

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ И ФЛАВОБАКТЕРИНА НА ОЗИМОЙ РЖИ В ЗВЕНЕ ПОЛЕВОГО СЕВООБОРОТА

*В.В. Суров, О.В. Чухина, к.с.-х.н., Вологодская ГМХА*

*Показано, что на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве Вологодской области применение удобрений существенно повышало урожайность зерна озимой ржи как на фоне флавобактерина, так и без инокуляции им. Расчётные дозы азотных, фосфорных, калийных удобрений увеличили вынос азота, фосфора и калия, соответственно, в 1,5–1,8, 1,5–1,8 и 1,7–2,0 раза по сравнению с контролем. Получена высокая оплата удобрений – 4,2–9,5 кг зерна озимой ржи на 1 кг д.в. Флавобактерин увеличил вынос азота, фосфора, калия с урожаем, оплату удобрений, фактические балансовые коэффициенты использования азота, фосфора и калия.*

*Ключевые слова:* озимая рожь, урожайность, балансовые коэффициенты, доза удобрений, оплата удобрений.

В последние годы посевы озимой ржи составляют 2 млн га, валовые сборы зерна – 3,5–4 млн т, а в структуре зерновых культур она занимает не более 5 % (в 1990 г. 12,5 %). Резкий спад в производстве ржи негативно отражается на стабильности валовых сборов других зерновых культур, что фактически подтверждается в сильно засушливые годы. Причина заключается в том, что рожь дает более стабильные урожаи по годам в сравнении с другими зерновыми культурами. Страховой потенциал у нее самый высокий, что подтверждает более высокая ее урожайность на низкоплодородных почвах, а также в морозные и сильно засушливые годы. Кроме того, производство ржи требует относительно низких прямых затрат, из-за чего ее по праву называют культурой низкого экономического риска. Поэтому в Нечерноземной зоне России нельзя допускать резких изменений структуры посевов зерновых культур, необоснованно сокращая озимые в целом и озимую рожь в частности [2].

В Вологодской области под урожай 2013 г. было посеяно 2,2 тыс. га озимых зерновых культур, в том числе озимой ржи 1,4 тыс. га. Под урожай 2014 г. посевы озимой ржи увеличились до запланированных 1,8 тыс. га, что составило 140% к уровню предыдущего года [6].

В районах достаточного увлажнения, к которым относится Вологодская область, озимую рожь размещают по занятым парам. Рожь – хороший предшественник для многих культур, в частности картофеля [7].

Известно, что удобрения обеспечивают до 70% прибавки урожайности зерна озимой ржи [8]. Особенно велика их роль в Северо-Западной зоне Нечерноземья, где условия для роста и развития культуры благоприятны, а почвы бедные.

Установлено, что биопрепараты существенно (на 10–40 %) повышают урожайность различных культур на фоне снижения негативного эффекта экстремальных экологических условий. Исследования А.П. Кожемякова показали, что эффективность биопрепаратов определяется главным образом агроклиматическими факторами, генотипами используемого микроорганизма и растения, а также взаимодействием генотипов растения и микроорганизмов [4].

Цель исследований – изучить агрономическую эффективность применения различных доз удобрений и микробиологического препарата флавобактерина на озимой ржи в звене полевого севооборота в условиях Вологодской области.

**Методика.** В 2010 г. на опытном поле ВГМХА имени Н.В. Верещагина был заложен 7-польный полевой севооборот: 1- викоовсяная смесь, 2- озимая рожь, 3- картофель, 4- ячмень с подсевом клеверотимофеевской смеси, 5- клевер с тимофеевкой 1-го года пользования, 6- клевер с тимофеевкой 2-го года пользования, 7- лён-долгунец. Озимую рожь изучают в звене 7-польного севооборота: 1- викоовсяная смесь, 2- озимая

рожь (сорт Волхова), 3- картофель, 4- ячмень. Технология возделывания культур – общепринятая для Северо-Западной зоны. Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая. Перед закладкой опыта она имела следующую характеристику:  $pH_{KCl}$  5,4, содержание гумуса – 1,54%, подвижного фосфора – 270 мг/кг, обменного калия – 124 мг/кг почвы.

Схема опыта под озимую рожь включала варианты: 1 – без удобрений (контроль); 2 –  $P_{45}K_{50}$  – Фон 1; 3 – Фон 1 +  $N_{110}$ ; 4 –  $P_{40}K_{45}$  +  $N_{100}$  + последствие торфонавозного компоста; 5 – Фон 1 +  $N_{135}$ , причём 5-й вариант по количеству вносимого действующего вещества эквивалентен 4-му (табл. 1). Содержание элементов питания в торфонавозном компосте (%): N – 0,45,  $P_2O_5$  – 0,19,  $K_2O$  – 0,56. Дозы удобрений изучали как без обработки зерна озимой ржи перед посевом флавобактерином (1), так и с обработкой зерна микропрепаратом (2). Инокуляцию семян озимой ржи осуществляли в день посева (непосредственно перед высевом семян) из расчёта 600 г препарата на гектарную норму высева. Протравливание семян фунгицидами не проводили.

Исследуемые на 3–5-м вариантах дозы удобрений, рассчитывали с помощью балансовых коэффициентов использования питательного вещества из удобрений и почвы ( $K_6$ ) на получение планового уровня урожайности зерна озимой ржи 4,0 т/га.

Расчеты производили 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].

По всем вариантам  $K_6$  по фосфору и калию соответствовали 100 и 200%, по азоту в 3-м варианте  $K_6=110\%$ , в 4- и 5-м вариантах  $K_6=90\%$ .

В опыте изучали микробиологический препарат флавобактерин (ФБ). Входящие в состав препарата бактерии фиксируют азот из атмосферного воздуха и питают им растения, продуцируют высокоактивный антибиотик флавоцин с широким спектром действия на фитопатогенные грибы и бактерии. Препарат стимулирует рост и развитие растений за счет продления физиологически активных веществ, позволяет получать экологически безопасную продукцию, улучшая её качество [9].

Площадь опытной делянки 11 м<sup>2</sup> (5,5 м x 2 м). Повторность – 4-кратная, размещение делянок систематическое. Обработка данных проведена дисперсионным анализом по Б.А. Доспехову [1].

Учёт урожайности определяли сплошным методом. Урожай зерна и соломы определяли по пробному снопу. Урожай приведен к стандартной влажности: зерно – 14%, солома – 16% [5].

**Результаты и их обсуждение.** В 2011–2013 г. исследованных погодных условия несколько отличались от среднеевропейских значений, но были благоприятны для роста и развития озимой ржи. Во все годы исследований в период вегетации озимой ржи количество осадков было ниже среднеевропейских значений. Температурный режим исследуемых периодов характеризовался значением, близким и превысившим многолетнее. Что касается осадков, то наибольший их недостаток наблюдался в июле – августе, когда процессы фотосинтеза и реутилизации питательных веществ в растениях озимой ржи уже закончились. Поэтому урожайность озимой ржи по годам исследований была стабильной и высокой. В 2011–2013 гг.

исследований плановый уровень урожайности зерна озимой ржи был достигнут в 4-м варианте, а в 5-м варианте только на фоне флавобактерина (табл. 1).

Во все годы исследований внесение удобрений существенно повышало урожайность зерна озимой ржи как на фоне флавобактерина, так и без него.

#### 1. Урожайность зерна озимой ржи, т/га

№ вар-та	По фактору А (удобрения)	2011 г.		2012 г.		2013 г.		Среднее по ф. В	
		По фактору В (ФБ)*						1 2	
		1	2	1	2	1	2		
1	Без удобрений (контроль)	2,2	2,5	2,3	2,5	2,5	2,6	2,4	2,5
2	P <sub>45</sub> K <sub>50</sub>	2,8	3,2	2,9	3,3	2,8	3,5	2,8	3,3
3	P <sub>45</sub> K <sub>50</sub> + N <sub>110</sub>	3,5	3,7	3,5	3,9	3,5	4,2	3,5	3,9
4	P <sub>40</sub> K <sub>45</sub> + N <sub>100</sub> + последствие торфо-навозного компоста	4,0	4,5	4,1	4,7	4,2	4,8	4,1	4,7
5	P <sub>45</sub> K <sub>50</sub> + N <sub>135</sub>	3,8	4,2	3,9	4,4	3,9	4,8	3,9	4,4
Среднее по ф. А		3,3	3,6	3,3	3,8	3,4	3,9	3,3	3,8
HCP <sub>05</sub>		HCP <sub>A</sub> =0,23 HCP <sub>B</sub> =0,14		HCP <sub>A</sub> =0,20 HCP <sub>B</sub> =0,12		HCP <sub>A</sub> =0,14 HCP <sub>B</sub> =0,08 HCP <sub>AB</sub> =0,06			

\*Здесь и в последующих таблицах: 1 – без обработки флавобактерином (ФБ), 2 – при обработке ФБ.

Применение азотных удобрений в дозе 135 кг д.в./га имело существенное преимущество перед дозой 110 кг д.в./га при использовании как органоминеральной, так и минеральной системы удобрения. Органоминеральная система удобрения на озимой ржи обеспечила существенную прибавку зерна озимой ржи во все годы исследований, за исключением 2013 г. на фоне флавобактерина. Во все годы исследований инокуляция семян зерна озимой ржи флавобактерином во всех вариантах существенно повышала урожайность культуры.

В 2011-2012 гг. влияния взаимодействия флавобактерина и различных доз удобрений (фактор АВ) не выявлено (Fф.<Fт.). Во все годы исследований наибольшая урожайность зерна, с превышением плановой, отмечена в 4-м варианте (органоминеральная система удобрения), причём как без инокуляции, так и при применении флавобактерина.

В среднем за 2011–2013 гг. исследований фосфорно-калийные удобрения обеспечили прибавку урожая зерна озимой ржи 0,4 т/га без инокуляции флавобактерином и 0,8 т/га при использовании препарата.

Расчётные системы удобрения (3–5 вар.) обеспечили прибавку 1,1–1,7 т/га без применения флавобактерина и 1,4–2,2 т/га при инокуляции им семян.

Хозяйственный вынос азота, фосфора и калия из удобрений и почвы с урожаем в среднем за 3 года исследований возрастал с повышением вносимых доз удобрений (табл. 2).

#### 2. Хозяйственный вынос азота, фосфора и калия из удобрений и почвы с урожаем озимой ржи (в среднем за 2011–2013 гг.), кг/га

№ вар-та	По фактору А (удобрения)	Азот		Фосфор		Калий	
		По фактору В (ФБ)					
		1	2	1	2	1	2
1	Без удобрений (контроль)	52	60	26	32	44	57
2	P <sub>45</sub> K <sub>50</sub>	66	90	30	41	51	71
3	P <sub>45</sub> K <sub>50</sub> + N <sub>110</sub>	87	107	39	51	74	93
4	P <sub>40</sub> K <sub>45</sub> + N <sub>100</sub> + последствие торфо-навозного компоста	106	135	47	64	89	116
5	P <sub>45</sub> K <sub>50</sub> + N <sub>135</sub>	99	133	46	61	87	115

Расчётные дозы азотных, фосфорных и калийных удобрений увеличили вынос азота, фосфора и калия, соответственно, в 1,5–1,8, 1,5–1,8 и 1,7–2,0 раза по сравнению с контролем. Применение флавобактерина увеличило вынос азота с урожаем на 15–36%, фосфора – на 23–37, калия – на 25–40%.

Изучаемые дозы удобрений в среднем за годы исследований обеспечили высокую агрономическую эффективность,

прибавка от них колебалась от 400 до 2200 кг/га (табл. 3, рис. 1). В среднем за 3 года исследований в опыте получена высокая оплата удобрений, составляющая 4,2–9,5 кг зерна озимой ржи на 1 кг д.в. Эта оплата превысила нормативную (3,5 кг) во всех изучаемых вариантах, особенно при применении флавобактерина. Причём, с повышением доз вносимых удобрений оплата не снижалась и находилась на высоком уровне. Применение флавобактерина увеличило оплату удобрений на 1,4–4,2 кг зерна озимой ржи.

#### 3. Оплата 1 кг д.в. удобрений прибавкой урожая зерна озимой ржи, кг

№ вар-та	По фактору А (удобрения)	Доза удобрения, кг д.в/га		Прибавка урожая, кг/га		Оплата, кг/кг д.в.	
		По фактору В (ФБ)					
		1	2	1	2	1	2
1	Без удобрений (контроль)	-	-	-	-	-	-
2	P <sub>45</sub> K <sub>50</sub>	95	95	400	800	4,2	8,4
3	P <sub>45</sub> K <sub>50</sub> + N <sub>110</sub>	205	205	1100	1400	5,4	6,8
4	P <sub>40</sub> K <sub>45</sub> + N <sub>100</sub> + последствие торфо-навозного компоста	230	230	1700	2200	7,4	9,5
5	P <sub>45</sub> K <sub>50</sub> + N <sub>135</sub>	230	230	1500	1900	6,5	8,3

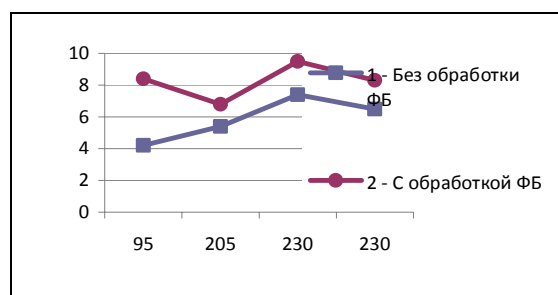


Рис. 1. Оплата 1 кг д.в. удобрений прибавкой урожайности зерна озимой ржи, кг

Фактические балансовые коэффициенты (Кб) использования азота из удобрений и почвы были ниже плановых во всех вариантах (3–5 вар.) на 8–31%. Следовательно, значительное количество азота удобрений не использовано растениями, скорее всего, из-за недостаточного количества влаги (табл. 4, рис. 2).

#### 4. Балансовые коэффициенты (Кб) использования азота, фосфора и калия из удобрений и почвы, %

№ вар-та	По фактору А (удобрения)	Фактические Кб						Плановые Кб		
		азот		фосфор		калий				
		По фактору В (ФБ)								
		1	2	1	2	1	2	азот	фосфор	калий
1	Без удобрений (контроль)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	P <sub>45</sub> K <sub>50</sub>	-	-	67	91	102	142	-	100	200
3	P <sub>45</sub> K <sub>50</sub> + N <sub>110</sub>	79	97	87	113	148	186	110	100	200
4	P <sub>40</sub> K <sub>45</sub> + N <sub>100</sub> + последствие торфо-навозного компоста	78	100	104	142	178	232	90	100	200
5	P <sub>45</sub> K <sub>50</sub> + N <sub>135</sub>	73	98	102	135	174	230	90	100	200

Фактические балансовые коэффициенты использования фосфора из удобрений и почвы без применения препарата были близки к плановому уровню в 3–5 -м вар. Применение флавобактерина увеличило вынос фосфора из удобрений и почвы на 23–37%, следовательно, увеличило Кб использования калия фосфора на 24–38%. Фактические Кб использования из удобрений и почвы были ниже плановых на 98% без применения флавобактерина и азотных удобрений (2 -й вар.), на 22–52% при их применении (3–5 -й вар.). Видимо, лимитирующим фактором в опыте является содержание в пахотном

слое почвы доступных форм азота. А биопрепарат за счёт ассоциативных диазотрофов способствует доступности растений азота атмосферы, что улучшает азотный режим и содержание других элементов в почве. Применение флавобактерина увеличило фактические балансовые коэффициенты использования азота, фосфора и калия, соответственно, на 18-25%, 24-38 и 38-56%.

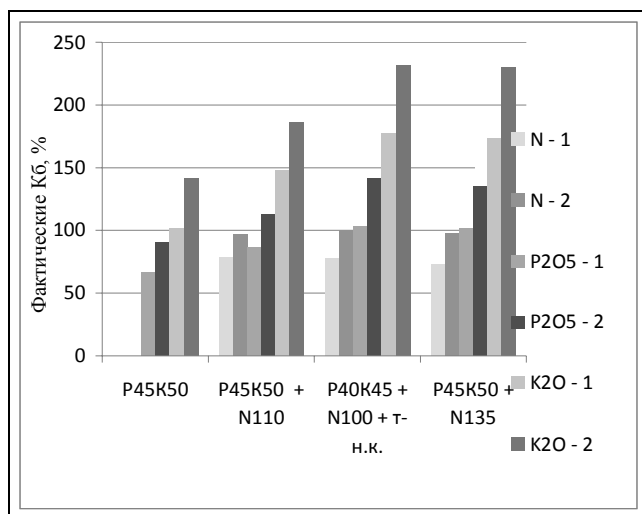


Рис. 2. Фактические балансовые коэффициенты использования азота, фосфора и калия из удобрений и почвы

**Заключение.** В годы исследований применение удобрений существенно повышало урожайность зерна озимой ржи как на фоне флавобактерина, так и без инокуляции им. Инокуляция семян зерна озимой ржи флавобактерином во всех вариантах

существенно повышала урожайность культуры, и даже при внесении высоких доз удобрений –  $P_{45}K_{50} + N_{110-135}$ . Расчётные дозы азотных, фосфорных и калийных удобрений увеличили вынос азота, фосфора и калия, соответственно, в 1,5–1,8, 1,5–1,8 и 1,7–2,0 раза по сравнению с контролем. Получена высокая оплата удобрений – 4,2–9,5 кг зерна озимой ржи на 1 кг д.в. Применение флавобактерина увеличило вынос азота с урожаем на 15–36%, фосфора – на 23–37, калия на 25–40%; оплату удобрений на 1,4–4,2 кг зерна; фактические балансовые коэффициенты использования азота, фосфора и калия, соответственно, на 18–25%, 24–38 и 38–56%.

#### Литература

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта.- М.: Агропромиздат, 1985. – 351с.
2. Гончаренко А.А. Производство и селекция озимой ржи в России (обзор) // Зерновое хозяйство России.- №4. – 2010. С.26-33.
3. Жуков Ю.П. Система удобрения в хозяйствах Нечерноземья.- М.: Московский рабочий, 1983. – 144 с.
4. Кожемяков А.П., Белоброва С.Н., Орлова А.Г. Создание и анализ базы данных по эффективности микробных биопрепаратов комплексного действия // Сельскохозяйственная биология.- №3. – 2011.- С. 112-115.
5. Минеев В.Г. Практикум по агрохимии. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
6. Официальный портал правительства Вологодской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vologda-oblast.ru>
7. Пегова Н.А., Холзаков В.М. Эффективность различных видов паров // Земледелие.- №3. – 2008.- С. 14-15.
8. Чухина О.В., Жуков Ю.П. Плодородие дерново-подзолистей почвы и продуктивность культур в севообороте при применении различных доз удобрений // Агрохимия.- №11. – 2013.- С. 10-18.
9. ЭКОС биопрепараты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ekosspb.ru/>

#### AGRONOMIC EFFICIENCY OF FERTILIZERS AND FLAVOBACTERIN FOR WINTER RYE IN THE LINK OF FIELD CROP ROTATION

V.V. Surov, O.V. Chukhina, Vereschagin Vologda State Dairy Academy,  
ul. Shmidta 2, Molochnoe, Vologda oblast, 160555 Russia

*It has been shown that the use of fertilizers significantly increased the grain yield of winter rye on light loamy soddy-podzolic soil in the Vologda region with and without of inoculation with flavobacterin. The calculated application rates of nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizers increased the removal of nitrogen, phosphorus, and potassium by 1.5–1.8, 1.5–1.8, and 1.7–2.0 times, respectively, compared to the control. A high return of fertilizers has been obtained: 4.2–9.5 kg of winter rye grain per 1 kg a.i. Flavobacterin increased the removal of nitrogen, phosphorus, and potassium with crop, the return of fertilizers, and the actual balance coefficients of utilization of nitrogen, phosphorus, and potassium.*

**Keywords:** winter rye, crop yield, balance coefficients, fertilizer rates, return of fertilizers.