

Применение новых комплексных удобрений и биологических препаратов на посевах кормовой озимой ржи в условиях Псковской области

Т. В. Шайкова¹, Е. С. Волкова¹, М. В. Дятлова^{1✉}

¹ Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

✉ E-mail: info.psk@fncl.ru

Аннотация. Разработка оптимальной системы питания сельскохозяйственных культур является необходимым фактором получения стабильных урожаев. Дефицит отдельных макро- и микроэлементов в питании растений, приводящий к снижению урожайности, можно восполнить использованием новых комплексных сбалансированных удобрений и биопрепаратов. **Цель работы** заключается в изучении влияния азотных подкормок, новых форм комплексных удобрений на основе активных биологических веществ («Кодамин В-Мо», «К-Гумат-На», «Агрофлорин», «Ауксинолен») и микробиологического препарата (МБП) «Бисолбифит» на урожай и качество зерна кормовой озимой ржи «Новая эра» на дерново-подзолистых почвах в условиях Псковской области. **Новизна** состоит в том, что впервые в агроэкологических условиях Псковской области изучено влияние новых комплексных удобрений, биологических и гуминовых препаратов при возделывании озимой ржи. **Методы.** Исследования проводили в 2019 году на опытном поле лаборатории агротехнологий ФГБНУ ФНЦ ЛК ОП в г. Пскове. Учеты, наблюдения и анализы проводились по общепринятым методикам. **Результаты.** Исследованиями установлено, что наибольшее положительное влияние на урожайность зерна оказало внесение полного минерального удобрения в дозах $N_{80}P_{40}K_{70}$ при дробном внесении азота: 20 кг действующего вещества (д. в.) – в основное удобрение, 40 кг д. в. – в фазу кущения, 20 кг д. в. – в фазу трубкования. Здесь дополнительно к контролю получено 13,4 ц/га, или 42,2 %. Внесение минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{40}K_{70}$, МБП «Бисолбифит» способствовало получению дополнительно 4,0 ц/га зерна, что составило 10,6 %. Некорневая двукратная обработка растений удобрением «Кодамин В-Мо» повышала урожай зерна на 8,6 %. Установлено влияние исследуемых факторов на содержание сырого протеина и нитратного азота в растениях кормовой озимой ржи, массу 1000 семян и структуру урожая. На внесенный 1 кг действующего вещества минеральных удобрений при различных дозах азотных подкормок получено от 3,68 до 6,39 кг зерна.

Ключевые слова: кормовая озимая рожь, комплексные удобрения, Кодамин В-Мо, К-Гумат-На, Ауксинолен, Агрофлорин, Бисолбифит, урожайность, качество.

Для цитирования: Шайкова Т. В., Волкова Е. С., Дятлова М. В. Применение новых комплексных удобрений и биологических препаратов на посевах кормовой озимой ржи в условиях Псковской области // Аграрный вестник Урала. 2020. № 11 (202). С. 45–52. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-45-52.

Дата поступления статьи: 21.09.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Озимая рожь – это наиболее приспособленная к условиям Северо-Запада культура. Она обеспечивает устойчивые урожаи зерна в самые неблагоприятные годы. Как и все зерновые культуры, озимая рожь положительно отзывается на внесение удобрений. При возделывании зерновых культур в условиях Нечерноземной зоны большую роль играет азот. Но важной особенностью применения азотных удобрений для получения высоких урожаев зерна является дробное их внесение в основное удобрение и в подкормки [1, с. 285], [2, с. 90], [3, с. 23].

В настоящее время во Всероссийском научно-исследовательском институте растениеводства им. Н. И. Вавилова ведется работа по созданию сортов озимой ржи, формирующих стабильный урожай и зерно с низким содержанием водорастворимых арабинооксианов [4, с. 647], [5, с. 784]. Изучение на данной инновационной озимой ржи приемов и способов внесения новых комплексных удобрений и биопрепаратов обусловило новизну работы.

Главным источником элементов питания для сельскохозяйственных культур являются почва и удобрения. Со-

временные комплексные удобрения, биопрепараты, гуминовые удобрения оказывают положительное влияние на рост и развитие сельскохозяйственных культур, так как содержат в своем составе необходимые макро- и микроэлементы, биологически активные соединения [6, с. 86], [7, с. 59], [8, с. 420], [9, с. 667].

Препарат «Гумат калия/натрия» произведен на основе высокоактивных гуминовых веществ с содержанием азота 3,5 %, фосфора и калия в органической форме – 0,5 % и 2,5 %. Удобрение содержит микроэлементы Mg (0,1 %), B (0,1 %), Co (0,01 %), Cu (0,05 %), Fe (0,12 %), Mn (0,1 %), Mo (0,025 %), Zn (0,12 %) в форме комплексных органоминеральных соединений, высокомолекулярные гуминовые кислоты (7 %) и низкомолекулярные карбоновые кислоты (0,6 %) – глюконовую, лимонную, янтарную, молочную, которые являются хелатирующими агентами, аминокислоты (2,4 %). «Гумат калия/натрия» повышает биологическую активность почвы, увеличивает поглощение питательных веществ корнями, усиливает фотосинтез и дыхание, стимулирует производство фитоалексинов [10].

Препарат «Кодамин В-Мо» – высокообогащенное растительными аминокислотами комплексное удобрение, содержащее 6,4 % азота, 6,5 % бора, 0,22 % молибдена и 12,48 % свободных аминокислот. «Кодамин В-Мо» легко усваивается растениями, повышает их устойчивость к неблагоприятным условиям окружающей среды, ускоряет процесс образования белковых веществ. Стимулирует физиологические функции [11].

Препарат «Агрофлорин» содержит все незаменимые аминокислоты, 10,9 г/л органических кислот (фумаровую, янтарную, щавелево-уксусную, уксусную), витамины группы В, фолиевую и никотиновую кислоты, 26 макро- и микроэлементов. «Агрофлорин» восстанавливает почвенную микрофлору, улучшает структуру почвы, ускоряет микробиологические процессы в почве [12].

«Ауксинолен» содержит фитогормоны (ауксины, гликофосин, гибберелловую кислоту, цитокинины), улучшающие прорастание семян, стимулирующие рост растений и клеточное деление, повышающие устойчивость растений к неблагоприятным условиям среды, а также макро- и микроэлементы, витамины группы В, фолиевую и никотиновую кислоты [13].

Некорневые подкормки жидкими комплексными удобрениями, исследованиям эффективности которых в настоящее время уделяется большое внимание, обеспечивают непосредственно органы и ткани растений необходимыми элементами питания. Это обстоятельство дает возможность избежать потерь питательных веществ в результате отрицательного влияния почвенных факторов, таких как выщелачивание, прочное закрепление в почвенном поглощающем комплексе и перевод в труднодоступные для питания растений соединения [14, с. 50].

Препарат «Бисолбифит» – микробный препарат, созданный во ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии, активным биоагентом которого является штамм бактерий *Bacillus subtilis* Ч-13 и его метаболиты, с титром живых клеток не менее 100 млн КОЕ/г препарата. Препарат обладает хорошей сыпучестью и адгезией и предназначен для биологической модификации минеральных удобрений. Норма расхода модификатора составляет 4–5 кг/т минеральных удобрений. В результате нанесения бактерий на поверхность гранул удобрений образуется «биокапсула», которая одновременно может выполнять сразу несколько функций: удобрительную, защитную и стимулирующую [15], [16, с. 32]. Бациллы за счет колонизации корней и продуцирования фитогормонов улучшают развитие корневых волосков и их поглотительную способность, в результате чего повышается эффективность минерального питания растений.

Изучение приемов и способов внесения комплексных удобрений и биопрепаратов на фоне минеральных удобрений позволит разработать ресурсосберегающую технологию возделывания кормовой озимой ржи на основе их применения, что сегодня является весьма актуальным.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводились в 2018–2019 гг. на опытном поле лаборатории агротехнологий ФГБНУ ФНЦ ЛК ОП в г. Пскове. Почва опытного участка дерново-подзолистая со следующими агрохимическими показателями: pH_{KCl} – 5,03, содержание подвижного фосфора – 273,5 мг/кг, содержание обменного калия – 159,0 мг/кг, содержание гумуса – 2,1 %.

Схема опыта:

1. 0 – контроль без удобрений.

2. $N_{20}P_{40}K_{70}$.

3. $N_{40}P_{40}K_{70}$.
4. $N_{20}P_{40}K_{70} + N_{20}$ (в фазу кущения) – фон.
5. $N_{20}P_{40}K_{70} + N_{40}$ (в фазу кущения).
6. $N_{20}P_{40}K_{70} + N_{40}$ (в фазу кущения) + N_{20} (в фазу выхода в трубку).
7. $N_{20}P_{40}K_{70} + N_{20}$ + «Агрофлорин», «Ауксинолен».
8. $N_{20}P_{40}K_{70} + N_{20}$ + «Кодамин В-Мо».
9. $N_{20}P_{40}K_{70} + N_{20}$ + «К-Гумат-На».
10. $N_{20}P_{40}K_{70}$ + «Бисолбифит» + N_{20} .

Опыт заложен в 4-кратной повторности. Учетная площадь делянки – 30 м². Предшественник – клевер 2-го года.

Агротехнические приемы – общепринятые для региона. Минеральные удобрения внесены под предпосевную культивацию в виде азофоски, аммофоса и калия хлористого в качестве основного удобрения. Подкормки аммиачной селитрой и внекорневая обработка растений комплексными удобрениями и биопрепаратами проведены дважды: в фазу кущения и в фазу выхода в трубку. Норма расхода препаратов: «К-Гумат-На» – 15 мл/100 м²; «Кодамин В-Мо» – 2 л/га; «Агрофлорин» и «Ауксинолен» – 15 мл/100 м²; «Бисолбифит» – 4 кг/т удобрений, который вносили совместно с минеральными удобрениями перед посевом.

Учет урожая зерна проводили сплошным поделочно-методом с последующим пересчетом на гектар. Выход соломы рассчитывали по учетному снопу.

Анализ почвы и растений (полная полевая влагемкость, влажность, pH_{KCl} на рН-метре АНИОН 4100, содержание P_{2O_5} и K_2O в почве методом Кирсанова, экспресс-метод определения NO_3^- в почве и растениях на иономере И-160МИ, определение общего азота в растениях методом К. Гинзбург, Г. Щегловой, Е. Вульфийус, расчет сырого протеина с использованием коэффициента 6,25) выполнены в лаборатории агротехнологий ФГБНУ ФНЦ ЛК ОП г. Пскова в соответствии с ГОСТ 26483-85 «Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО», ГОСТ Р 54650-2011 «Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО», ГОСТ 13496.4-93 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания нитратов и нитритов», МУ по оценке качества и питательности кормов (Министерство сельского хозяйства РФ; ЦНИИ агрохимического обслуживания сельского хозяйства (ЦИНАО)). Оценку запасов продуктивной влаги провели, основываясь на показаниях влажности почвы в слое 0–20 см, определенной по фазам роста кормовой озимой ржи и плотности почвы [17, с. 60]. Полученные данные обработали статистическим методом по Б. А. Доспехову.

Исследуемая культура: рожь озимая Новая Эра – среднеспелый сорт, высокоурожайный, зернофуражного направления с низким содержанием водорастворимых пентозанов в зерне (0,5–0,8 %), вегетационный период – 329–344 дня, масса 1000 семян – 36 г, устойчив к полеганию, характеризуется повышенной устойчивостью к заболеваниям.

Результаты (Results)

Применение различных доз и способов внесения минеральных удобрений, а также новых форм комплексных и микробиологических удобрений оказало определенное влияние на продуктивность озимой ржи. Данные урожайности озимой ржи приведены в таблице 1. Урожайность зерна на контроле составила 31,8 ц/га. Максимальный эффект – 45,2 ц/га – был получен при внесении $N_{80}P_{40}K_{70}$ с дробным внесением азота (N_{20} в основное удобрение + N_{40}

в подкормку рано весной в фазу кущения + N_{20} в фазу выхода в трубку). Прибавка к контролю без удобрений составила 13,4 ц/га, или 42,2 %. Внесение $N_{60}P_{40}K_{70}$ с дробным внесением азота (N_{20} в основное удобрение + N_{40} в подкормку, рано весной в фазу кущения) обеспечило прибавку 11,1 ц/га, или 34,9 % к контролю. Двукратная обработка удобрением «Кодамин В-Мо» способствовала получению дополнительно 3,3 ц/га зерна, или 8,6 % к урожаю фонового варианта ($N_{20}P_{40}K_{70}$ + N_{20}) при НСР₀₅ 2,7 ц/га. Существенное положительное влияние также оказало внесение МБП «Бисолбифит», прибавка от которого была эквивалентна 20 кг/га д. в. азота и составила 10,3 ц/га, или 32,4 % к контролю без удобрений и 4,0 ц/га к фону.

Окупаемость 1 кг д. в. минеральных удобрений находилась на уровне 1,3–6,4 кг зерна кормовой озимой ржи и зависела от доз азотных подкормок и применяемых препаратов. Наибольшее количество зерна (6,4 кг) получено от внесения 1 кг д. в. минеральных удобрений в дозе $N_{80}P_{40}K_{70}$. Исследуемые комплексные удобрения и биопрепараты повышали окупаемость 1 кг д. в. минеральных удобрений до 4,2 кг при обработках удобрением «К-Гумат-Na», до 5,6 кг при обработках удобрением «Кодамин В-Мо» и до 6,1 кг при внесении МБП «Бисолбифит».

Рост и развитие растений в значительной степени зависят от влажности почвы. Для создания 1 г сухого вещества необходимо до 1000 г воды [18, с. 420]. Одной из важнейших почвенно-гидрологических констант является предельно-полевая влагемкость (ППВ), которая определяет содержание высокопродуктивной влаги. Исследуемую дерново-подзолистую легкосуглинистую почву, имеющую ППВ 41,8 %, можно отнести к почвам с хорошей полевой влагемкостью. Значения влажности исследуемой почвы представлены в таблице 2.

Расчет запасов продуктивной влаги в пахотном горизонте исследуемой почвы показал, что в фазы кущения и выхода в трубку обеспеченность растений была удовлетворительной и хорошей. В следующие фазы: колошения, цветения, молочной спелости запасы продуктивной влаги были неудовлетворительными. Для растений кормовой озимой ржи решающее значение имели запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы в первые две фазы развития, когда корневая система была еще недостаточно развита.

Таблица 1
Влияние удобрений и биопрепаратов на урожайность зерна озимой ржи

№	Варианты опыта	Урожайность, ц/га	Прибавки, ц/га		Окупаемость 1 кг д. в. удобрений, кг
			к контролю	к фону	
1	0 – контроль без удобрений	31,8	–	–	
2	$N_{20}P_{40}K_{70}$	33,8	2,0	–	1,3
3	$N_{40}P_{40}K_{70}$	36,1	4,3	–	2,5
4	$N_{20}P_{40}K_{70}$ + N_{20}	38,1	6,3	–	3,7
5	$N_{20}P_{40}K_{70}$ + N_{40}	42,9	11,1	4,8	5,9
6	$N_{20}P_{40}K_{70}$ + N_{40} + N_{20}	45,2	13,4	7,1	6,4
7	$N_{20}P_{40}K_{70}$ + N_{20} + «Агрофлорин»/«Ауксинолен»	37,8	6,0	–0,4	3,5
8	$N_{20}P_{40}K_{70}$ + N_{20} + «Кодамин В-Мо»	41,4	9,6	3,3	5,6
9	$N_{20}P_{40}K_{70}$ + N_{20} + «К-Гумат-Na»	38,9	7,1	0,8	4,2
10	$N_{20}P_{40}K_{70}$ + N_{20} + «Бисолбифит»	42,1	10,3	4,0	6,1
	НСР ₀₅	2,7			

Table 1
The influence of fertilizers and biological preparations on winter rye yield

№	Treatment options	Yield, c/ha	The increase, c/ha		Payback of 1 kg of fertilizers, kg
			to control	to basic treatment	
1	0 – control, no treatment	31.8	–	–	
2	$N_{20}P_{40}K_{70}$	33.8	2.0	–	1.3
3	$N_{40}P_{40}K_{70}$	36.1	4.3	–	2.5
4	$N_{20}P_{40}K_{70}$ + N_{20} (basic treatment)	38.1	6.3	–	3.7
5	$N_{20}P_{40}K_{70}$ + N_{40}	42.9	11.1	4.8	5.9
6	$N_{20}P_{40}K_{70}$ + N_{40} + N_{20}	45.2	13.4	7.1	6.4
7	$N_{20}P_{40}K_{70}$ + N_{20} + “Agroflorin”/“Auksinolen”	37.8	6.0	–0.4	3.5
8	$N_{20}P_{40}K_{70}$ + N_{20} + “Kodamin B-Mo”	41.4	9.6	3.3	5.6
9	$N_{20}P_{40}K_{70}$ + N_{20} + “K-Gumat -Na”	38.9	7.1	0.8	4.2
10	$N_{20}P_{40}K_{70}$ + N_{20} + “Bisolbifit”	42.1	10.3	4.0	6.1
	HCP ₀₅	2.7			

Таблица 2
Влажность почвы и запасы продуктивной влаги по фазам вегетации кормовой озимой ржи в слое 0–20 см, % (в среднем по опыту)

Показатели влагообеспеченности	Фазы вегетации кормовой озимой ржи				
	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Цветение	Молочная спелость
Влажность почвы, %	19,4	22,0	12,9	5,2	12,9
Запасы продуктивной влаги, мм	34,0	40,6	17,5	0	17,5

Table 2
Soil moisture and reserves of productive moisture at the vegetation stages of fodder winter rye (in a soil layer of 0–20 cm, %, average data)

Indicators of moisture supply	Vegetation stage				
	Tillering	Shooting	Earing	Flowering	Milky ripeness
Soil moisture, %	19.4	22.0	12.9	5.2	12.9
Reserves of productive moisture, mm	34.0	40.6	17.5	0	17.5

Таблица 3
Содержание и сбор сырого протеина в кормовой озимой ржи

№	Варианты опыта	Содержание сырого протеина, %		Сбор сырого протеина, ц/га		
		Зерно	Солома	Зерно	Солома	Всего
1	0 – контроль без удобрений	9,5	1,8	2,8	0,8	3,6
2	$N_{20}P_{40}K_{70}$	9,2	2,3	3,0	1,1	4,1
3	$N_{40}P_{40}K_{70}$	9,9	2,3	3,4	1,3	4,7
4	$N_{20}P_{40}K_{70} + N_{20}$	10,2	1,8	3,7	1,1	4,7
5	$N_{20}P_{40}K_{70} + N_{40}$	11,1	2,0	4,2	1,2	5,4
6	$N_{20}P_{40}K_{70} + N_{40} + N_{20}$	10,8	2,9	4,0	1,8	5,8
7	$N_{20}P_{40}K_{70} + N_{20} + \text{«Агрофлорин»/«Ауксинолен»}$	10,2	2,1	3,6	1,2	4,8
8	$N_{20}P_{40}K_{70} + N_{20} + \text{«Кодамин В-Мо»}$	10,5	2,4	4,0	1,6	5,5
9	$N_{20}P_{40}K_{70} + N_{20} + \text{«К-Гумат-На»}$	10,1	2,1	3,6	1,3	4,9
10	$N_{20}P_{40}K_{70} + N_{20} + \text{«Бисолбифит»}$	9,5	1,9	3,6	1,4	4,9
	Среднее по опыту	10,1	2,1	3,6	1,3	4,9

Table 3
Content and yield of crude protein in fodder winter rye

№	Treatment options	Protein content, %		Protein yield, c/ha		
		Grain	Straw	Grain	Straw	Total
1	0 – control, no treatment	9.5	1.8	2.8	0.8	3.6
2	$N_{20}P_{40}K_{70}$	9.2	2.3	3.0	1.1	4.1
3	$N_{40}P_{40}K_{70}$	9.9	2.3	3.4	1.3	4.7
4	$N_{20}P_{40}K_{70} + N_{20}$ (basic treatment)	10.2	1.8	3.7	1.1	4.7
5	$N_{20}P_{40}K_{70} + N_{40}$	11.1	2.0	4.2	1.2	5.4
6	$N_{20}P_{40}K_{70} + N_{40} + N_{20}$	10.8	2.9	4.0	1.8	5.8
7	$N_{20}P_{40}K_{70} + N_{20} + \text{“Agroflorin”/“Auksinolen”}$	10.2	2.1	3.6	1.2	4.8
8	$N_{20}P_{40}K_{70} + N_{20} + \text{“Kodamin B-Mo”}$	10.5	2.4	4.0	1.6	5.5
9	$N_{20}P_{40}K_{70} + N_{20} + \text{“K-Gumat-Na”}$	10.1	2.1	3.6	1.3	4.9
10	$N_{20}P_{40}K_{70} + N_{20} + \text{“Bisolbifit”}$	9.5	1.9	3.6	1.4	4.9
	Average	10.1	2.1	3.6	1.3	4.9

С опытного участка были отобраны образцы почвы для определения нитрифицирующей способности почвы. Установлено, что величина данного показателя составила 43,2 мг/кг, а потенциальные запасы азота нитратов за вегетационный период с начала весенней вегетации и до уборки были равны 112,3 кг/га.

Качество сельскохозяйственной продукции обусловлено многими факторами: климатическими условиями, особенностями возделываемой культуры, агротехникой. В число этих факторов входит и применение удобрений. При оценке качества растительной продукции, используемой в кормовых целях, определяют один из главных его показателей – сырой протеин. Данные по его содержанию представлены в таблице 3.

Таблица 4

Содержание нитратного азота в растениях кормовой озимой ржи, мг/кг

№	Варианты опыта	Содержание N-NO ₃	
		Зерно	Солома
1	0 – контроль без удобрений	9,6	117,7
2	N ₂₀ P ₄₀ K ₇₀	8,7	127,2
3	N ₄₀ P ₄₀ K ₇₀	9,1	225,0
4	N ₂₀ P ₄₀ K ₇₀ + N ₂₀	9,2	186,4
5	N ₂₀ P ₄₀ K ₇₀ + N ₄₀	9,4	193,0
6	N ₂₀ P ₄₀ K ₇₀ + N ₄₀ + N ₂₀	9,6	503,8
7	N ₂₀ P ₄₀ K ₇₀ + N ₂₀ + «Агрофлорин»/«Ауксинолен»	9,0	150,4
8	N ₂₀ P ₄₀ K ₇₀ + N ₂₀ + «Кодамин В-Мо»	9,1	274,6
9	N ₂₀ P ₄₀ K ₇₀ + N ₂₀ + «К-Гумат-На»	9,3	140,0
10	N ₂₀ P ₄₀ K ₇₀ + N ₂₀ + «Бисолбифит»	9,4	134,6
	Среднее по опыту	9,2	205,2

Table 4

Nitrate nitrogen content in fodder winter rye plants, mg/kg

№	Treatment options	Content of N-NO ₃	
		Grain	Straw
1	0 – control, no treatment	9.6	117.7
2	N ₂₀ P ₄₀ K ₇₀	8.7	127.2
3	N ₄₀ P ₄₀ K ₇₀	9.1	225.0
4	N ₂₀ P ₄₀ K ₇₀ + N ₂₀ (basic treatment)	9.2	186.4
5	N ₂₀ P ₄₀ K ₇₀ + N ₄₀	9.4	193.0
6	N ₂₀ P ₄₀ K ₇₀ + N ₄₀ + N ₂₀	9.6	503.8
7	N ₂₀ P ₄₀ K ₇₀ + N ₂₀ + “Agroflorin”/“Auksinolen”	9.0	150.4
8	N ₂₀ P ₄₀ K ₇₀ + N ₂₀ + “Kodamin B-Mo”	9.1	274.6
9	N ₂₀ P ₄₀ K ₇₀ + N ₂₀ + “K-Gumat-Na”	9.3	140.0
10	N ₂₀ P ₄₀ K ₇₀ + N ₂₀ + “Bisolbifit”	9.4	134.6
	Average	9.2	205.2

Содержание сырого протеина в зерне кормовой озимой ржи, полученном без внесения удобрений, находилось на уровне 9,5 % от абсолютно сухого вещества (АСВ). Повышение уровня азотного питания способствовало возрастанию данного показателя. Максимальное его содержание в зерне 11,1 % и сбор с гектара 4,2 ц получены при внесении N₆₀P₄₀K₇₀, при внесении 20 кг д. в. азота в основное удобрение и 40 кг д. в. в подкормку рано весной. Изучение влияния препаратов «Кодамин В-Мо», «К-Гумат-На», «Агрофлорин»/«Ауксинолен» и МБП «Бисолбифит» показало, что содержание сырого протеина в зерне повышалось только при внесении «Кодамина В-Мо» – на 0,3 %. Кормовая продуктивность зерна также возрастала на 0,3 ц/га под влиянием обработок «Кодамином В-Мо». Это связано с участием молибдена, входящего в состав удобрения, в реакциях восстановления нитратов до аммиака, который используется растением для синтеза аминокислот и белков [19, с. 175].

Максимальная кормовая продуктивность исследуемой культуры установлена при внесении N₈₀P₄₀K₇₀ и составила 5,8 ц/га, что на 2,2 ц/га больше, чем на контроле, и на 1,1 ц/га больше показателя на фоновом варианте. Под влиянием препарата «Кодамин В-Мо» дополнительно получено 0,8 ц/га, «К-Гумат-На» и «Бисолбифит» – по 0,2 ц/га, «Ауксинолен» и «Агрофлорин» – 0,1 ц/га.

В таблице 4 проведено изучение содержания нитратного азота в зерне и соломе кормовой озимой ржи.

В зерне кормовой озимой ржи содержание нитратов находилось на уровне 8,7–9,6 мг/кг. В соломе минимальное содержание нитратов установлено на контрольном варианте – 117,7 мг/кг, максимальное – 503,8 мг/кг при внесении 80 кг д. в. азота.

Показатель массы 1000 семян характеризует их полновесность, выполненность и крупность для определения посевных и товарных характеристик. Величина его зависит от многих факторов. Необходимо отметить, что погодные условия вегетационного периода (отсутствие осадков в фазы цветения – начала молочной спелости) привели к снижению массы 1000 семян. В среднем по опыту величина данного показателя была равна 31,9 г, в то время как в предыдущих исследованиях – 37–38,5 г [20, с. 54].

В результате морфологического анализа растений установлены средние показатели высоты растений – 142,1 см; длины колоса – 10,6 см; продуктивной кустистости – 5,4; массы зерна в колосе – 1,4 г; соотношения соломы к зерну – 1,7.

Растения с наибольшей продуктивной кустистостью (в среднем – 7,4 стебля на растении) и максимальным количеством зерен в колосе (43,7 шт.) получены при внесении N₈₀P₄₀K₇₀. Средняя длина колоса в данном варианте была равна 11,3 см, а масса зерна в колосе – 1,5 г. Применение всех исследуемых удобрений и препаратов способствовало повышению количества зерен и массы зерна в колосе.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Результаты исследований показали, что наибольшее положительное влияние на урожай зерна кормовой озимой ржи оказало внесение полного минерального удобрения в дозах $N_{80}P_{60}K_{70}$ с дробным внесением азота: 20 кг д. в. в основное удобрение, 40 кг д. в. в первую подкормку при весеннем возобновлении вегетации и 20 кг д. в. во вторую подкормку в фазу выхода в трубку. Здесь дополнительно к контролю получено 13,4 ц/га зерна при НСР₀₅ 2,7 ц/га, или 42,2 %.

Окупаемость 1 кг действующего вещества минеральных удобрений при внесении различных вариантов азотных подкормок находилась в пределах 3,7–6,4 кг зерна кормовой озимой ржи и зависела от доз и количества азотных подкормок и применяемых препаратов.

Существенное влияние на урожай зерна оказало применение МБП «Бисолбифит». На данном варианте дополнительно к фону было получено 4,0 ц/га зерна, или 10,6 %.

Обработки комплексным удобрением «Кодамин В-Мо» повышали урожай зерна в сравнении с фоном на 3,3 ц/га, или на 8,6 %.

Положительное влияние гуминового удобрения «К-Гумат-На» заключалось в получении дополнительно 0,8 ц/га, или 2,1 %, к урожаю фонового варианта.

Значимые прибавки к контролю получены на всех вариантах с удобрениями и биопрепаратами, за исключением варианта с минимальной дозой азота $N_{20}P_{40}K_{70}$.

Нитрификационная способность почвы опытного участка составила 43,2 мг/кг, а запасы нитратного азота за вегетационный период с начала весенней вегетации – 112,3 кг/га.

Содержание сырого протеина в зерне озимой ржи находилось в пределах 9,2–11,1 % АСВ. Сбор сырого протеина с гектара составил от 3,6 до 5,8 ц. Максимальное содержание сырого протеина (11,1 % АСВ) и наибольший выход его с гектара (5,8 ц) установлены при внесении $N_{60}P_{40}K_{70}$ ($N_{20}P_{40}K_{70}$ – в основное удобрение, N_{40} – в подкормку в фазу кущения весной).

При изучении новых видов комплексных удобрений и биопрепаратов наибольший эффект получен под воздействием внекорневых обработок удобрением «Кодамин В-Мо», где общий выход сырого протеина составил 5,5 ц/га, что на 17 % больше, чем на фоновом варианте ($N_{20}P_{40}K_{70}+N_{20}$), и на 52,7 % больше, чем на контроле (без удобрений).

Содержание нитратного азота в зерне кормовой озимой ржи соответствовало нормативам качества концентрированных кормов.

Азотные подкормки и биопрепараты оказали положительное влияние на показатели структуры урожая: продуктивную кустистость, длину колоса, массу зерна в колосе и массу 1000 семян.

Библиографический список

1. Агрохимия: учебник / В. Г. Минеев, В. Г. Сычев, Г. П. Гамзиков [и др.]; под ред. В. Г. Минеева. М.: Изд-во ВНИИА им. Д. Н. Прянишникова, 2017. 854 с.
2. Власова Т. А., Чекаев Н. П. Система удобрений сельскохозяйственных культур: учебное пособие. Пенза: ПГАУ, 2017. 231 с.
3. Рысев М. Н., Волкова Е. С., Федотова Е. Н., Дятлова М. Н. Закономерности действия удобрений под озимую рожь на дерново-подзолистых почвах // Известия Великолукской ГСХА. 2018. № 4. С. 18–25. DOI: 10.24411/2225-2584-2019-10094.
4. Кобылянский В. Д., Солодухина О. В. Генетические основы селекции сортов универсальной ржи с низким содержанием водорастворимых арабиноксиланов, зерно которых пригодно для зернофуражной и хлебопекарной промышленности // VII Съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров: сборник тезисов Международного конгресса. Санкт-Петербург, 2019. С. 93.
5. Сафонова И. В., Аниськов Н. И., Кобылянский В. Д. База данных генетических ресурсов коллекции озимой ржи ВИР как средство классификации генетического разнообразия, анализа истории коллекции и эффективного изучения и сохранения // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. № 23 (6). С. 780–786. DOI: 10.18699/VJ19.552.
6. Завалин А. А., Алферов А. А., Чернова Л. С. Ассоциативная азотфиксация и практика применения биопрепаратов в посевах сельскохозяйственных культур // Агрохимия. 2019. № 8. С. 83–96. DOI: 10.1134/S0002188119080143.
7. Вильдфлуш И. Р., Цыганов А. Р., Мурзова О. В., Цуйко С. Р. Эффективность применения новых форм удобрений и регуляторов роста растений при возделывании озимой пшеницы, голозерного и пленчатого овса // Весці Нацыянальнай Акадэміі Навук Беларусі. Серыя аграрных навук. 2017. № 2. С. 58–67.
8. Степанов А. А., Селимгареева О. А. Эффективность гуминового удобрения «ЭДАГУМ®СМ» как стимулятора роста и мелиоранта в полевых и вегетационных опытах с пшеницей // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: сборник докладов Международной науч.-практ. конф. Курского отд. МОО «Общество почвоведов им. В. В. Докучаева». Курск, 2018. С. 419–424.
9. Рабинович Г. Ю., Ковалев Н. Г., Смирнова Ю. Д. Применение новых биоудобрений и биопрепаратов при возделывании яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и картофеля (*Solanum tuberosum* L.) // Сельскохозяйственная биология. 2015. Т. 50. № 5. С. 665–672. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.5.665rus.
10. НПО «СИЛА ЖИЗНИ»: К-Гумат-На (гумат калия/натрия) с микроэлементами [Электронный ресурс]. URL: http://www.silazhizni.ru/katalog/bioaktivatory_guminovye_kisloty_gumaty_antistressanty_dlya_selskogo_hozyajstva/gumat_kaliya_natriya_s_mikroelementami1/#content (дата обращения: 21.08.2020).
11. СевЗапАгро: Кодамин В-МО [Электронный ресурс]. URL: <https://sevzapagro.ru/ishop/product/408> (дата обращения: 21.08.2020).
12. Инновационный биопрепарат для восстановления и защиты почвы [Электронный ресурс]. URL: <http://posad.bio/upload/%D0%90%D1%83%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BD.pdf> (дата обращения: 21.08.2020).
13. Инновационный биопрепарат для стимуляции иммунитета и роста растений, комплексной защиты от фитопатогенов и корневой гнили [Электронный ресурс]. URL: <http://posad.bio/upload/%D0%90%D0%B3%D1%80%D0%BE%D1%84%D0%BB%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BD.pdf> (дата обращения: 21.08.2020).
14. Осипов А. И., Шкрабак Е. С. Роль некорневого питания в повышении продуктивности сельскохозяйственных культур // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 54. С. 44–52. DOI: 10.24411/2078-1318-2019-11044.

15. БисолбиФит [Электронный ресурс]. URL: <http://bisolbiplus.ru/produkty/bisolbifit.html> (дата обращения: 21.08.2020).
16. Завалин А. А., Чернова Л. С., Гаврилова А. Ю., Чеботарь В. К. Влияние минеральных удобрений, биомодифицированных микробным препаратом Бисолбифит, на урожай ярового ячменя // *Агрохимия*. 2015. № 4. С. 21–33.
17. Мамонтов В. Г. Методы почвенных исследований: учебник. Санкт-Петербург: Лань, 2016. 260 с.
18. Мамонтов В. Г., Панов Н. П., Игнатьев Н. Н. Общее почвоведение: учебник. М.: КНОРУС, 2017. 538 с.
19. Корягин Ю. В., Корягина Н. В. Физиология и биохимия растений: учебное пособие. Пенза: ПГАУ, 2017. 265 с.
20. Рысев М. Н., Дятлова М. В., Волкова Е. С., Степанова И. А. Изучение азотных подкормок при возделывании зернофуражной озимой ржи в условиях Псковской области // *Владимирский земледелец*. 2019. № 4 (90). С. 50–55. DOI: 10.24411/2225-2584-2019-10094.

Об авторах:

Татьяна Васильевна Шайкова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агротехнологий, ORCID 0000-0001-7309-5328, AuthorID 758335; +7 (8112) 67-31-19

Елена Сергеевна Волкова¹, старший научный сотрудник лаборатории агротехнологий, ORCID 0000-0002-1762-0957, AuthorID 993960; +7 (8112) 67-31-19

Марина Владимировна Дятлова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агротехнологий, ORCID 0000-0003-4651-1263, AuthorID 1079013; +7 (8112) 67-31-19, info.psk@fncl.ru

¹ Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

Application new complex fertilizers and biological preparations on the sowing of the fodder winter rye in the Pskov region's conditions

T. V. Shaykova¹, E. S. Volkova¹, M. V. Dyatlova^{1*}

¹ Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia

*E-mail: info.psk@fncl.ru

Abstract. The development of optimal nutritional system for agricultural crops is one of the main factors for the getting of stable yields. The deficiency of some macro- and microelements in plant nutrition, leading to yield decreasing, can be compensated with new complex of balanced fertilizers and biological products. **The aim** of the work is to study the effect of nitrogen fertilization, new forms of complex fertilizers based on active biological substances (“Kodamin B-Mo”, “K-Gumat-Na”, “Agroflorin” “Auksinolen”) and the microbiological preparation (MBP) “Bisolbifit” on the yield and quality of grain of fodder winter rye “Novaya Era” on sod-podzolic soils in the Pskov region. **The originality** is that for the agro-ecological conditions of the Pskov region, the influence of new complex fertilizers, biological and humic preparations in the cultivation of winter rye has been studied. **Methods.** The research was carried out in 2019 on the experimental field of the laboratory of agricultural technologies of the Federal research center for Bast Crops (Pskov Department). The records, observations and analyzes were carried out according to generally accepted methods. **Results.** The maximal positive effect on grain yield was made with the introduction of complete mineral fertilizer in doses of $N_{80}P_{40}K_{70}$ with fractional nitrogen application: 20 kg of active substance – in the main fertilizer, 40 kg – in the tillering phase and 20 kg – in the booting phase. Up to 1,3 t/ha or 42.2 % to the control level were obtained in that variation. Application of mineral fertilizers in a dose of $N_{40}P_{40}K_{70}$ and MBP “Bisolbifit” increased on 0,4 t/ha of grain, which amounted 10.6 %. Foliar double treatment of plants with fertilizer “Kodamin B-Mo” increased grain yield up to 8.6 %. The influence of the investigated factors on the protein content and nitrate nitrogen in plants of fodder winter rye, the weight of 1000 seeds and the structure of the yield was established. For 1 kg of active substance of mineral fertilizers at various doses of nitrogen fertilizing the additional yield of grain from 3.68 to 6.39 kg was obtained.

Keywords: fodder winter rye, new complex fertilizers, Kodamin B-Mo, K-Gumat-Na, Bisolbifit, yield, quality.

For citation: Shaykova T. V., Volkova E. S., Dyatlova M. V. *Primenenie novykh kompleksnykh udobreniy i biologicheskikh preparatov na posevakh kormovoy ozimoy rzhii v usloviyakh Pskovskoy oblasti* [Application new complex fertilizers and biological preparations on the sowing of the fodder winter rye in the Pskov region's conditions] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020. No. 11 (202). Pp. 45–52. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-202-11-45-52. (In Russian.)

Paper submitted: 21.09.2020.

References

1. *Agrokhimiya: uchebnik* [Agrochemistry: textbook] / V. G. Mineev, V. G. Sychev, G. P. Gamzikov, et al. ; under the editorship of V. G. Mineev. Moscow: Izd-vo VNIIA im. D. N. Pryanishnikova, 2017. 854 p. (In Russian.)
2. Vlasova T. A., Chekaev N. P. *Sistema udobreniy sel'skokhozyaystvennykh kul'tur: uchebnoe posobie* [Crop fertilization system: a tutorial]. Penza: PGAU, 2017. 231 p. (In Russian.)
3. Rysev M. N., Volkova E. S., Fedotova E. N., Dyatlova M. N. *Zakonomernosti deystviya udobreniy pod ozimuyu rozh' na dernovo-podzolistykh pochvakh* [Regularities of the action of fertilizers under winter rye on sod-podzolic soils] // *Izvestiya Velikolukskoy GSKhA*. 2018. No. 4. Pp. 18–25. DOI: 10.24411/2225-2584-2019-10094. (In Russian.)

4. Kobylanskiy V. D., Solodukhina O. V. Geneticheskie osnovy selektsii sortov universal'noy rzhi s nizkim soderzhanie vodorastvorimyykh arabinoksilanov, zerno kotorykh prigodno dlya zernofurazhnoy i khlebopekarnoy promyshlennosti [Genetic basis for selection of universal rye varieties with a low content of water-soluble arabinosylans, the grain of which is suitable for the grain-feed and bakery industry] // VII S"ezd Vavilovskogo obshchestva genetikov i selektsionerov: sbornik tezisov Mezhdunarodnogo kongressa. Sankt-Peterburg, 2019. P. 93. (In Russian.)
5. Safonova I. V., Anis'kov N. I., Kobylanskiy V. D. Baza dannykh geneticheskikh resursov kollektsii ozimoy rzhi VIR kak sredstvo klassifikatsii geneticheskogo raznoobraziya, analiza istorii kollektsii i effektivnogo izucheniya i sokhraneniya [The VIR winter rye collection genetic resources database as a tool for classifying genetic diversity, analyzing the history of the collection, and effectively studying and preserving] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2019. No. 23 (6). Pp. 780–786. DOI: 10.18699/VJ19.552. (In Russian.)
6. Zavalin A. A., Alferov A. A., Chernova L. S. Assotsiativnaya azotfikatsiya i praktika primeneniya biopreparatov v posvakh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Associative nitrogen fixation and the practice of using biological products in crops] // Agrokimiya. 2019. No. 8. Pp. 83–96. DOI: 10.1134/S0002188119080143. (In Russian.)
7. Vil'dflush I. R., Tsyganov A. R., Murzova O. V., Tsuyko S. R. Effektivnost' primeneniya novykh form udobreniy i regul'atorov rosta rasteniy pri vozdeleyvanii ozimoy pshenitsy, golozernogo i plenchatogo ovsa [The effectiveness of the use of new forms of fertilizers and plant growth regulators in the cultivation of winter wheat, naked and hulled oats] // Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian sciences series. 2017. No. 2. Pp. 58–67. (In Russian.)
8. Stepanov A. A., Selimgareeva O. A. Effektivnost' guminovogo udobreniya "EDAGUM®SM" kak stimulyatora rosta i melioranta v polevykh i vegetatsionnykh opytakh s pshenitsey [Efficiency of humic fertilizer "EDAGUM®SM" as a growth stimulator and ameliorant in field and vegetation experiments with wheat] // Aktual'nye problemy pochvovedeniya, ekologii i zemledeliya: sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konf. Kurskogo otd. MOO "Obshchestvo pochvovedov im. V. V. Dokuchaeva". Kursk, 2018. Pp. 419–424. (In Russian.)
9. Rabinovich G. Yu., Kovalev N. G., Smirnova Yu. D. Primenenie novykh bioudobreniy i biopreparatov pri vozdeleyvanii yarovoy pshenitsy (Triticum aestivum L.) i kartofelya (Solanum tuberosum L.) [The use of new biofertilizers and biological products in the cultivation of spring wheat (Triticum aestivum L.) And potatoes (Solanum tuberosum L.)] // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 2015. Vol. 50. No. 5. Pp. 665–672. DOI: 10.15389/agrobiologiya.2015.5.665rus. (In Russian.)
10. NPO "SILA ZhIZNI": K-Gumat-Na (gumat kaliya/natriya) s mikroelementami [Research and production association "POWER OF LIFE": K-Humate-Na (potassium/sodium humate) with trace elements] [e-resource]. URL: http://www.silazhizni.ru/katalog/bioaktivatory_guminovye_kisloty_gumaty_antistressanty_dlya_selskogo_hozyajstva/gumat_kaliya_natriya_s_mikroelementami1/#content (appeal date: 21.08.2020). (In Russian.)
11. SevZapAgro: Kodamin B-MO [SevZapAgro: Kodamin B-MO] [e-resource]. URL: <https://sevzapagro.ru/ishop/product/408> (appeal date: 21.08.2020). (In Russian.)
12. Innovatsionnyy biopreparat dlya vosstanovleniya i zashchity pochvy [An innovative biological product for soil restoration and protection] [e-resource]. URL: <http://posad.bio/upload/%D0%90%D1%83%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BD.pdf> (appeal date: 21.08.2020). (In Russian.)
13. Innovatsionnyy biopreparat dlya stimulyatsii immuniteta i rosta rasteniy, kompleksnoy zashchity ot fitopatogenov i kornevoy gnili [An innovative biological product for stimulating immunity and plant growth, complex protection against phytopathogens and root rot] [e-resource]. URL: <http://posad.bio/upload/%D0%90%D0%B3%D1%80%D0%BE%D1%84%D0%BB%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BD.pdf> (appeal date: 21.08.2020). (In Russian.)
14. Osipov A. I., Shkrabak E. S. Rol' nekorneвого pitaniya v povyshenii produktivnosti sel'skokhozyaystvennykh kul'tur // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. No. 54. Pp. 44–52. DOI: 10.24411/2078-1318-2019-11044. (In Russian.)
15. BisolbiFit [BisolbiFit] [e-resource]. URL: <http://bisolbiplus.ru/produkty/bisolbifit.html> (appeal date: 21.08.2020). (In Russian.)
16. Zavalin A. A., Chernova L. S., Gavrilova A. Yu., Chebotar' V. K. Vliyanie mineral'nykh udobreniy, biomodifitsirovannykh mikrobnym preparatom Bisolbifit, na urozhay yarovogo yachmenya [Influence of mineral fertilizers biomodified by the microbial preparation Bisolbifit on the yield of spring barley] // Agrokimiya. 2015. No. 4. Pp. 21–33. (In Russian.)
17. Mamontov V. G. Metody pochvennykh issledovaniy: uchebnik [Soil research methods: textbook]. Sankt-Peterburg: Lan', 2016. 260 p. (In Russian.)
18. Mamontov V. G., Panov N. P., Ignat'ev N. N. Obshchee pochvovedenie: uchebnik [General soil science: textbook]. Moscow: KNORUS, 2017. 538 p. (In Russian.)
19. Koryagin Yu. V., Koryagina N. V. Fiziologiya i biokhimiya rasteniy: uchebnoe posobie [Plant physiology and biochemistry: a textbook]. Penza: PGAU, 2017. 265 p. (In Russian.)
20. Rysev M. N., Dyatlova M. V., Volkova E. S., Stepanova I. A. Izuchenie azotnykh podkormok pri vozdeleyvanii zernofurazhnoy ozimoy rzhi v usloviyakh Pskovskoy oblasti [The study of nitrogen fertilizing during the cultivation of grain-fodder winter rye in the conditions of the Pskov region] // Vladimir agricolist. 2019. No. 4 (90). Pp. 50–55. DOI: 10.24411/2225-2584-2019-10094. (In Russian.)

Authors' information:

Tatyana V. Shaykova¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory of agricultural technologies, ORCID 0000-0001-7309-5328, AuthorID 758335, +7 (8112) 67-31-19

Elena S. Volkova¹, senior researcher of the laboratory of agricultural technologies ORCID 0000-0002-1762-0957, AuthorID 993960, +7 (8112) 67-31-19

Marina V. Dyatlova¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory of agricultural technologies, ORCID 0000-0003-4651-1263, AuthorID 1079013, +7 (8112) 67-31-19, info.psk@fncl.ru

¹ Federal State Budget Research Institution – Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russia