

ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАСТЕНИЙ ОВСА И НАКОПЛЕНИЕ В УРОЖАЕ NPK ПРИ ВНЕСЕНИИ МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ, МОДИФИЦИРОВАННОГО БИОЛОГИЧЕСКИМ ПРЕПАРАТОМ

Г. В. Ермолаева, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела земледелия и технологий возделывания сельскохозяйственных культур, Ga-lina_83@list.ru, ORCID ID: 0000-0003-0357-2621
Самарский федеральный исследовательский центр Российской академии наук,
Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н. С. Немцева,
433315, Ульяновская обл., Ульяновский р-он, п. Тимирязевский; e-mail: uniish73@mail.ru

Целью данного исследования являлось изучение изменения химического состава растений овса и накопления в урожае основных элементов питания при внесении минерального и биомодифицированного удобрений. Исследования проводили на черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом в 2016–2018 гг. по предшественнику ячмень яровой. Объекты исследований: минеральное удобрение – азофоска, биопрепарат БисолбиФит (порошкообразная форма на основе живых полезных бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13), овес яровой сорт Рысак. Погодно-климатические условия в годы исследований сложились довольно разнообразно, что позволило объективно оценить результаты исследований. Установлено, что урожайность овса за годы проведения исследований находилась на уровне 2,15–2,30 т/га. Применение в опыте изучаемых удобрений, таких как азофоска и БисолбиФит, способствовало повышению урожайности овса на 2,3–7,0 % по отношению к варианту без внесения удобрений (контроль). Максимальная прибавка урожая была получена на варианте с модифицированной азофоской (АЗК_м) в дозе 15 кг/га д. в., намолот зерна на данном варианте составил 2,30 т/га, превысив контроль на 0,15 т/га. Разница по вариантам опыта была незначительной (0,05–0,15 т/га при HCR₀₅ = 0,17 т/га). Коэффициент потребления растениями овса азота, фосфора и калия в среднем по опыту составил 63, 39 и 65 % соответственно. Применение микробиологического препарата на основе живых полезных бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13 (для биомодификации азофоски) способствовало максимальному увеличению окупаемости 1 кг NPK прибавкой урожая. Наибольшая оплата 1 кг д.в. удобрений отмечена при внесении азофоски, модифицированной биопрепаратом БисолбиФит, в дозе 7,5 кг/га д. в. (½ АЗК_м) и составила – 5,8 кг/кг.

Ключевые слова: овес яровой, урожайность, NPK, биомодифицированное минеральное удобрение, инокуляция, окупаемость, биопрепарат.

Для цитирования: Ермолаева Г. В. Изменение химического состава растений овса и накопление в урожае NPK при внесении минерального удобрения, модифицированного биологическим препаратом // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 3. С. 73–79. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-86-3-73-79.



CHEMICAL COMPOSITION CHANGE OF OAT PLANTS AND THE ACCUMULATION OF NPK IN THE YIELD WHEN APPLYING A MINERAL FERTILIZER MODIFIED WITH A BIOLOGICAL PRODUCT

G. V. Ermolaeva, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the department for agriculture and crop cultivation technologies, Ga-lina_83@list.ru, ORCID ID: 0000-0003-0357-2621
Samarsky Federal Research Center RAS,
Uliyanov Research Institute of Agriculture named after N.S. Nemtsev
433315, Uliyanov region, Uliyanov district, v. of Timiryazevsky, Institutsкая Str., 19; e-mail: uniish73@mail.ru

The purpose of the current study was to determine changes in the chemical composition of oat plants and the accumulation of the main nutrients when applying mineral and biomodified fertilizers. The study of oats sown after spring barley was carried out on leached heavy loamy chernozem in 2016–2018. The objects of the study were the mineral fertilizer 'Azofoska', the biological product 'BisolbiFit' (powder form based on live beneficial bacteria *Bacillus subtilis* Ch-13), the spring oats variety 'Rysak'. The weather and climatic conditions during the years of study were quite diverse, which made it possible to objectively estimate the study results. There has been found that the oat productivity over the years of study (2016–2018) was at the level of 2.15–2.30 t/ha. The use of the studied fertilizers in the trial, such as 'Azofoska' and 'BisolbiFit', contributed to oat productivity increase by 2.3–7.0 % compared to the variant without fertilization (control). The maximum productivity increase was obtained in the variant with modified 'Azofoska' (AZK_m) at a dose of 15 kg/ha a.i., grain yield in this variant was 2.30 t/ha, exceeding the control by 0.15 t/ha. The difference between the variants of the trial was not significant (0.05–0.15 t/ha) with HSR₀₅ = 0.17 t/ha. The coefficient of consumption of nitrogen, phosphorus, and potassium by oat plants on average was 63, 39 and 65 %. The use of a microbiological product based on live beneficial bacteria *Bacillus subtilis* Ch-13 (for the biomodification of 'Azofoska') contributed to the maximum increase in the payback of 1 kg of NPK by the yield increase. The highest payback from 1 kg a.i. fertilizers was established when applying 'Azofoska' modified with the biological product 'BisolbiFit' at a dose of 7.5 kg/ha a.i. (½ AZK_m) and amounted to 5.8 kg/kg.

Keywords: spring oats, productivity, NPK, biomodified mineral fertilizer, inoculation, payback, biological product.

Введение. Благодаря исследованиям, проведенным многими учеными (Завалин и Накаряков (2021), Никитин и Завалин (2017), Зеленский (2019), Gagkaeva et al. (2014) и др.), доказано, что применение удобрений является важным фактором увеличения урожайности сельскохозяйственных культур и повышения качества растениеводческой продукции.

На сегодняшний день применение микробиологических препаратов, представляющих живые клетки отселектированных по полезным свойствам микроорганизмов, стало важным направлением в сельскохозяйственной микробиологии. Такая технология, как биологическая модификация гранул удобрений, является одним из путей повышения их эффективности. В процессе нанесения микробиологического препарата на гранулы минеральных удобрений образуется биокапсула, выполняющая удобрительную, стимулирующую и защитную функцию (Гилев и др., 2019; Kulikova et al., 2019; Чеботарь и др., 2014; Mnasri et al., 2017). Наблюдениями Завалина и др. (2022) установлено, что использование для создания микробиологических препаратов природных штаммов микроорга-

низмов обеспечивает экологическую безопасность.

Цель работы – изучить изменение химического состава растений овса и накопление в урожае основных элементов питания при внесении минерального, биомодифицированного удобрений и биопрепарата БисолбиФит.

Материалы и методы исследований.

Объекты исследований:

- сложное минеральное удобрение (вносили при посеве) – азофоска в дозе 15 кг/га д. в. и 7,5 кг/га д. в.;
- микробиологический препарат – БисолбиФит.

Изготовитель данного биопрепарата – ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии, представляет собой порошок на основе живых полезных бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13.

Научные исследования проходили с 2016 по 2018 г. в условиях многолетнего стационарного полевого опыта Ульяновского НИИСХ – филиала СамНЦ РАН. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка представлена в таблице 1.

Таблица 1. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка
Table 1. Agrochemical soil characteristics of the experimental plot

Показатели	Содержание
Тип почвы	чернозем выщелоченный
Гранулометрический состав	тяжелосуглинистый
Гумус, % (по Тюрину)	6,4–6,6
pH _{кс}	6,3–6,8
Hг, моль/100 г почвы	1,2–1,3
S, моль/100 г почвы	39,7–42,2
V, %	96,9–97,2
Содержание P ₂ O ₅ , мг/кг (по Чирикову)	214,0–228,0
Содержание, K ₂ O, мг/кг (по Чирикову)	101,0–117,0

Повторность полевого опыта 3-кратная. Севооборот пятипольный зернопаровой, включал следующие культуры: 1) пар чистый – 2) пшеница мягкая озимая – 3) пшеница мягкая яровая – 4) ячмень яровой – 5) овес яровой. Рендомизированное размещение делянок.

Многолетний полевой стационарный опыт закладывался согласно разработанной схеме, представленной в таблице 2. Общая площадь делянки – 145 м², учетной площадь делянки – 100 м².

Таблица 2. Схема полевого опыта
Table 2. Scheme of the field trial

Вариант	Вид удобрения	Название удобрения	Доза применения	Способ применения
1. Контроль	без удобрения	–	–	–
2. БП	биопрепарат	БисолбиФит	600 г/т	инокуляция семян
3. АЗК	сложное минеральное	Азофоска	15 кг/га д. в.	при посеве
4. АЗК _м	сложное минеральное	Обработка гранул азофоски	15 кг/га д. в.	при посеве
5. ½ АЗК _м	сложное минеральное	БисолбиФитом (4 кг/т)	7,5 кг/га д. в.	при посеве

Инокуляцию семян проводили за два дня до посева из расчета 600 г препарата на 1 т семян, расход рабочего раствора – 10 л воды на 1 т семян. В качестве прилипателя использовали желатин, 50 г разводили в небольшом количестве воды и оставляли до полного разбухания, полученную массу разводили в 10 л воды.

Приготовление минерального удобрения, модифицированного биологическим препаратом – 4 кг препарата БисолбиФит наносили на 1 т сложного минерального удобрения (в день применения).

Биологические особенности: среднеспелый, разновидность – мутика, остистость отсут-

ствуется, количество зерен в метелке 33–35 шт., зерновка пленчатая, цвет зерна белый.

Ботаническая характеристика: масса 1000 зерен – 38–40 г, пленчатость – 24–28 %, натура зерна – 500–580 г/л, содержание протеина – 13–15 %, осыпаемость зерна – слабая, высота растений – 99–117 см.

Основные достоинства: высокая урожайность, засухоустойчив, устойчив к болезням, высокие показатели качества зерна.

Посев ярового овса проводили в оптимальные сроки (конец апреля – начало мая) сеялкой СЗ-3,6 рядовым способом, вслед за культивацией. Норма высева семян составляла 4,5 млн всхожих семян на гектар, или 187 кг/га в физическом весе на глубину заделки 5–6 см.

Погодные условия вегетационных периодов в годы проведения исследований различались и имели определенные отклонения от среднеголетних показателей, но в целом были достаточно благоприятными для роста и развития растений, а также формирования урожая зерна ярового овса.

При проведении учетов, наблюдений и анализов использовали следующие методы и методики: содержание гумуса в почве (ГОСТ 26213-91), подвижного фосфора (ГОСТ 26204-91), обменного калия (ГОСТ 26204-91), реакция почвенного раствора (ГОСТ 26483-85), степень насыщенности основаниями (ГОСТ 27821-88), учет урожая путем сплошного обмолота комбайном Сампо-500.

В растительных образцах определяли: содержание общего азота (ГОСТ 13496.4-93),

содержание общего фосфора (ГОСТ 26657-97), содержание общего калия методом пламенной фотометрии (ГОСТ 30504-97).

В исследованиях применялся разностный метод определения коэффициента (K_y) использования растениями элементов питания из минеральных удобрений по формуле $K_y = (B_y - B_o) / D_y \times 100$, где B_y – вынос NPK в удобренном варианте, B_o – вынос NPK в контрольном варианте, D_y – доза удобрений в удобренном варианте.

Статистическую обработку данных (экспериментальных) проводили методом однофакторного дисперсионного анализа ($p = 0,05$) по Б. А. Доспехову (2014) с вычислением значений средних, НСР и критерия Фишера для оценки существенной разницы между средними с использованием программы AGROS версия 209, для построения графиков использовали компьютерную программу Microsoft Office Excel 2010.

Результаты и их обсуждение. В результате наших исследований за 2016–2018 гг. сказалось положительное действие на урожайность овса минерального удобрения и биопрепарата. Применение изучаемых в опыте различных видов удобрений способствовало повышению урожайности овса ярового на 2,3–7,0 % по отношению к контрольному варианту. В среднем за 3 года урожайность зерна овса изменялась от 2,15 до 2,30 т/га, в среднем по вариантам опыта составила 2,24 т/га (рис. 1).

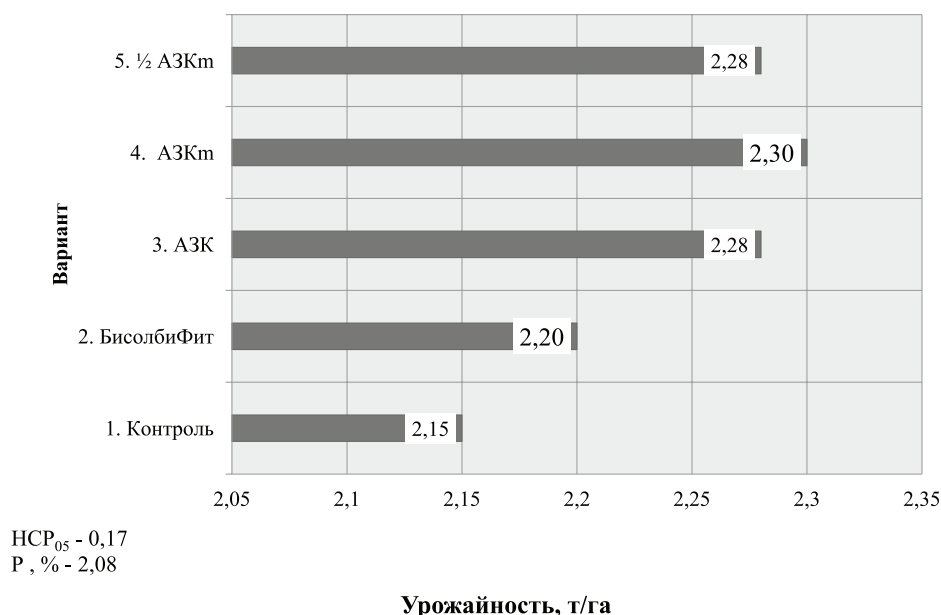


Рис. 1. Влияние биологической модификации минерального удобрения на урожайность овса, т/га
Fig. 1. Effect of biological modification of mineral fertilizer on oat productivity, t/ha

Без применения азофоски и микробиологического препарата БисолбиФит урожайность зерна достигала 2,15 т/га. В варианте с применением БП в качестве инокулянта урожайность была выше и составила 2,20 т/га (+ 2,3 % к кон-

тролю). Внесение (АЗК) и (1/2 АЗК_м) повысило урожайность на 0,13 т/га (+ 6,0 % к контролю). Наибольший эффект был получен на варианте, где азофоска (АЗК_м) в дозе 15 кг д. в. была модифицирована БисолбиФитом – 2,30 т/га. Разница

по вариантам опыта была незначительной (0,05–0,15 т/га) при НСР₀₅ = 0,17 т/га.

В исследованиях А. Ю. Гавриловой (2018) показано, что потребление NPK определяется фазой онтогенеза, потребление их растениями возрастает по мере прохождения фаз развития. Количество элементов поступает максимальное в начальные фазы развития роста растений, минимальное – в фазу налива семян.

Результаты наших исследований согласуются с данными А. Ю. Гавриловой (2018), в которых установлено, что от фазы кущения до фазы выхода в трубку потребление азота существенно возрастало вследствие резкого нарастания надземной фитомассы. При этом инокуляция семян БП овса ярового способствовала повышению содержания азота на 0,12 %, за счет АЗК в чистом виде накопление азота увеличилось на 0,31 %. Биомодификация азотоса АЗК биопрепаратом на 0,23–0,26 % дополнительно повышала содержание азота в растениях овса.

В фазу цветения из-за увеличения биомассы снижалось содержание азота в растениях и находилось в пределах 1,81–2,01 %.

Положительное действие изучаемых в опыте удобрений на содержание азота в растениях овса сохранялось.

В результате предпосевной обработки семян овса биопрепаратом БисолбиФит содержание фосфора находилось на уровне контрольного варианта, азотоса (АЗК) в чистом виде и биомодифицированная биопрепаратом (АЗК_м) повышали данный показатель в фазу кущения на 0,07–0,11 %.

К фазе «выход в трубку» накапливалось примерно около 36–37 % фосфора, потребляемого за всю вегетацию изучаемой культуры. Увеличение накопления фосфора происходило в большей степени при применении азотоса как в чистом, так и модифицированной микробиологическим препаратом БисолбиФит. Исследуемый показатель повышался на 0,03–0,09 % по отношению к варианту без внесения удобрений.

Накопление фосфора к фазе цветения сформировалось на уровне 0,24–0,26 %, различий по вариантам опыта практически не наблюдалось (табл. 3).

Таблица 3. Содержание NPK в растениях овса ярового, % на воздушно сухое вещество
Table 3. NPK content in spring oats, % of air-dry matter

Вариант	Кущение	Выход в трубку	Цветение
N			
1. Контроль	4,04	3,43	1,81
2. БП	4,16	3,43	1,83
3. АЗК	4,35	3,60	2,01
4. АЗК _м	4,30	3,60	2,00
5. ½ АЗК _м	4,27	3,52	1,97
Среднее	4,23	3,52	1,92
P ₂ O ₅			
1. Контроль	0,94	0,69	0,24
2. БП	0,94	0,70	0,24
3. АЗК	1,05	0,72	0,26
4. АЗК _м	1,05	0,78	0,26
5. ½ АЗК _м	1,01	0,72	0,26
Среднее	1,00	0,72	0,25
K ₂ O			
1. Контроль	5,04	4,11	1,61
2. БП	5,16	4,14	1,75
3. АЗК	5,28	4,26	1,82
4. АЗК _м	5,31	4,24	1,89
5. ½ АЗК _м	5,15	4,14	1,77
Среднее	5,19	4,17	1,77

В течение вегетационного периода из-за нарастания надземной биомассы в растениях овса количество калия уменьшалось почти в 3 раза. Наибольшее содержание данного элемента установлено в фазу кущения – 5,04–5,31 %, а наименьшее в фазу цветения – 1,61–1,89 %.

Нами отмечено, что при использовании биомодифицированной азотоса (АЗК_м) и азотоса в чистом виде (АЗК) наблюдалась некоторая тенденция повышения калия в растениях овса в течение всего вегетационного периода, инокуляция семян микробиологическим пре-

паратом на основе живых полезных бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13 и половинная доза модифицированной азотоса (½ АЗК_м) практически одинаково повлияли на его содержание в растениях овса.

Содержание NPK в зерне и соломе овса ярового также зависело от вида и дозы используемых в опыте удобрений. Применение БисолбиФита в качестве инокулянта семян и биомодификатора минерального удобрения увеличило содержание азота в зерне на 0,01–0,31 % по отношению к варианту без внесения удобрений (табл. 4).

Таблица 4. Химический состав зерна и соломы овса при применении азофоски и биопрепарата БисолбиФит, % на воздушно-сухое вещество
Table 4. Chemical composition of oat grain and straw when using 'Azofoska' and the biological product 'BisolbiFit', % of air-dry matter

Вариант	Зерно			Солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Контроль	1,72	1,17	0,65	0,31	0,54	1,15
2. БП	1,81	1,17	0,73	0,32	0,56	1,15
3. АЗК	1,95	1,23	0,75	0,37	0,60	1,25
4. АЗК _м	2,03	1,23	0,75	0,39	0,63	1,27
5. ½ АЗК _м	1,92	1,23	0,75	0,34	0,60	1,25
Среднее	1,89	1,21	0,73	0,34	0,59	1,21
НСР ₀₅	0,10	0,13	0,09	0,08	0,14	0,17

В результате применения АЗК и биопрепарата БисолбиФит согласно разработанной схеме опыта содержание фосфора в зерне овса находилось в пределах 1,17–1,23 %.

Нужно отметить, что наибольшее накопление калия было отмечено в год с недостаточным количеством атмосферных осадков (2018 г.), наименьшее – при их избытке (2017 г.). В среднем за 3 года содержание этого показателя варьировало от 0,65 до 0,75 %.

В соломе овса содержание азота находилось на уровне 0,31–0,37 %, фосфора – 0,54–0,63 % и калия – 1,15–1,27 %, внесение азофоски (АЗК, АЗК_м, ½ АЗК_м) способствовало росту величины этих показателей.

Внесение азофоски, как в чистом виде, так и биомодифицированной биопрепаратом БисолбиФит способствовало увеличению содержания калия по отношению к контролю на 0,10–0,12 %.

Применение микробиологического препарата на основе живых полезных бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13 в качестве инокулянта существенно не отразилось на концентрации NPK в соломе овса ярового.

Установлено, что коэффициенты использования (K_y) питательных веществ из азофоски в опыте, зависели от: биологической особенности культуры; погодных условий, протекающих в вегетационный период; вида и доз удобрений; микробиологических процессов протекающих в почве.

Полученные данные показывают, что при выращивании овса ярового коэффициент использования (K_y) азота из удобрений был довольно высокий и в среднем по вариантам опыта находился на уровне 63 %.

Это указывает на его использование не только из минерального, но и из органического удобрения, в том числе продуктов разложения растительных остатков предшествующих культур (табл. 5).

Таблица 5. Коэффициент (K_y) использования растениями NPK из минеральных удобрений, %
Table 5. Coefficient (K_y) of NPK use by plants from mineral fertilizers, %

Вариант	K _y		
	N	P	K
1. Контроль	–	–	–
2. БП	–	–	–
3. АЗК	59	32	58
4. АЗК _м	67	39	63
5. ½ АЗК _м	63	48	73
Среднее	63	39	65

Биомодификация азофоски биопрепаратом БисолбиФит (*Bacillus subtilis* Ч-13) дополнительно повышала K_y азота от 4 до 8 % (по сравнению с необработанными биопрепаратом вариантами).

Всего лишь около 30 % фосфора от внесенного количества используется из минеральных удобрений (Куликова и др., 2017). Расчеты коэффициента использования фосфора из АЗК, применяемой в полевом многолетнем стационарном опыте, при сравнении с контрольным вариантом показали, что его значения были более высокими и составили 32–48 %, то есть при ее внесении растениями использовалось значительное количество фосфора на формирование урожая.

K_y калия из удобрений за годы проведения исследований находился в пределах 58–73 % и в среднем по вариантам опыта составил 65 %. Максимально использовал калий вариант с внесением биомодифицированной азофоски (½ АЗК_м) в дозе 7,5 кг/га д.в. – 73 %.

Коэффициент (K_y) использования растениями овса NPK из минеральных удобрений в среднем по опыту составил 63, 39 и 65 %.

В результате внесения АЗК и БП в полевом опыте окупаемость в среднем за 3 года колебалась в диапазоне 2,9–5,8 кг зерна на 1 кг д.в. удобрений (рис. 2).

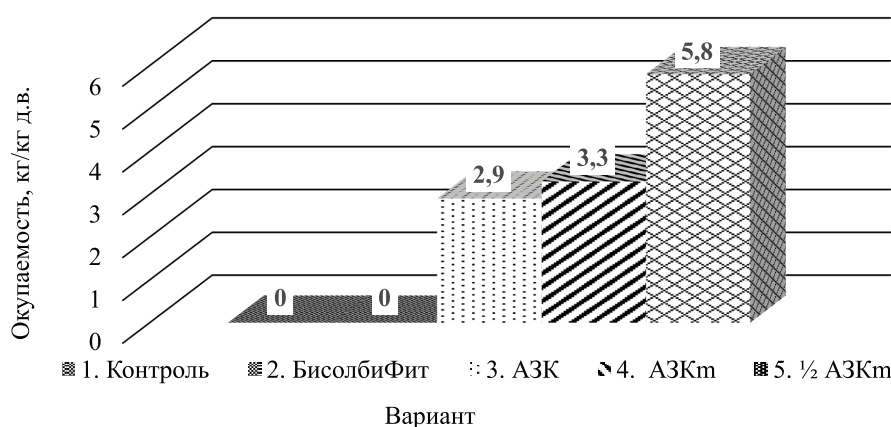


Рис. 2. Окупаемость удобрений прибавкой урожая овса, кг/кг д. в.

Fig. 2. Payback of fertilizers by improving oat productivity, kg/kg a.i.

Наибольшая окупаемость 1 кг д.в. удобрений наблюдалось при внесении половинной дозы азофоски, модифицированной биопрепаратом БисолбиФит ($\frac{1}{2}$ АЗК_м) – 5,8 кг/кг. Окупаемость была выше на 50 %, чем в варианте с применением азофоски в чистом виде (АЗК), и на 43 % – в варианте с внесением биомодифицированной азофоски в полной дозе (АЗК_м).

Выводы. Проведенные исследования позволили установить, что наибольшая прибавка урожая получена на варианте с модифицированной азофоской в дозе 15 кг/га д. в., урожайность зерна в среднем за 3 года на данном варианте составил 2,30 т/га, превысив вариант без внесения удобрений (контроль) на 0,15 т/га.

Разница по вариантам опыта была незначительной (0,05–0,15 т/га) при НСР₀₅ = 0,17 т/га. Коэффициент (K_y) использования растениями NPK из минеральных удобрений в среднем по опыту составил 63, 39 и 65 %. С применением биомодифицированной азофоски в дозе 15 кг/га д. в. отмечалось максимальное содержание NPK в зерне и соломе овса. Применение микробиологического препарата на основе живых полезных бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13 (для биомодификации азофоски) способствовало максимальному увеличению окупаемости 1 кг NPK прибавкой урожая. Наибольшая окупаемость 1 кг д. в. удобрений отмечена на варианте $\frac{1}{2}$ АЗК_м и составила 5,8 кг/кг.

Библиографические ссылки

1. Гилев С. Д., Цымбаленко И. Н., Копылов А. Н., Ефремов В. П. Приемы биологизации при возделывании яровой пшеницы в ресурсосберегающих технологиях Зауралья // Плодородие. 2019. № 3(108). С. 42–46. DOI: 10.25680/S19948603.2019.108.13.
2. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: ИД Альянс, 2014. 352 с.
3. Завалин А. А., Кирпичников Н. А., Бижан С. П., Сапожников С. Н. Эффективность применения биомодифицированных удобрений под озимую пшеницу при различной реакции почвенной среды // Плодородие. 2022. № 3 (126). С. 12–16. DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.03.
4. Завалин А. А., Накаряков А. М. Эффективность применения биомодифицированных азотных удобрений под озимую пшеницу // Агрохимический вестник. 2021. № 1. С. 33–37. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-1-006.
5. Зеленский Н. А. Приемы биологизации при возделывании кукурузы на светло-серых лесных почвах Нижегородской области // Земледелие. 2019. № 8. С. 3–5. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10801.
6. Куликова А. Х., Никитин С. Н., Сайдышева Г. В. Влияние удобрений на содержание и баланс гумуса в черноземе, выщелоченном при возделывании культур в зернопаровом севообороте // Агрохимия. 2017. № 12. С. 7–15. DOI: 10.7868/S000218811712002X.
7. Никитин С. Н., Завалин А. А. Влияние удобрений и биопрепаратов на продуктивность зернопарового севооборота, потоки элементов питания и свойства чернозема выщелоченного в лесостепи Среднего Поволжья // Агрохимия. 2017. № 6. С. 12–29. DOI: 10.7868/S0002188117060023.
8. Применение биомодифицированных минеральных удобрений: [монография] / В. К. Чеботарь, А. А. Завалин, А. Г. Ариткин. Ульяновск: УлГУ, 2014. 142 с.
9. Gagkaeva T. Yu., Gavrilova O. P., Kuzin A. I., Kuznetsova N. I., Azizbekyan R. R. Influence of *Bacillus amylolyquefaciens* bacteria on growth and toxin formation in *Fusarium sporotrichioides* fungi // Biotechnology in Russia. 2014. № 1. P. 32–37.
10. Kulikova A. Kh., Nikitin S. N., Saidyasheva G. V., Toigildin A. L. The effectiveness of mineral and modified fertilizers when growing *avena sativa* // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2019. Vol. 10. P. 128–131.
11. Mnasri N., Chennaoui C., Hessini K., Djébal N., Gargourri S., Mhamdi R., Elkahoui S. Efficacy of some rhizospheric and endophytic bacteria in vitro and as seed coating for the control of *Fusarium clumorum* infecting durum wheat in Tunisia // European Journal of Plant Pathology. 2017. Vol. 147(3), P. 501–515. DOI: 10.1007/s10658-016-1018-3.

References

1. Gilev S. D., Tsymbalenko I. N., Kopylov A. N., Efremov V. P. Priemy biologizatsii pri vozdeleyvanii yarovoi pshenitsy v resursosberegayushchikh tekhnologiyakh Zaural'ya [Methods of biologization for spring wheat cultivated in the resource-saving technologies of the Trans-Urals] // Plodorodie. 2019. № 3(108). S. 42–46. DOI: 10.25680/S19948603.2019.108.13.
2. Dospekhov, B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. M.: ID AI'yans, 2014. 352 s.
3. Zavalin A. A., Kirpichnikov N. A., Bizhan S. P., Sapozhnikov S. N. Effektivnost' primeneniya biomodifitsirovannykh udobrenii pod ozimuyu pshenitsu pri razlichnoi reaktsii pochvennoi sredy [Efficiency of using biomodified fertilizers for winter wheat under different reactions of the soil environment] // Plodorodie. 2022. № 3 (126). S. 12–16. DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.03.
4. Zavalin A. A., Nakaryakov A. M. Effektivnost' primeneniya biomodifitsirovannykh azotnykh udobrenii pod ozimuyu pshenitsu [Efficiency of using biomodified nitrogen fertilizers for winter wheat] // Agrokhimicheskii vestnik. 2021. № 1. S. 33–37. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-1-006.
5. Zelenskii N. A. Priemy biologizatsii pri vozdeleyvanii kukuruzy na svetlo-serykh lesnykh pochvakh Nizhegorodskoi oblasti [Methods of biologization for maize grown in light gray forest soils of the Nizhny Novgorod region] // Zemledelie. 2019. № 8. S. 3–5. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10801.
6. Kulikova A. Kh., Nikitin S. N., Saidyasheva G. V. Vliyanie udobrenii na sodержanie i balans gumusa v chernozeme vyshchelochennom pri vozdeleyvanii kul'tur v zernoparovom sevooborote [The effect of fertilizers on the content and balance of humus in leached blackearth during the cultivation of crops in grain-fallow crop rotation] // Agrokhimiya. 2017. № 12. S. 7–15. DOI: 10.7868/S000218811712002X.
7. Nikitin S. N., Zavalin A. A. Vliyanie udobrenii i biopreparatov na produktivnost' zernoparovogo sevooborota, potoki elementov pitaniya i svoystva chernozema vyshchelochennogo v lesostepi Srednego Povolzh'ya [The effect of fertilizers and biological products on the productivity of grain-fallow crop rotation, the amount of nutrients and the properties of leached blackearth in the forest-steppe of the Middle Volga region] // Agrokhimiya. 2017. № 6. S. 12–29. DOI: 10.7868/S0002188117060023.
8. Primenenie biomodifitsirovannykh mineral'nykh udobrenii: monografiya [Application of biomodified mineral fertilizers] / V. K. Chebotar', A. A. Zavalin, A. G. Aritkin. Ul'yanovsk: UIGU, 2014. 142 s.
9. Gagkaeva T. Yu., Gavrilova O. P., Kuzin A. I., Kuznetsova N. I., Azizbekyan R. R. Influence of *Bacillus amylolyquefaciens* bacteria on growth and toxin formation in *Fusarium sporotrichioides* fungi // Biotechnology in Russia. 2014. № 1. P. 32–37.
10. Kulikova A. Kh., Nikitin S. N., Saidyasheva G. V., Toigildin A. L. The effectiveness of mineral and modified fertilizers when growing *avena sativa* // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2019. Vol. 10, № 4. P. 128–131.
11. Mnasri N., Chennaoui C., Hessini K., Djébal N., Gargourri S., Mhamdi R., Elkahoui S. Efficacy of some rhizospheric and endophytic bacteria in vitro and as seed coating for the control of *Fusarium clumorum* infecting durum wheat in Tunisia // European Journal of Plant Pathology. 2017. Vol. 147(3), P. 501–515. DOI: 10.1007/s10658-016-1018-3.

Поступила: 01.02.23; доработана после рецензирования: 06.04.23; принята к публикации: 06.04.23.

Критерии авторства. Автор статьи подтверждает, что имеет на статью права и несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Ермолаева Г. В. – подготовка и выполнение опытов, сбор данных, статистическая обработка данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.