

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ПИТАТЕЛЬНУЮ ЦЕННОСТЬ ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ

О.В. Чухина, к.с.-х.н., К.А. Усова, Вологодская ГМХА, Ю.П. Жуков, д.с.-х.н., РГАУ - МСХА

На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве Вологодской области удобрения увеличивали урожайность зерна ячменя на 25-50%. Расчётная минеральная ($N_{120}P_{40}K_{60}$) и органоминеральная ($N_{30}P_{10}K_{20}$ + последствие 40 т/га т. – н. компоста) системы удобрения обеспечили прибавку зерна 0,75-0,78 т/га. Максимальный сбор ОЭ с урожаем – 25,4 ГДж/га наблюдался при применении органоминеральной системы удобрений. Удобрения увеличили сбор КЕ на 46-82%. При применении удобрений в дозе $N_{120}P_{40}K_{60}$ сбор сырого белка составил 291 кг/га.

Ключевые слова: ячмень, урожайность, балансовые коэффициенты, доза удобрений, сырой белок, клетчатка, жир, зола, обменная энергия, кормовые единицы, оплата удобрений.

В Вологодской области в структуре посевных площадей ячмень среди зерновых культур занимает первое место. В среднем по области за 2011–2012 гг. урожайность зерновых составила 1,87 т/га.

Основная цель его возделывания – зернофураж, так как в сельском хозяйстве области хорошо развито животноводство, а в кормовой базе недостаточно концентрированных кормов высокого качества [4]. На продуктивность ячменя влияют различные факторы. Применение минеральных удобрений – основа повышения продуктивности и устойчивого производства зернофуража. Доказано, что удобрения повышают продуктивность ячменя на 60% и более [5,6].

Цель наших исследований – изучить влияние удобрений на урожайность, кормовые достоинства ячменя, оплату удобрений прибавкой зерна и обменной энергии.

Методика. Изучение влияния удобрений на урожайность и кормовые показатели зерна ячменя проводили на опытном поле ВГМХА им. Н.В. Верещагина в 2010-2012 гг. Ячмень возделывали в длительном полевом стационарном опыте в севообороте с чередованием культур: викоовсяная смесь, озимая рожь, картофель, ячмень (сорт Выбор), развёрнутом в пространстве и во времени. Почва полей севооборота – дерново-подзолистая среднесуглинистая средней окультуренности. Площадь делянки 140 м², размер делянки 14 м × 10 м, повторность опыта – 4-кратная, расположение делянок усложнённое систематическое, учет урожайности проводили сплошным методом, уборка урожая – прямым комбайнированием «Сампо». Учётная площадь делянки 48 м². Урожай зерна приведен к стандартной влажности – 14%, соломы – 16%, соотношение зерна и соломы определяли по пробному снопу.

Схема опыта включала 5 вариантов: 1 – контроль (без удобрений), 2 – минимальная, или стартовая, доза $N_{12}P_{16}K_{16}$; 3, 4 – минеральные системы удобрения с изучаемой дозой $N_{80}P_{40}K_{60}$ и $N_{120}P_{40}K_{60}$ соответственно; 5 – органоминеральная система удобрения, эквивалентная по дозе 3-му варианту, но непосредственно под ячмень вносили $N_{30}P_{10}K_{20}$. Оставшиеся до $N_{80}P_{40}K_{60}$ элементы питания восполняют за счет последствия 40 т/га торфонавозного компоста, внесенного под предшествующую культуру – картофель. В 2010 г. содержание гумуса (по Тюрину) в контрольном варианте составляло 2,56%, рН_{KCl} 4,9, содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) 132 мг/кг, обменного калия 55 мг/кг почвы. Во 2-м варианте содержание подвижного фосфора было значительно выше, на 1 класс почвенного плодородия (табл. 1).

В 3-5-м вариантах по содержанию обменного калия в пахотном слое почва превысила контрольный вариант на 2 класса. В 5-м варианте содержание гумуса было выше на 0,19% по сравнению с другими вариантами. Почва пахотного слоя в 5-м варианте характеризовалась слабой кислотностью и высоким содержанием поглощенных оснований.

Эта разница между вариантами по агрохимическим показателям почвы объясняется тем, что в течение 20 лет в контрольном варианте не вносили удобрения, во 2-м варианте в течение 16 из 20 лет изучали только минимальные дозы, в 3-5 вариантах – полные расчётные системы удобрения (схему см. в табл.2).

1. Агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы при применении различных доз удобрений под культуры севооборота (2010 г., конец 5-й ротации севооборота)

Вариант опыта	рН _{KCl}	Гумус, %	различия доз удобрений под культуру			
			Нг	S	Подвижный P ₂ O ₅	Обменный K ₂ O
			мг - экв/100г почвы		мг/кг	
1	4,9	2,56	3,6	6,6	132	55
2	4,9	2,56	3,6	6,6	218	76
3-4	4,9	2,56	4,0	6,6	244	140
5	5,1	2,75	3,0	11,0	244	140
НСР ₀₅	0.1	0.17	0.29	1.0	14	13

Дозы удобрений в 3–5 вариантах рассчитывали балансовым методом под плановую урожайность зерна 3,5 т/га с помощью балансовых коэффициентов для контроля использования питательных веществ из удобрений и почвы:

$$K_6 = (B_y / D) \cdot 100,$$

где K_6 – балансовый коэффициент использования элемента %, B_y – вынос с урожаем элемента питания в удобренном варианте, кг/га; D – доза элемента в удобренном варианте, кг/га; 100 – коэффициент перевода в % [2,3].

Расчёт дозы минеральных удобрений в 5-м варианте осуществляли следующим образом. Вынос с 1 т зерна ячменя с учётом соломы азота, фосфора и калия (с учётом результатов последних лет исследований) составил, соответственно, 27; 10,5 и 23 кг. Следовательно, вынос плановым урожаем ячменя (3,5 т/га) составил: азота – 94,5 кг (27×3,5), фосфора – 36,8 (10,5×3,5), калия – 80,5 кг (23×3,5). Содержание питательных элементов в 1 т торфонавозного компоста составило азота – 4,9 кг, фосфора – 2,2, калия – 6,2 кг. Следовательно, в 40 т/га органических удобрений содержалось 196 кг азота, 88 – фосфора, 252 кг – калия. Балансовые коэффициенты использования азота, фосфора и калия на 2-й год действия органических удобрений соответствовали 30; 30 и 20%. Следовательно, из органических удобрений растениям доступно N – 58,8 кг (196×0,3), P₂O₅ – 26,4 (88×0,3), K₂O – 50,4 кг (252×0,2). Доза минеральных удобрений с учётом последствия 40 т/га торфонавозного компоста и балансовых коэффициентов использования элементов питания минеральных удобрений и почвы (120% азота, 100 фосфора и 150% калия) составит:

$$D_N = (94,5 - 58,8) / 1,2 = 29,75 = 30 \text{ кг/га д.в.};$$

$$D_{P_{205}} = (36,8 - 26,4) / 1,0 = 10,4 = 10 \text{ кг/га д.в.};$$

$$D_{K_{20}} = (80,5 - 50,4) / 1,5 = 20,1 = 20 \text{ кг/га д.в.}$$

В исследованиях фосфорные и калийные удобрения в виде двойного суперфосфата и хлористого калия вносили вручную под основную обработку, аммиачную селитру – под предпосевную культивацию, диаммофоску – при посеве.

Содержание обменной энергии, к.ед., определяли по ГОСТу 53900-2010, содержание сырого протеина – по ГОСТу 50817, сырой клетчатки – ГОСТу Р 52839, сырой золы – 26226, жира – ГОСТу 13496.15.

Математическая обработка данных проведена методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [1].

Результаты исследований и их обсуждение. В 2010-2011 гг. сложились неблагоприятные погодно-климатические условия для роста и развития ячменя, поэтому не был достигнут плановый уровень урожайности культуры. Особенно экстремальные условия наблюдались в 2010 г. Так, в июле (в т.ч. в критический период для роста и развития растений) дневные температуры были выше 30°C, а осадки практически не выпадали, гидротермический коэффициент (ГТК) составил лишь 0,03. Наиболее благоприятными климатические условия сложились в 2012 г., поэтому и урожайность культуры почти соответствовала плановому уровню (3–5 вар.) (табл. 2).

2. Урожайность зерна ячменя, т/га

Вариант опыта	2010 г.	2011 г.	2012 г.	Средняя	Прибавка	
					т/га	%
1. Контроль (без удобрений)	0,93	1,85	1,76	1,51	–	–
2. N ₁₂ P ₁₆ K ₁₆	1,08	2,06	2,53	1,89	0,38	25
3. N ₈₀ P ₄₀ K ₆₀	1,26	2,20	2,76	2,07	0,56	37
4. N ₁₂₀ P ₄₀ K ₆₀	1,27	2,26	3,24	2,26	0,75	50
5. N ₃₀ P ₁₀ K ₂₀ + последствие 40 т/га торфо-навозного компоста	1,35	2,47	3,05	2,29	0,78	52
НСР ₀₅	0,13	0,16	0,29			

Применение удобрений способствовало существенному повышению урожайности зерна ячменя во все годы исследований. С повышением доз вносимых удобрений с N₁₂P₁₆K₁₆ до N₁₂₀P₄₀K₆₀ урожайность зерна ячменя увеличилась с 16 до 73% по сравнению с вариантом без применения удобрений, а в среднем за 3 года исследований – на 25–52%. В 2010 г. расчётные дозы удобрений обеспечили существенную прибавку зерна ячменя по сравнению с минимальной дозой удобрений (2 вар.), между собой различались незначительно. В 2011 г. наблюдалось существенное повышение урожайности при применении органоминеральной системы удобрения (5 вар.) – на 0,27 т/га в сравнении с эквивалентной ей минеральной системой (3 вар.). В 2012 г. существенную прибавку урожая зерна ячменя обеспечила доза N₁₂₀P₄₀K₆₀. В 2010 и 2011 гг. минеральные системы удобрения с дозами N₈₀P₄₀K₆₀ и N₁₂₀P₄₀K₆₀ различались незначительно. В среднем за годы исследований удобрения обеспечили прибавку зерна ячменя 0,38-0,78 т/га. Расчётная минеральная система удобрения с максимальной дозой азота N₁₂₀P₄₀K₆₀ (4 вар.) и органоминеральная система удобрения N₃₀P₁₀K₂₀ + последствие 40 т/га торфо-навозного компоста (5 вар.) практически не различались и обеспечили прибавку зерна 50-52% по сравнению с контролем.

Содержание обменной энергии (ОЭ) в зерне ячменя рассчитывали в соответствии с ГОСТом Р53900 – 2010 для КРС. Данные, необходимые для расчета ОЭ приведены в таблице 3.

3. Содержание питательных веществ в зерне ячменя при внесении удобрений (в среднем за 2010-2012гг.)

№п/п	Сухое веще- ство, %	Содержание, % СВ					Содержа- ние ОЭ, МДж/кг	Сбор ОЭ с урожаем ГДж/га
		сыро й зола	сырог о жира	сырой клетчат- ки	сырого белка	БЭВ		
1	86,7	2,76	2,19	4,20	13,79	77,1	12,9	16,9
2	86,8	2,80	2,20	4,47	14,15	76,4	12,9	20,2
3	86,9	2,74	2,18	4,66	14,71	75,7	12,9	23,0
4	86,5	2,71	2,10	4,90	14,96	75,3	12,9	25,1
5	86,8	2,69	2,18	4,73	14,34	76,1	12,9	25,4

В среднем за 3 года исследований отмечено наиболее высокое содержание сырой золы, сырого жира и БЭВ при внесении удобрений в дозе N₁₂P₁₆K₁₆, снижение содержания указанных веществ при внесении максимальной дозы азотных удобрений (N₁₂₀P₄₀K₆₀, 4 вар.), а содержание сырой клетчатки и сырого протеина, наоборот, наибольшее в варианте с максимальной дозой азота (N₁₂₀P₄₀K₆₀).

О питательности полученного зерна можно судить по содержанию обменной энергии. В среднем за годы исследований различные дозы удобрений не изменяли содержание ОЭ, на всех вариантах оно соответствовало 12,9 МДж/кг, одинаковым оказалось и содержание кормовых единиц в 1 кг (КЕ).

Изучавшиеся дозы удобрений различались по сбору обменной энергии, кормовых единиц и сырого протеина. В годы исследований самый низкий сбор обменной энергии с урожаем наблюдался на варианте без применения удобрений, а максимальный (25,4 ГДж/га) – при применении органоминеральной системы удобрения, что обусловлено более высокой урожайностью культуры.

В среднем за 3 года исследований сбор сырого белка возрастал с увеличением доз вносимых удобрений. Самый высокий сбор сырого белка наблюдался при применении минеральной системы удобрения с максимальной дозой азота N₁₂₀P₄₀K₆₀ и составил 291 кг/га. Органоминеральная система имеет преимущества перед эквивалентной по дозе минеральной системой удобрения на 20,5 кг/га сырого белка (рис. 1).

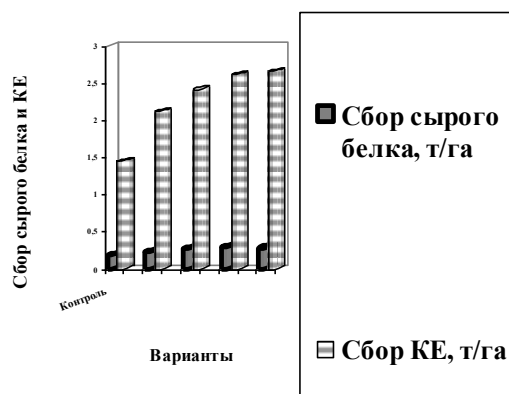


Рис. 1. Сбор сырого белка и кормовых единиц с урожаем ячменя (в среднем за 2010-2012 годы исследований)

В среднем за 3 года исследований варианты с применением максимальной дозы удобрений 220 кг д.в./га (4 вар.) и органоминеральная система удобрения (180 кг д.в./га, 5 вар.) по сбору кормовых единиц не различались. Удобрения увеличили сбор КЕ на 46-82%.

Оплату удобрений определяли прибавкой зерна ячменя (кг), приходящейся на 1 кг д.в. вносимых удобрений, кроме того, прибавкой обменной энергии (МДж/кг д.в.) (рис. 2). Оплата удобрений снижалась при увеличении вносимых доз удобрений с 44 до 220-180 кг д.в./га с 8,6 кг зерна ячменя на 1 кг д.в. вносимого удобрения до 3,4-3,1 кг. По оплате отмечено преимущество органоминеральной системы удобрения (5 вар.) перед эквивалентной минеральной системой удобрения на 1,2 кг. Нормативной по Нечерноземной зоне РФ соответствовала оплата, полученная при применении органоминеральной системы удобрения – 4,3 кг/кг д.в. Изучавшиеся минеральные системы удобрения были ниже нормативной на 1,2-0,9 кг.

Расчётные дозы удобрений (3-5 вар.) снизили оплату удобрений обменной энергией по сравнению с минимальной дозой удобрения (2 вар.) на 28-41 МДж. Минеральная доза удобрения (180 кг д.в./га, 3 вар.) уступала по оплате удобрений эквивалентной органоминеральной системе (180 кг д.в./га, 5 вар.) на 13 МДж/кг д.в.

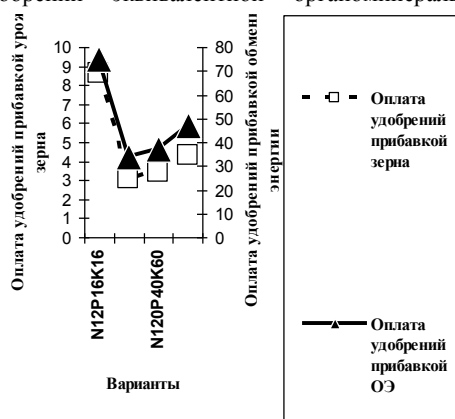


Рис. 2. Оплата 1 кг д.в. удобрений прибавкой зерна (кг) и обменной энергии на ячмене (МДж) (в среднем за 2010–2012 гг.)

Закключение. В среднем за 3 года исследований различные дозы удобрений увеличивали урожайность зерна ячменя на 25-50%. Расчётная минеральная с максимальной дозой азота ($N_{120}P_{40}K_{60}$) и органоминеральная ($N_{30}P_{10}K_{20}$ + последствие 40 т/га т. – н. компоста) системы удобрения практически не различались и обеспечили прибавку зерна 0,75-0,78 т/га по сравнению с контролем. Различные дозы удобрений не изменяли содержание ОЭ, оно соответствовало 12,9 МДж/кг. Максимальный сбор ОЭ с урожаем (25,4 ГДж/га) наблюдался при применении органоминеральной системы удобрения, что обусловлено более высокой урожайностью культуры. Самый высокий сбор сырого белка наблюдался при применении минеральной системы удобрения с максимальной дозой азота ($N_{120}P_{40}K_{60}$), и составил 291 кг/га. Органоминеральная система имела преимущества перед эквивалентной по дозе минеральной системой удобрения на 20,5 кг/га сырого белка. Удобрения увеличили сбор КЕ на 46-82%. При применении органоминеральной системы удобрения оплата удобрений составила 4,3 кг/кг д.в. По оплате удобрений наблюдается преимущество органоминеральной перед эквивалентной минеральной системой удобрения на 1,2 кг зерна ячменя и 13 МДж обменной энергии на 1 кг д.в.

Литература

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. - М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с.
2. Жуков Ю.П. Система удобрения в хозяйствах Нечерноземья. М.: Московский рабочий, 1983. - 145 с.
3. Жуков Ю.П. Расчет системы удобрения по балансовым коэффициентам // Земледелие. - 1988. - № 1. - С. 40-42.
4. Косолапов В., Фицев А. Улучшаем качество зернофуража // Комбикорма. - 2010. - № 6. - С. 81-83.
5. Чухина О.В. Продуктивность культур и обеспеченность дерново-подзолистой почвы питательными элементами при расчётных дозах удобрений в севообороте // Дис. ... канд. с.-х. наук. - М., 1999. - 154 с.
6. Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И. Агрохимия / Под ред. Б.А. Ягодина. - М.: Мир, 2004. - 584 с.

EFFECT OF FERTILIZERS ON THE NUTRITIONAL VALUE OF SPRING BARLEY GROWN ON SODDY-PODZOLIC SOIL

O.V. Chukhina¹, K.A. Usova¹, Yu.P. Zhukov²

¹*Vereshchagin State Dairy Farming Academy, ul. Shmidta 2, Molochnoe, Vologda, 160555 Russia*

²*Russian State Agricultural University – Moscow Agricultural Academy, Russian Academy of Sciences, ul. Timiryazeva 49, Moscow, 127550 Russia*

On loamy soddy-podzolic soil in the Vologda region, the application of fertilizers increased the yield of barley grain by 25–50%. The application of calculated mineral (N120P40K60) and organo-mineral fertilizers (N30P10K20 + after-effect of compost at 40 t/ha) increased the grain yield by 0.75–0.78 t/ha. The maximum content of exchange energy in the crop (25.4 GJ/ha) was observed at the application of organo-mineral fertilizing system. Fertilizers increased the crop feeding value by 46–82%. At the application of fertilizers as N120P40K60, the yield of crude protein was 291 kg/ha.

Keywords: barley, productivity, balance coefficients, fertilizer application rate, crude protein, cellulose, fat, ash, exchange energy, fodder units, return of fertilizers.