

КАЧЕСТВО И УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР ЗВЕНА СЕВООБОРОТА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ В ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

О.В. Чухина, к.с.-х.н., В.В. Суков, Н.В. Токарева, С.Л. Анфимова, Вологодская ГМХА

Показано, что в условиях Вологодской области на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве применение расчетных систем удобрения существенно повышало урожайность зеленой массы викоовсяной смеси, зерна озимой ржи, клубней картофеля и зерна ячменя в звене 7-польного севооборота как на фоне биопрепаратов Микориза и Флавобактерин, так и без инокуляции ими. Дозы удобрений, рассчитанные балансовым методом под плановую урожайность с помощью балансовых коэффициентов использования питательного вещества из удобрений и почвы, увеличили по сравнению с контролем продуктивность звена севооборота. Оплата 1 кг д. в. удобрений прибавкой кормовых единиц была ниже без применения биопрепаратов, чем на их фоне.

Ключевые слова: викоовсяная смесь, озимая рожь, картофель, ячмень, урожайность, севооборот, доза удобрений, микробиологические препараты, содержание кормовых единиц, сырой протеин, оплата удобрений.

Опыт мирового земледелия показывает, что уровень урожайности зависит от количества применяемых удобрений. Прибавка урожайности от них наиболее высокая в Северных и Северо-западных районах России, которые характеризуются низким естественным плодородием почв. Питательные вещества удобрений используются растениями лучше при правильном и грамотном чередовании культур, чем при бессистемном. Как следствие, отдача от удобрений в севообороте повышается до 30% [6-8].

Сегодня актуально применение экологически безопасных биопрепаратов для усиления круговорота элементов питания, в результате чего происходит повышение плодородия почвы, урожайности, качества продукции, а значит растет ее конкурентоспособность. Микробиологические препараты, созданные учеными ведущих НИИ России, позволяют снизить токсическую нагрузку на агроландшафты. Дефицит минеральных удобрений стал причиной поиска альтернативных источников азота. Кроме того, возможности микроорганизмов могут быть использованы для обеспечения различных потребностей растений. Вместе с тем, симбиотическая азотфиксация, обладающая большим инновационным потенциалом за счет дополнительной фиксации азота атмосферы, не исключает наращивания производства и доступности азотных удобрений [1,4].

Методика. В 2010 г. на опытном поле ВГМХА был заложен 7-польный полевой севооборот, развернутый в пространстве и во времени. В 2012 г. чередование культур по полям было следующим: 1– картофель; 2 – ячмень с подсевом клеверотимофеечной смеси; 3 – клеверотимофеечная смесь 1-го г. п., 4 – клеверотимофеечная смесь 2-го г. п.; 5 – лён-долгунец; 6 – викоовсяная смесь; 7 – озимая рожь.

Изучали звенья 7-польного севооборота: викоовсяная смесь (сорт вики посевной Немчиновская юбилейная + овёс, сорт Боррус), озимая рожь (сорт Волхова), картофель (сорт Елизавета), ячмень (сорт Отра) с подсевом клеверотимофеечной смеси (клевер луговой Седум + тимopheевка луговая ВИК 9). Технология возделывания культур – общепринятая для Северо-Западной зоны. Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая. Перед закладкой опыта пахотный слой почвы опытного участка имел следующие характеристики: pH_{KCl} 5,4, содержание гумуса 1,54%, подвижного фосфора – 270 мг/кг, подвижного калия – 124 мг/кг почвы.

В опыте в вариантах 3-5 исследовали дозы удобрений, рассчитанные на получение плановой урожайности культур: викоовсяная смесь – 25 т/га, озимая рожь – 4, картофель – 22, ячмень – 3,5 т/га с помощью балансовых коэффициентов (K_6) по формуле: $D = (B_y / K_6) \cdot 100$, где D – доза элемента в удобренном варианте, кг/га; B_y – вынос с урожаем элемента питания в удобренном варианте, кг/га; K_6 – балансовый коэффициент использования элемента, %; 100 – коэффициент перевода из % [3]. На опытном участке очень высокая степень содержания подвижного фосфора в почве и повышенная – подвижного калия. Исходя из этого, для поддержания содержания фосфора на том же уровне в опыте во всех вариантах с удобрениями запланирован его нулевой баланс ($K_6=100\%$), а по калию намечен отрицательный баланс ($K_6=200\%$). K_6 по азоту различались.

Схема опыта включала следующие варианты: 1 – контроль (без удобрений); 2 – фосфорно-калийные удобрения (Фон) – минеральная система удобрения; 3 – Фон + N, $K_6 = 110\%$ – минеральная система удобрения; 4 – Фон + N, $K_6 = 80\%$ (в среднем за звено ротации) + торфонавозный компост (под картофель) – органоминеральная система удобрения, эквивалентная 5-му варианту по количеству вносимого действующего вещества; 5 – Фон + N; $K_6 = 80\%$ (в среднем за звено ротации) – минеральная система удобрения. Дозы удобрений, изучаемые в опыте, приведены в таблице 1.

1. Изучаемые в опыте дозы удобрений под различные культуры

№ варианта опыта	Викоовсяная смесь	Озимая рожь	Картофель	Ячмень
1	Контроль	Контроль	Контроль	Контроль
2	$P_{35}K_{55}$	$P_{45}K_{50}$	$P_{45}K_{100}$	$P_{30}K_{35}$
3	$P_{35}K_{55} + N_{95}$	$P_{45}K_{50} + N_{110}$	$P_{45}K_{100} + N_{110}$	$P_{30}K_{35} + N_{90}$
4	$P_{25}K_{45} + N_{85} + 40$ т/га т.-н.к. (2-й год последствие)	$P_{40}K_{45} + N_{100} + 40$ т/га т.-н.к. (3-й год последствие)	$P_{10}K_{20} + N_{70} + 40$ т/га т.-н.к.	$P_{10}K_{10} + N_{60} + 40$ т/га т.-н.к. (1-й год последствие)
5	$P_{35}K_{55} + N_{115}$	$P_{45}K_{50} + N_{135}$	$P_{45}K_{100} + N_{170}$	$P_{30}K_{35} + N_{140}$

Фосфорные и калийные удобрения на делянки и 40 т/га торфонавозного компоста с содержанием N – 0,45%, P₂O₅ – 0,19, K₂O – 0,56% (под картофель на 4-й вар.) вносили с осени под зяблевую вспашку. Весной под предпосевную культивацию вносили азотное удобрение. На делянки с озимой рожью 1/3 годовой дозы азота давали под предпосевную культивацию, остальные 2/3 – в подкормку. Использовали двойной суперфосфат (43%), хлорид калия (60%) и аммиачную селитру (34%).

Дозы удобрений изучали без обработки посевного и посадочного материала биопрепаратом (1) и с обработкой (2). Обработку посадочного материала биопрепаратами проводили непосредственно перед высевом семян и посадкой клубней. Исследуемые биопрепараты: на злаковых и картофеле – Флавобактерин, на бобовых – Микориза.

Микробиологический препарат Флавобактерин, выпускаемый ГПП «Экос» ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии стимулирует рост и развитие растений за счет продуцирования физиологически активных веществ. Препарат Микориза содержит споры и активный мицелий девяти различных микоризообразующих грибов. Он стимулирует рост корневой системы растений, способствует насыщению растения питательными веществами и влагой, оптимизирует баланс питания [1].

Площадь опытной делянки 11 м² (5,5 м х 2 м), учётная площадь – не менее 10 м² (на картофеле 7,7 м²). Повторность опыта – 4-кратная, размещение вариантов – систематическое. Обработка данных проведена методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [2].

Учёт урожайности клубней картофеля, зеленой массы викоовсяной смеси, зерна озимой ржи и ячменя определяли сплошным методом – взвешиванием основной продукции с учетной площади делянки. Урожай побочной продукции изучаемых культур устанавливали по пробному снопу. Урожай приведён к стандартной влажности: зерно – 14%, солома – 16, викоовсяная смесь на зеленую массу, клубни и ботва картофеля – 75% [5].

Результаты и их обсуждение. Несмотря на сложившиеся в 2010-2012 гг. неблагоприятные погодные условия для роста и развития изучаемых культур, в среднем за 3 года исследований их урожайность была высокой, превысила плановый уровень при расчётных дозах удобрения на ряде культур, а на картофеле была ниже планового уровня на 2-3 т/га (табл. 2).

В среднем за годы наблюдений фосфорно-калийные удобрения дали прибавку урожая зеленой массы викоовсяной смеси 2,8 т/га без инокуляции биопрепаратами и 3,3 т/га при их использовании. Прибавка урожая зерна озимой ржи составила, соответственно, 0,4 и 0,8 т/га, клубней картофеля 1,3 и 1,6, зерна ячменя 0,3 и 0,3 т/га.

Расчетные системы удобрения (вар.3-5) обеспечили прибавку зеленой массы викоовсяной смеси 6,1-9,0 т/га без обработки биопрепаратами и 6,7-9,5 т/га при инокуляции семян препаратами Микориза и Флавобактерин. В этих же вариантах рост урожайности зерна озимой ржи составил 1,1-1,7 т/га без инокуляции Флавобактерином и 1,4-2,2 т/га при инокуляции им, клубней картофеля 3,9-5,5 и 4,2-6,2 т/га соответственно, зерна ячменя 0,5-0,6 и 0,6-0,8 т/га (табл. 2).

Во все годы исследований удобрения существенно повышали урожайность всех культур звена севооборота, как на фоне биопрепаратов, так и без них. Применение азотных удобрений для викоовсяной смеси в дозе 115 кг д.в./га имело существенное преимущество перед

дозой 95 кг д.в./га, как при органоминеральной, так и при минеральной системах удобрения. Инокуляция семян вики препаратом Микориза, а семян овса препаратом Флавобактерин обеспечила достоверную прибавку урожайности зеленой массы во всех изучаемых вариантах, которая составила 0,7-1,4 т/га, причем наибольшая отмечена на фоне минеральных систем удобрения (вар. 3 и 5). В среднем за 2010-2013 гг. взаимодействие биопрепаратов и различных доз удобрений (фактор АВ) наблюдалось на озимой ржи и не отмечено на викоовсяной смеси, картофеле и ячмене (F_{05ф} < F_{05т}).

2. Урожайность культур звена севооборота (в среднем за 2010-2013 гг.), т/га

Вариант опыта Фактор А (удобрения)	Фактор В (биопрепараты)							
	Викоовсяная смесь		Озимая рожь		Картофель		Ячмень	
	1	2	1	2	1	2	1	2
1. Без удобрений	17,1	17,9	2,4	2,5	13,6	14,2	2,2	2,4
2. Фон (Р+К)	19,9	21,2	2,8	3,3	14,9	15,8	2,5	2,7
3. Фон+N (K ₆ =110%)	23,2	24,6	3,5	3,9	17,5	18,4	2,7	3,0
4. Фон + N (K ₆ 80%) + т.-н.к.	25,6	26,3	4,1	4,7	19,1	20,4	2,8	3,2
5. Фон+N (K ₆ =80%)	26,1	27,4	3,9	4,4	19,0	20,1	2,8	3,1
HCP _{0,5}	HCP _A =0,61 HCP _B =0,39 HCP _{AB} = -		HCP _A =0,10 HCP _B =0,07 HCP _{AB} =0,05		HCP _A =0,65 HCP _B =0,41 HCP _{AB} = -		HCP _A =0,13 HCP _B =0,08 HCP _{AB} = -	

Примечание. Здесь и в последующих таблицах: 1 – без обработки биопрепаратами, 2 – при обработке ими.

Доза азота 135 кг д.в./га имела существенное преимущество перед дозой 110 кг д.в./га на озимой ржи как при органоминеральной, так и минеральной системах удобрения. Аналогичная ситуация наблюдается с урожаем картофеля, где доза азота 170 кг д.в./га имела преимущество перед 110 кг д.в./га. Доза азота 140 кг д.в./га не дала значительной прибавки зерна ячменя по сравнению с дозой 90 кг д.в./га. Инокуляция семян озимой ржи Флавобактерином достоверно повышала урожайность культуры (на 0,1-0,6 т/га). Такая же закономерность отмечена и с урожайностью клубней картофеля и зерна ячменя. При инокуляции посадочного и посевного материала биопрепаратом прибавка составила, соответственно, 0,6-1,3 и 0,2-0,4 т/га.

Наибольшая урожайность зеленой массы викоовсяной смеси, с превышением плановой, отмечена в вариантах 4 и 5, как с препаратами, так и без них. Наибольшая урожайность зерна озимой ржи, с превышением плановой, отмечена в варианте 4 (органоминеральная система удобрения) как с инокуляцией семян, так и без неё. Для лучшего роста клубней картофеля и получения наибольшего урожая зерна ячменя наиболее оптимальна органоминеральная система удобрения с применением Флавобактерина.

Для расчета продуктивности культур звена севооборота в кормовых единицах применяли коэффициенты перевода урожайности основной и побочной продукции в кормовые единицы и коэффициенты перевода в сухое вещество. Результаты и выход основной продукции культур отражены в таблице 3 (рис. 1).

В среднем за годы исследований расчетные системы удобрения (вар. 3-5) обеспечили продуктивность викоовсяной смеси 1,16-1,31 т к.ед/га, озимой ржи 3,92-4,6, картофеля 4,06-4,41, ячменя 2,87-3,02 т к.ед/га в год. Микробиологические препараты в этих же вариантах

увеличивали продуктивность кормовых единиц, соответственно, на 0,04-0,07, 0,45-0,68, 0,20-0,31, 0,32-0,44 т/га. Продуктивность звена севооборота достигла в среднем 3,33 т к.ед/га в год без обработки препаратами и 3,7 т к.ед/га в год при обработке.

Как видно из рисунка 1, бактериализация изучаемых культур биопрепаратами достоверно повышала продуктивность севооборота в кормовых единицах.

Выход основной продукции зависит от сельскохозяйственной культуры. В годы исследований он незначительно менялся от применяемых доз удобрений и биопрепаратов, составив 87% в среднем за звено севооборота.

Известно, что азотные удобрения всегда повышают содержание сырого протеина в растениях, что подтверждают и наши исследования.

3. Продуктивность культур звена севооборота и выход основной продукции (в среднем за годы исследований)

Вариант опыта (удобрения)	Викоовсяная смесь		Озимая рожь		Картофель		Ячмень		В среднем за звено	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
<i>Продуктивность, т к.ед/га</i>										
1. Без удобрений	0,86	0,90	2,65	2,83	3,18	3,31	2,33	2,56	2,26	2,40
2. Фон (Р+К)	1,00	1,06	3,09	3,67	3,47	3,67	2,68	2,91	2,56	2,83
3. Фон + N (K ₆ =110%)	1,16	1,23	3,92	4,37	4,06	4,26	2,87	3,21	3,00	3,27
4. Фон + N (K ₆ 80%)+т.-н.к.	1,28	1,32	4,60	5,28	4,41	4,72	3,02	3,46	3,33	3,70
5. Фон + N (K ₆ =80%)	1,31	1,37	4,38	4,98	4,39	4,63	3,00	3,32	3,27	3,58
<i>Выход основной продукции, %</i>										
1. Без удобрений	100	100	77	76	91	91	81	80	87	87
2. Фон (Р+К)	100	100	78	77	91	91	80	80	87	87
3. Фон + N (K ₆ =110%)	100	100	76	76	91	92	81	80	87	87
4. Фон + N (K ₆ 80%)+т.-н.к.	100	100	76	76	92	92	80	79	87	87
5. Фон + N (K ₆ =80%)	100	100	76	76	92	92	80	80	87	87

т к.ед/га

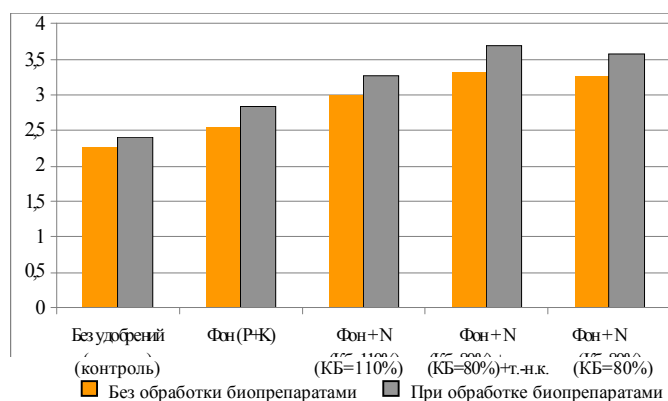


Рис. 1. Продуктивность культур севооборота в среднем за звено,

Вносимые удобрения увеличивали содержание сырого протеина в зеленой массе викоовсяной смеси, зерне озимой ржи, в клубнях картофеля и в зерне ячменя (табл. 4).

Фосфорно-калийные удобрения увеличивали содержание сырого протеина в зеленой массе викоовсяной смеси на 0,38%, в зерне озимой ржи на 0,75, в зерне ячменя на 0,76%, а в клубнях картофеля несколько снизили этот показатель.

Возрастающие дозы азотного удобрения значительно повышали содержание сырого протеина в викоовсяной смеси, озимой ржи, картофеле и ячмене, соответственно, на 1,03-1,88; 0,9-1,32, 0,46-0,55, 1,45-2,09%.

4. Содержание и сбор сырого протеина культурами звена севооборота (в среднем за годы исследований)

Вариант опыта (удобрения – фактор А)	Препарат- фактор В	Викоовсяная смесь		Озимая рожь		Картофель		Ячмень	
		Содержание СП, %	Сбор СП с урожаем, т/га	Содержание СП, %	Сбор СП с урожаем, т/га	Содержание СП, %	Сбор СП с урожаем, т/га	Содержание СП, %	Сбор СП с урожаем, т/га
1. Контроль	1	12,09	0,52	9,60	0,19	9,63	0,34	11,44	0,21
	2	13,33	0,60	10,23	0,22	10,13	0,38	11,67	0,24
2. Фон (Р+К)	1	12,47	0,62	10,35	0,25	9,54	0,37	12,20	0,26
	2	13,47	0,72	10,88	0,31	9,68	0,40	12,75	0,30
3. Фон + N K ₆ 110%	1	13,12	0,76	10,92	0,33	10,09	0,45	12,89	0,30
	2	14,15	0,87	11,15	0,38	10,51	0,49	13,56	0,35
4. Фон + N K ₆ 80% + т.-н.к.	1	13,97	0,90	10,77	0,38	10,16	0,49	13,53	0,33
	2	14,89	0,98	11,36	0,45	10,75	0,56	14,84	0,40
5. Фон + N K ₆ 80%	1	13,67	0,89	10,50	0,35	10,18	0,49	13,22	0,32
	2	14,58	1,00	11,27	0,43	11,25	0,57	14,12	0,38
HCP _{0,5}		HCP _A = 0,48 HCP _B = 0,30 HCP _{AB} = -	-	HCP _A = 0,29 HCP _B = 0,19 HCP _{AB} = -	-	HCP _A = 0,58 HCP _B = - HCP _{AB} = -	-	HCP _A = 0,57 HCP _B = 0,36 HCP _{AB} = -	-

Содержание сырого протеина в основной продукции изучаемых культур без обработки биопрепаратами (1) и при обработке (2) в среднем за годы исследований показано на рисунке 2.

Использование препаратов Микориза и Флавобактерин на викоовсяной смеси достоверно повышало содержание сырого протеина в зеленой массе на 0,91-1,24%. Также, применение Флавобактерина достоверно увеличивало содержание сырого протеина в зерне озимой ржи (на 0,23-0,77%), клубнях картофеля (на 0,14-1,07%) и зерне ячменя (на 0,23-1,31%).

Влияния взаимодействия биопрепаратов и вносимых доз удобрений на накопление в продукции сырого протеина на всех изучаемых культурах не отмечено.

Наибольший сбор сырого протеина зеленой массой викоовсяной смеси, зерном озимой ржи, клубнями картофеля и зерном ячменя отмечен при органоминеральной и минеральной системах питания в вариантах 4 и 5 (с максимальной дозой азота) на фоне обработки микробиологическими препаратами, который составил, соответственно, 0,98-1,0, 0,43-0,45, 0,56-0,57, 0,38-0,4 т/га в абсолютно сухом веществе.

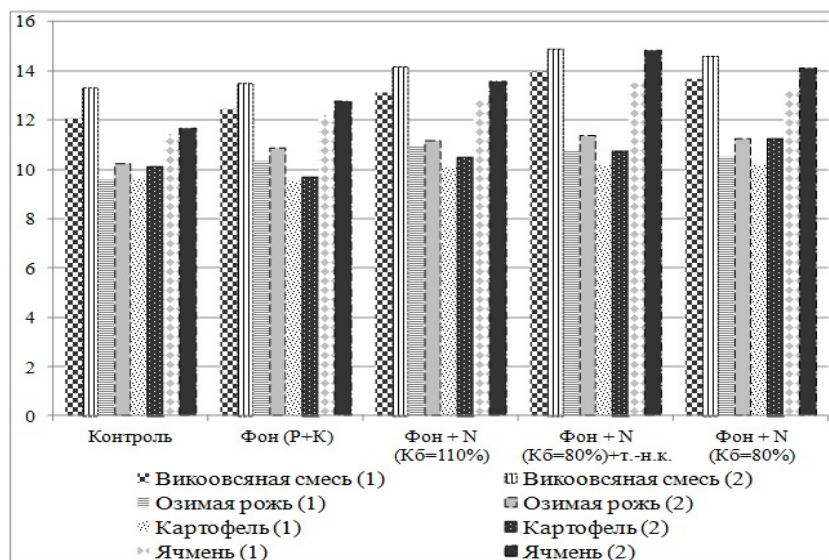


Рис. 2. Содержание сырого протеина в основной продукции изучаемых культур (в среднем за годы исследований), %

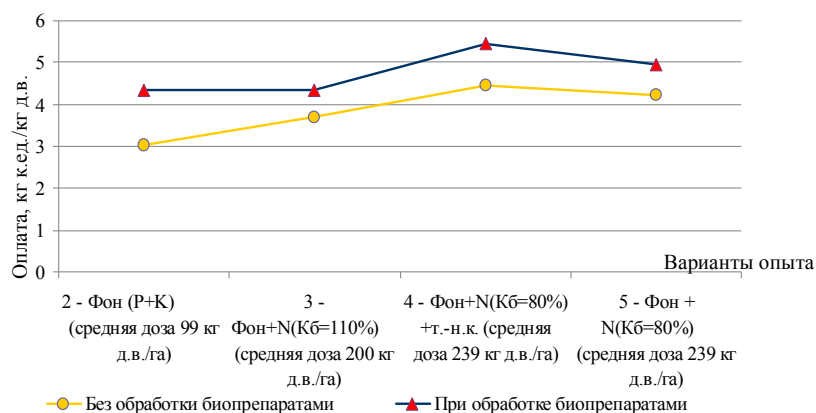


Рис. 3. Оплата 1 кг д.в. удобрений прибавкой кормовых единиц в среднем за звено севооборота (в среднем за 2010-2013 гг. исследований), кг к.ед/кг д.в.

Учитывая среднюю дозу удобрений под все культуры и продуктивность культур севооборота в кормовых единицах в среднем за звено, рассчитана оплата 1 кг д.в. удобрений прибавкой кормовых единиц при обработке биопрепаратами и без обработки (рис. 3).

За годы исследований применение удобрений на викоовсяной смеси, озимой ржи, картофеле и ячмене обеспечило высокую оплату 1 кг д.в. удобрений прибавкой кормовых единиц, которая в среднем за звено достигла 4,47 кг к.ед/кг д.в. без применения биопрепаратов и 5,44 кг к.ед/кг д.в. на фоне обработки препаратами. Бактеризация культур биопрепаратами увеличивала оплату 1 кг д.в. удобрений прибавкой кормовых единиц от 0,65 до 1,31 кг к.ед/кг д.в.

Заключение. За 2010-2013 гг. исследований применение удобрений существенно повышало урожайность

всех культур звена севооборота, как на фоне биопрепаратов, так и без них. Инокуляция семян вики препаратом Микориза, а семян овса препаратом Флавобактерин обеспечила достоверную прибавку урожайности зеленой массы во всех изучаемых вариантах, которая составила 0,7-1,4 т/га. Также инокуляция семян озимой ржи, клубней картофеля и семян ячменя Флавобактерином повышала урожайность культур, соответственно, на 0,1-0,6; 0,6-1,3; 0,2-0,4 т/га. Расчетные дозы удобрения увеличили по сравнению с контролем продуктивность звена севооборота, которая в среднем достигла 3,33 т к.ед/га в год без обработки препаратами и 3,7 т к.ед/га в год при обработке.

Возрастающие дозы азотного удобрения значительно повышали содержание сырого протеина в викоовсяной смеси, озимой ржи, картофеле и ячмене, соответствен-

но, на 1,03-1,88%; 0,9-1,32; 0,46-0,55, 1,45-2,09%. Применение препаратов Микориза и Флавобактерин на викоовсяной смеси достоверно повышало содержание сырого протеина в зеленой массе на 0,91-1,24%. Также, применение Флавобактерина достоверно увеличивало содержание сырого протеина в зерне озимой ржи (на 0,23-0,77%), клубнях картофеля (на 0,14-1,07%) и зерне ячменя (на 0,23-1,31%).

В среднем за годы исследований оплата 1 кг д. в. удобрений прибавкой кормовых единиц в среднем за звено достигла 4,47 кг к.ед/кг д.в. без применения биопрепаратов и 5,44 кг к.ед/кг д.в. на фоне обработки препаратами.

Литература

1. Биопрепараты в сельском хозяйстве. (Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве) / И.А. Тихонович, А.П. Кожемяков, В.К. Чеботарь, Ю.В. Круглов

и др./ Под ред. И.А. Тихонович, Ю.В. Круглова. – ГНУ ВНИИСХМ Россельхозакадемии. – М., 2005. – 154 с.

2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

3. Жуков, Ю.П. Система удобрения в хозяйствах Нечерноземья / Ю.П. Жуков – М.: Московский рабочий, 1983. – 144 с.

4. Завалин, А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай / А.А. Завалин. – М.: Изд-во ВНИИА, 2005. – 302 с.

5. Практикум по агрохимии: учебное пособие / Под ред. В.Г. Минеева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.

6. Суков, А.А. Разработка системы удобрения сельскохозяйственных культур в северной части европейской России: учебное пособие / А.А. Суков, О.В. Чухина. – Вологда – Молочное: ИЦ ВГМХА, 2013. – 152 с.

7. Чухина, О.В. Влияние удобрений и флавобактерина на продуктивность картофеля в звене полевого севооборота / О.В. Чухина, В.В. Суров, Ю.П. Жуков // Плодородие. – 2013. – №4(73). – С.14-16.

8. Чухина, О.В. Влияние удобрений и микропрепаратов на урожайность и вынос элементов питания культурами звена полевого севооборота / О.В. Чухина, В.В. Суров // Плодородие. – 2014. – №3(78). – С.18-22.

EFFECT OF FERTILIZERS AND MICROBIOLOGICAL PREPARATIONS ON THE QUALITY AND YIELD OF ROTATION CROPS IN VOLOGDA OBLAST

O.V. Chukhina, V.V. Surov, N.V. Tokareva, S.L. Anfimova

Vereshchagin State Dairy Farming Academy ul. Shmidta 2, Molochnoe, Vologda oblast, 160555 Russia

The use of analytical systems of fertilization on a sandy loamy soddy-podzolic soil in Vologda oblast significantly increased the yield of vetch–oat green mass, winter rye grain, potato tubers, and barley grain in a link of a 7-course crop rotation both with and without application of the biological preparations Mikoriz and Flavobakterin. The application rates of fertilizers calculated by the balance method for the planned crop yield using the utilization factors of fertilizer and soil nutrients increased the productivity of crops compared to the control (3.7 and 3.33 t f.u./ha, respectively). The recoupment of 1 kg of fertilizer active ingredient by the increase of crop yield was higher at the application of the biological preparations (5.44 against 4.47 kg f.u./ha without them).

Keywords: vetch–oat mixture, winter rye, potato, barley, productivity, crop rotation, fertilizer rates, microbiological preparations, content of fodder units, crude protein, recoupment of fertilizers.