, можно сделать вывод: применение минеральных и биомодифицированных минеральных удобрений при возделывании культур севооборота сопровождалось заметным изменением агрохимического состояния пахотного слоя чернозема выщелоченного.

Таблица 2 – Агрохимические показатели пахотного слоя выщелоченного чернозема в начале и конце ротации севооборота (средние)

Годы	Гумус, %	pH _{кел}	P ₂ O ₅	K ₂ O	2+Ca	2+Mg
			мг/кг		мг-экв./100 г почвы	
2013	7,27	6,5	291	138	32,6	5,4
2018	7,15	6,0	265	105	31,2	5,0

Урожайность культур севооборота при применении биопрепарата, минеральных и биомодифицированных удобрений представлена в таблице 3.

Биологическая активность. Воздействие любых агротехнических приемов, в том числе удобрений, на формирование урожайности культур является следствием комплекса изменений, происходящих в почве. При этом важнейшая роль в этом принадлежит деятельности почвенных микроорганизмов, поскольку их активность определяет протекание самых разнообразных почвенных процессов, в том числе постепенный переход труднодоступных и малодоступных форм элементов питания в соединения, способные усваиваться корневой системой растений [4], [1]. Поэтому при изучении эффективности тех или иных приемов, направленных на повышение продуктивности культур, оценка биологического состояния почвы необходима.

Микробиологическую деятельность в почве можно определять разными методами. По мнению ряда ученых, наиболее простым, но достаточно информативным методом, позволяющим оценить общую биологическую активность почвы непосредственно под посевами культур, при определении целлюлозоразлагающей активности является аппликационный (по разложению льняного полотна). В разложении клетчатки участвуют многие функциональные группы микроорганизмов. В таблице 1 приведены результаты определения интенсивности разложения льняного полотна в пахотном слое выщелоченного чернозема под посевами культур за ротацию севооборота (2014-2018 гг.). Это средние за 3 года данные по каждой культуре в слое почвы 0-30 см.

Таблица 3 – Урожайность культур севооборота при применении биопрепарата, минеральных и биомодифицированных удобрений, т/га

Фон	Вариант	Озимая пшеница	Яровая пшеница	Ячмень	Овес	Сбор зерна
		2013-2015 гг	2014-2016 гг	2015-2017гг	2016-2018 гг	2013-2018 гг
нулевой	1. Контроль	3,88	2,68	2,67	2,15	11,38
	7. БисолбиФит	4,20	3,01	2,73	2,20	12,14
	8. N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	4,19	3,04	2,93	2,28	12,44
	9. N ₁₅ P ₁₅ K _{15M}	4,55	3,17	3,05	2,30	13,07
	10. ½ N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	4,45	3,07	2,89	2,88	12,69
Среднее по фону		4,25	2,99	2,85	2,24	12,33
NH ₄ NO ₃	1.Контроль	4,19	2,91	2,76	2,43	12,29
	2. БисолбиФит	4,42	3,10	2,93	2,50	12,95
	3. N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	4,30	3,07	3,03	2,61	12,01
	4. N ₁₅ P ₁₅ K _{15M}	4,57	3,25	3,15	2,71	13,68
	5. ½N ₁₅ P ₁₅ K _{15M}	4,54	3,18	2,90	2,64	13,26
Среднее по фону		4,40	3,10	2,55	2,57	12,62
½ NH ₄ NO ₃	6.Контроль	4,20	2,84	2,76	2,25	12,05
	7. БисолбиФит	4,47	3,01	2,86	2,36	12,70
	8. N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	4,53	3,16	3,08	2,40	13,17
	9. N ₁₅ P ₁₅ K _{15M}	4,80	3,31	3,21	2,49	13,81
	10. ½ N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	4,77	3,25	2,95	2,39	13,36
Среднее по фону		4,55	3,11	2,97	2,37	13,00
HCP ₀₅ (фон)		0,07	0,06	0,06	0,05	
HCP ₀₅ (вариант)		0,08	1,10	0,08	0,06	
HCP ₀₅ (взаимодействие)		0,18	0,19	0,13	0,12	
P, %		2,75	1,48	1,23	2,25	

Анализируя результаты исследований, представленных в таблице 1, мы можем сделать вывод: биологическая активность почвенных организмов под разными культурами заметно отличалась и зависела не только от вносимых удобрений, но и от погодных условий вегетации. Под посевами озимой пшеницы, ячменя и овса степень разложения целлюлозы в почве, согласно шкале, предложенной Д. Г. Звягинцевым, была средней (30-50 %); под посевами яровой пшеницы она была слабой (10-30 %). Последнее обусловлено недостатком влаги и высокими температурами в течение вегетации: потери влаги способствовали иссушению верхнего горизонта почвы.

Влияние удобрений на активность почвенных организмов привела к тому, что предпосевная обработка семян препаратом БисолбиФит способствовала резкому усилению биологической активности в пахотном слое почвы на 3,1-15 % (абсолютные значения).

Основу препарата БисолбиФит составляют штамм ризосферных бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13 и их метаболиты. Данные микроорганизмы обладают способностью синтезировать вещества, которые подавляют развитие фитопатогенных грибов и бактерий, обладают азотфиксирующими свойствами, повышают всхожесть семян и устойчивость растений к биотическим и абиотическим стрессам [2], [9], [14].

Как было отмечено выше, уникальное направление применения препарата БисолбиФит – биологическая модификация минеральных удобрений, которая позволяет повысить коэффициенты использования растениями элементов минеральных удобрений: азота – от 20 до 50 %, фосфора – от 20 до 30 %, калия – от 10 до 40 %. Суть биологической модификации заключается во нанесении на поверхность гранул минеральных удобрений микробиологического препарата (в данном случае БисолбиФита). В результате этого на поверхности гранул удобрений образуется «биокапсула», которая выполняет сразу несколько функций: защитную, удобрительную, стимулирующую. Сказанное подтверждается результатами наших экспериментов: целлюлозоразлагающая активность почвы при внесении биомодифицированной азофоски повысилась по отношению к контролю: под посевами озимой пшеницы – на 17,7 %, в варианте NPK в чистом виде – на 14 %; под посевами яровой пшеницы, соответственно, – на 10,0 и 5,7 %, ячменя – на 13,8 и 7,8 %, овса – на 26,2 и 18,7 %. Аналогичная закономерность сохранялась при возделывании культур на фоне использования аммиачной селитры и ее модифицированного аналога. При этом наиболее высокая активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов почвы была зафиксирована на фоне внесения половинной дозы модифицированной аммиачной селитры в варианте с внесением модифицированной азофоски: под посевами озимой пшеницы – 61,1 %, яровой пшеницы – 30,3 %, ячменя – 50,2 %, овса – 61,1 %.

Агрехимические показатели. Основными агрохимическими показателями, отражающими состояние питательного режима почвы, являются следующие: содержание гумуса и его запасов, элементов питания в доступных формах, кислотно-основные режимы (рН_{кс1}, Н_г, Са²⁺, Mg²⁺).

Почва опытного участка (чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый) характеризовалась отсутствием пестроты в содержании гумуса и элементов питания.

Определение содержания гумуса в 2018 г. показало, что при применении минеральных и биомодифицированных минеральных удобрений произошли заметные изменения в гумусном состоянии почвы: содержание его уменьшилось на 0,12 %, запасы – на 3,5 т/га. Следовательно, длительное возделывание сельскохозяйственных культур без применения органических удобрений неминуемо сопровождается снижением содержания гумуса и его запасов. Несмотря на то, что биомодификация минеральных удобрений способствует повышению коэффициентов использования элементов питания, полная компенсация выноса их из почвы урожаем культур не происходит.

За ротацию севооборота произошло также снижение в пахотном слое доступных фосфора и калия на 26 и 33 мг/кг почвы, соответственно. С одной стороны, это обусловлено потреблением их при формировании урожая (к тому же почвенные образцы отбирались в предуборочный период, то есть во время максимума их потребления), с другой – дозы фосфора и калия по 15 кг/га явно недостаточны для полного удовлетворения потребностей растений в данных элементах.

Следует также отметить, что за 6 лет возделывания культур с применением только минеральных удобрений (в том числе и биомодифицированных) произошло подкисление почвы на 0,5 единиц $pH_{ксл}$. Последнее обусловлено физиологической кислотностью аммиачной селитры и частичной потерей катионов кальция и магния (вымыванием в нижние слои, потреблением растениями).

Урожайность зерна культур севооборота зависит от применения биопрепарата БисолбиФит, минеральных и биомодифицированных минеральных удобрений.

В процессе роста и развития растения предъявляют определенные требования к условиям произрастания (в том числе к внешней среде), которые связаны с характером и интенсивностью физиолого-биохимических процессов, протекающих в них. Одним из наиболее эффективных и быстросействующих факторов, способствующих улучшению питательного режима почвы, является использование минеральных удобрений. В последние десятилетия, как отмечалось выше, перспективным направлением в этом отношении считается применение микробиологических препаратов, способствующих дополнительному вовлечению в агроценоз основных элементов минерального питания [5].

Как свидетельствуют данные таблицы 3, озимая пшеница в условиях лесостепи Поволжья, где основным фон почвенного покрова составляют черноземы, является наиболее высокоурожайной культурой: естественное плодородие почв обеспечивает продуктивность зерна на среднем почти на уровне 4,0 т/га. Значительно уступают в этом отношении яровые зерновые культуры (на 1,20-1,73 т/га). Минимальную в данных опытах урожайность наблюдали у овса: она не превышала 2,15 т/га.

Несмотря на относительно высокое плодородие почвы на участках, где проводились полевые опыты, внесение азотосодержащих доз всего в 15 кг/га действующих веществ (NPK) сопровождалось заметным повышением урожайности зерна: озимой пшеницы – на 0,31 т/га, яровой пшеницы – на 0,36 т/га, ячменя – на 0,26 т/га, овса – на 0,13 т/га.

Примерно такую же прибавку урожая обеспечила предпосевная обработка семян биологическим препаратом БисолбиФит. Однако, если в случае применения биопрепарата формирование урожайности происходило за счет активизации почвенных процессов и использования растениями почвенных запасов элементов питания, то в случае применения минеральных удобрений расход элементов питания частично компенсируется, что способствует сохранению плодородия почвы. Совмещение же минеральных удобрений с биопрепаратом, созданным способом модификации, обеспечивало при тех же условиях повышение коэффициентов использования элементов из удобрения и продуктивности культур по отношению к контролю: озимой пшеницы – на 17 % (0,67 т/га), яровой пшеницы – на 18 % (0,49 т/га), ячменя – на 14 % (0,38 т/га), овса – на 7 % (0,2 т/га).

На обоих фонах с внесением аммиачной селитры урожайность всех культур севооборота по отношению к нулевому фону существенно повысилась. Последнее свидетельствует о том, что на черноземах с высокой обеспеченностью доступными фосфором и калием фактором, определяющим урожайность зерновых культур, является азот. Повышение же коэффициента использования азота из аммиачной селитры посредством модификации позволяет снизить ее дозу при возделывании культур практически в 2 раза. Урожайность культур севооборота при этом не уменьшилась, более того, наметилась тенденция к повышению продуктивности зерна на фоне использования половинной дозы NH_4NO_3 . По общему сбору зерна продуктивность севооборота при возделывании культур на фоне половинной дозы модифицированной аммиачной селитры превышала вариант с полной дозой фонового удобрения на 0,38 т/га. Последнее, несомненно, свидетельствует о значительном повышении коэффициентов использования элементов питания минеральных удобрений. Расчеты коэффициентов использования азота, фосфора и калия различных удобрений методом, предложенным Б. Я. Ягодиным [6], [11], показали, что коэффициент использования азота из азотосодержащего при внесении ее в почву в чистом виде составляет 59 %, фосфора – 32 % и калия – 58 %. При модификации ее биопрепаратом БисолбиФит коэффициенты использования достигли следующих показателей: азота – до 63-67 %, фосфора и калия, соответственно, – до 39-48 и 63-73 % [12]. Было установлено, что при поступлении в почву бактерии *Bacillus subtilis* активно колонизируют корни растений, что способствует более эффективному использованию

растениями элементов питания, и это позволяет снизить на 30-40 % дозы удобрений [13]. Как свидетельствуют результаты данных исследований, возможно в два раза уменьшить дозу вносимой азотосодержащей, что не приводит к снижению продуктивности возделываемых культур.

Выводы.

1. Внесение в почву биопрепарата БисолбиФит (посевным материалом), минеральных и биомодифицированных минеральных удобрений сопровождалось значительным усилением активности почвенных микроорганизмов. При этом наиболее высокая активность целлюлозоразлагающей микрофлоры наблюдалась на фоне использования половинной дозы биомодифицированной аммиачной селитры при внесении модифицированной азотосодержащей в дозе $N_{15}P_{15}K_{15}$: под посевами озимой пшеницы – 61,1 %, яровой пшеницы – 30,3 %, ячменя – 50,2 %, овса – 61,1 %.

2. Длительное возделывание культур с применением только минеральных удобрений и биопрепарата привело к относительному снижению содержания гумуса в почве и ее подкислению. За 6 лет в пахотном слое чернозема выщелоченного содержание гумуса уменьшилось на 0,12 %, кислотность почвенного раствора повысилась на 0,5 единиц $pH_{кел}$.

3. Наиболее высокоурожайной культурой в условиях лесостепи Поволжья при возделывании на черноземах являлась озимая пшеница (до 4,00 т/га и более, в наших опытах – 3,88-4,80 т/га). Урожайность яровой пшеницы в среднем составила 2,68-3,31 т/га, ярового ячменя – 2,67-3,21 т/га, овса – 2,15-2,71 т/га. Наиболее высокая продуктивность севооборота была зафиксирована на фоне использования модифицированной аммиачной селитры дозой в 20 кг д.в./га ($\frac{1}{2}NH_4NO_3$) при внесении модифицированной азотосодержащей ($N_{15}P_{15}K_{15}$). Сбор зерна за 2013-2018 гг. в данном варианте составил 13,36 т/га, превысив контрольный вариант на данном фоне, на 1,31 т/га.

Литература

1. Агротехническая оценка физических и биологических свойств почв Среднего Поволжья / А. Х. Куликова, Н. Г. Захаров, А. В. Карпов [и др.]. – Ульяновск: Ульяновский ГАУ, 2017. – 244 с.
2. Алферов, А. А. Эффективность применения биопрепарата на яровой пшенице Европейской части России на разных фонах минерального питания / А. А. Алферов, Л. С. Чернова, П. П. Кожемяков // Российская сельскохозяйственная наука. – 2017. – № 6. – С. 17-21.
3. Гаврилова, А. Ю. Эффективность применения сложных биомодифицированных минеральных удобрений под ячмень на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве: диссертация на соискание степени кандидата сельскохозяйственных наук / А. Ю. Гаврилова. – Москва, 2018. – 20 с.
4. Емцев, В. Т. Микробиология / В. Т. Емцев, Е. Н. Мишустин. – Москва: Юрайт, 2016. – 445 с.
5. Завалин, А. А. Коэффициент использования растениями азота удобрений и его регулирования / А. А. Завалин, О. А. Соколов // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2019. – № 4 (370). – С. 71–75.
6. Куликова, А.Х. Эффективность биомодифицированных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур в Среднем Поволжье / А. Х. Куликова, Г. В. Сайдышева, А. Н. Лашенков // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 3 (47). – С. 54–59.
7. Патент № 2241692РФ Российская Федерация, RU 2241692С2. Способ получения биоудобрений: заявлено 11.10.2002: опубликовано: 10.12.2004 / В. К. Чеботарь, А. Е. Казаков, С. В. Ерофеев. – 10 с.
8. Патент №2487932 Российская Федерация, RU 251 2277 С1. Способ получения биоминеральных удобрений и мелиорантов (варианты): заявлено 10.10.2012: опубликовано 10.04. 2014 / В. К. Чеботарь, С. В. Ерофеев. – 8 с.
9. Чеботарь, В. К. Повышение социально-экономического уровня развития территории путем создания регионального биокластера (на примере Ульяновской области): монография / В. К. Чеботарь, А. А. Завалин, А. Г. Ариткин. – Санкт-Петербург: Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, 2016. –148 с.
10. Чеботарь, В. К. Применение биомодифицированных минеральных удобрений / В. К. Чеботарь, А. А. Завалин, А. Г. Ариткин. – Москва: ВНИА, 2014. – 142 с.
11. Biologization and efficiency of crop rotation types under conditions of the forest-steppe zone of the volga region / A. L.Toigildin, V. I. Morozov, M.I. Podsevalov [et al.] // Research journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Volume 9. – № 6. – P. 1063–1070.
12. Effect of plant growth-promoting rhizobacteria on plant hormone homeostasis / K.A. Tsukanova, V. K. Chebotar, T.N. Bibikova [et al.] // South African Journal of Botany. – 2017. – Volume 113. – P. 91–102.
13. Kulikova, A. Kh. Biopreparations in the spring wheat fertilization system / A. Kh. Kulikova, S. N. Nikitin, A. L.Toigildin // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2017. – Volume 8. – № 1. – P. 1796–1800.
14. Microbial preparations that improve plant development / V. K. Chebotar, N. V. Malfanova, A. B. Shcherbakov [et al.] // Applied Biochemistry and Microbiology. – 2015. – № 51(3). – P. 271–277.

Сведения об авторах

1. **Куликова Алевтина Христофоровна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой почвоведения, агрохимии и агроэкологии, Ульяновский государственный аграрный университет, 432017, Ульяновск, бул. Новый Венец, 1; e-mail: agroec@yandex.ru, тел. 8(8422) 55-95-68;

2. **Сайдышева Галина Владимировна**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией агрохимии, Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Самарского научного центра Российской академии наук, 433315, Ульяновская область, Ульяновский район, п. Тимирязевский, ул. Институтская, 19; e-mail: Galina_83@list.ru, тел. 8(84254)34132.

EFFICIENCY OF BIOMODIFIED MINERAL FERTILIZERS IN CULTIVATION OF AGRICULTURAL CROPS ON THE BLACK EARTH OF THE VOLGA REGION FOREST STEPPE

A. H. Kulikova¹, G. V. Saydyasheva²

¹Ulyanovsk State Agrarian University,
432017, Ulyanovsk, Russian Federation

²Ulyanovsk Research Institute of Agriculture –
a branch of the Samara Research Center of the Russian Academy of Sciences,
433315, Ulyanovsk region, Timiryazevsky village, Russian Federation

Brief abstract. Researches on the studying of the effectiveness of the use of biomodified mineral fertilizers were carried out on the basis of the Ulyanovsk Research Institute of Agriculture (Research Institute of Agriculture) - a branch of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences in 2013-2018, during the rotation of a five-field grain-fallow crop rotation: clean steam - winter wheat - spring wheat - barley - oats. The scheme of the field experiment included the following options (except for the control): with the introduction of the biological product BisolbiFit into the soil (application with seeds that were treated before sowing), Azophoska N15P15K15 in pure form, modified with the biological product Azofoska in the same dose N15P15K15, half the dose of modified Azophoska (N7, 5 P7.5 K7.5). The effectiveness of fertilizers and a biological product in the cultivation of crops was studied on three backgrounds: natural (control), ammonium nitrate at a dose of 40 kg ai / ha (NH₄NO₃) and modified ammonium nitrate at a dose of 20 kg ai / ha. It was found that the modification of Azophoska with the biopreparation BisolbiFit can significantly increase the utilization rate of its elements by plants. The latter makes it possible to halve the fertilizer dose without reducing the productivity of cultivated crops. Long-term cultivation of crops using only mineral fertilizers and biological products led to a relative decrease in the humus content in the soil and to its acidification. For 6 years, in the arable layer of leached black earth, the humus content decreased by 0.12%, the acidity of the soil solution increased by 0.5 units of pH_{KCl}. The highest-yielding crop in the forest-steppe conditions of the Volga region when cultivated on black earth was winter wheat (up to 4.00 t / ha and more, in our experiments - 3.88-4.80 t / ha). The yield of spring wheat averaged 2.68-3.31 t / ha, spring barley 2.67-3.21 t / ha, oats 2.15-2.71 t / ha. The highest productivity of the crop rotation was recorded against the background of the use of modified ammonium nitrate at a dose of 20 kg ai / ha (½ NH₄NO₃) with the introduction of modified Azophoska (N15P15K15). Grain harvest for 2013 - 2018 in this variant amounted to 13.36 t / ha, exceeding the control variant against this background, by 1.31 t / ha.

Key words: biomodified fertilizer, agricultural crops, productivity.

References

1. Agrohimičeskaya ocenka fizičeskikh i biologičeskikh svojstv pochv Srednego Povolzh'ya / A. H. Kulikova, N. G. Zaharov, A. V. Karpov [i dr.]. – Ul'yanovsk: Ul'yanovskij GAU, 2017. – 244 s.
2. Alferov, A. A. Effektivnost' primeneniya biopreparata na yarovoj pshenice Evropejskoj chasti Rossii na raznyh fonah mineral'nogo pitaniya / A. A. Alferov, L. S. Chernova, P. P. Kozhemyakov // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. – 2017. – № 6. – S. 17–21.
3. Gavrilova, A. YU. Effektivnost' primeneniya slozhnyh biomodificirovannyh mineral'nyh udobrenij pod yachmen' na dernovo-podzolistoj legkosuglinistoj pochve: dissertaciya na soiskanie stepeni kandidata sel'skohozyajstvennyh nauk / A. YU. Gavrilova. – Moskva, 2018. – 20 s.
4. Emcev, V. T. Mikrobiologiya / V. T. Emcev, E. N. Mishustin. – Moskva: YUrajt, 2016. – 445 s.
5. Zavalin, A. A. Koefficient ispol'zovaniya rasteniyami azota udobrenij i ego regulirovaniya / A. A. Zavalin, O. A. Sokolov // Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal. – 2019. – № 4 (370). – S. 71–75.
6. Kulikova, A.H. Effektivnost' biomodificirovannyh udobrenij pri vozdeleyvanii sel'skohozyajstvennyh kul'tur v Srednem Povolzh'e / A. H. Kulikova, G. V. Sajdyasheva, A. N. Lashchenkov // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2019. – № 3 (47). – S. 54–59.
7. Patent № 2241692RF Rossijskaya Federaciya, RU 2241692C2. Sposob polucheniya biudobrenij: zayavleno 11.10.2002: opublikovano: 10.12.2004 / V. K. Shebotar', A. E. Kazakov, S. V. Erofeev. – 10 s.
8. Patent №2487932 Rossijskaya Federaciya, RU 251 2277 S1. Sposob polucheniya biomineral'nyh udobrenij i meliorantov (varianty): zayavleno 10.10.2012: opublikovano 10.04. 2014 / V. K. Shebotar', S. V. Erofeev. – 8 s.

9. CHEbotar', V. K. Povyshenie social'no–ekonomicheskogo urovnya razvitiya territorii putem sozdaniya regional'nogo bioklastera (na primere Ul'yanovskoj oblasti): monografiya / V. K. CHEbotar', A. A. Zavalin, A. G. Aritkin. – Sankt–Peterburg: Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut sel'skohozyajstvennoj mikrobiologii, 2016. – 148 s.
10. CHEbotar', V. K. Primenenie biomodificirovannyh mineral'nyh udobrenij / V. K. CHEbotar', A. A. Zavalin, A. G. Aritkin. – Moskva: VNIA, 2014. – 142 s.
11. Biologization and efficiency of crop rotation types under conditions of the forest–steppe zone of the volga region / A. L. Toigildin, V. I. Morozov, M. I. Podsevalov [et al.] // Research journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Volume 9. – № 6. – P. 1063–1070.
12. Effect of plant growth–promoting rhizobacteria on plant hormone homeostasis / K. A. Tsukanova, V. K. Chebotar, T. N. Bibikova [et al.] // South African Journal of Botany. – 2017. – Volume 113. – P. 91–102.
13. Kulikova, A. Kh. Biopreparations in the spring wheat fertilization system / A. Kh. Kulikova, S. N. Nikitin, A. L. Toigildin // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2017. – Volume 8. – № 1. – P. 1796–1800.
14. Microbial preparations that improve plant development / V. K. Chebotar, N. V. Malfanova, A. B. Shcherbakov [et al.] // Applied Biochemistry and Microbiology. – 2015. – № 51(3). – P. 271–277.

Information about authors

1. **Kulikova Alevtina Khristoforovna**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Soil Science, Agrochemistry and Agroecology, Ulyanovsk State Agrarian University, 432017, Ulyanovsk, bul. Novyj Venec, 1; e-mail: agroec@yandex.ru, tel. 8 (8422) 55-95-68;
2. **Saydyasheva Galina Vladimirovna**, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Laboratory of Agrochemistry, Ulyanovsk Research Institute of Agriculture - a branch of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 433315, Ulyanovsk Region, Ulyanovsk District, Timiryazevsky village, st. Institutskaya, 19; e-mail: Galina_83@list.ru, tel. 8 (84254) 34132.

УДК 633.112: 631.53.048

ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОДУКТИВНОСТИ И УРОЖАЯ ЗЕРНА СОРТОВ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

А. Г. Ложкин, В. В. Сидоров, Т. А. Ильина, С. В. Ермолаев
Чувашский государственный аграрный университет
 428003, г. Чебоксары, Российская Федерация.

Аннотация. В статье рассматриваются результаты экспериментальных данных, характеризующих рост, развитие и урожайность сортов яровой твердой пшеницы Безенчукская Нива и Безенчукская Золотистая. Было установлено, что при уменьшении нормы высева всхожих семян с 7 до 3 млн. шт. на 1 га продолжительность вегетации изучаемых сортов яровой твердой пшеницы сокращается на 6-7 дней. Посев при норме в 5 млн. шт. всхожих семян на 1 га обеспечил максимальную густоту колосоносных стеблей за счет наилучших показателей общей и продуктивной кустистости. Формирование наиболее крупного главного колоса с большим содержанием зерен у сорта Безенчукская Нива было зафиксировано при нормах высева всхожих семян от 3 до 5 млн. шт. на 1 га. Увеличение нормы высева семян более 5 млн. шт. привело к уменьшению показателей основных параметров главного колоса. Анализ структуры урожая сорта Безенчукская Золотистая не выявил четких закономерностей в изменении параметров длины и озерненности главного колоса в зависимости от норм высева. Однако по массе 1000 зерен наибольший показатель 50,4 грамма был получен в варианте с нормой высева в 6 млн. шт. Максимальный прирост урожайности сорта Безенчукская Нива в 1,2 т/га, по сравнению с контролем, был получен в варианте при норме высева в 5 млн. шт. всхожих семян на 1 га. Максимальная урожайность сорта Безенчукская Золотистая в 3,23 т/га сформировалась при норме высева в 6 млн. шт. всхожих семян на 1 га.

Ключевые слова: яровая твердая пшеница, норма высева, структура урожая, урожайность, фазы роста.

Введение. Каждый регион России обладает определенными почвенно-климатическими ресурсами, позволяющими формировать урожай той или иной культуры соответствующей величины и качества. Степень соответствия между биологией развития, продукционными возможностями сельскохозяйственных культур и потенциальной плодородностью почв региона определяют уровень использования этих ресурсов.