

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-3-119-130>
УДК [631.16 «324» : 631.559] (470.6)
© 2023



Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов / The author declare no conflict of interests

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

Вопросы формирования урожайности и повышения качества зеленых кормов на основе ячменя озимого

Наталья И. Девтерова

*Научно-исследовательский институт сельского хозяйства
ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»;
ул. Ленина, д. 48, п. Подгорный, г. Майкоп, 385064, Российская Федерация*

Аннотация. Изучали действие удобрений на урожайность и качество зеленых кормов на основе ячменя озимого для выявления оптимальных приемов возделывания. Исследования проводили в 2018–2020 гг. на малогумусных сверхмощных тяжелоглинистых слитых выщелоченных черноземах Адыгеи. Использовали двукратное дискование на 12–16 см, на пяти фонах применения удобрений: 1. Контроль (0,0 кг/га д.в.). 2. Фон $N_{24}P_{104}$ (128 кг/га д.в.). 3. Фон + N_{30} (158 кг/га д.в.). 4. Фон + N_{45} (173 кг/га д.в.). 5. Фон + N_{60} (188 кг/га д.в.). Формирование урожайности проходило в условиях дефицита элементов питания. Вынос: азота 128,3–303,7; фосфора 43,7–48,9; калия 100,9–335,1 кг/га. Установлено: средняя урожайность по сортам от 3,9 до 15,2 т/га. Отмечена эффективность действия удобрений. Получены достоверные прибавки урожайности (1,2–10,5 т/га, НСР₀₅ 1,4–2,4 т/га). Выявлена значительная степень зависимости содержания сырого протеина (r 0,5; R^2 0,29; рост в% 14,5–21,2), сильная взаимосвязь переваримого протеина (r 0,719; R^2 0,517; 12,4–18,2%) и сырой клетчатки (r 0,96; R^2 0,92; 23,6–34,8%) от возрастающих нормативов удобрений. Установлено применение дозы удобрений – 188 кг/га д.в. ($N_{24}P_{104} + N_{60}$) с использованием ресурсосберегающего способа почвенной обработки, что позволило получить наиболее высокий уровень урожайности по сортам: Романс 15,2 т/га, Добрыня 14,7 т/га, Кондрат 14,2 т/га, Кариока 7,4 т/га. Этот прием возделывания наиболее оптимален и целесообразен экономически и энергетически. Окупаемость 1 кг д.в. удобрения урожаем травосмеси наиболее высока: 56,5; 45,2; 50,4; 20,2 кг, с прибавкой: 15 930; 12 750; 22 140; 5700 руб. Снижение энергоемкости: сорт Добрыня 2,35 – 1,7; сорт Кондрат 3,11 – 1,84; сорт Романс 3,10 – 1,74 ГДж/т свидетельствует об эффективности приемов возделывания.

Ключевые слова: ячмень озимый, сорт, зеленый корм, слитой чернозем, приемы возделывания, элементы питания, коэффициент использования, баланс, эффективность, окупаемость удобрений, энергоемкость, урожайность

Для цитирования: Девтерова Н.И. Вопросы формирования урожайности и повышения качества зеленых кормов на основе ячменя озимого. Новые технологии / New technologies. 2023; 19(3): 119-130. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-3-119-130>

Issues of forming yields and improving the quality of green fodder based on winter barley

Natalia I. Devterova

Scientific Research Institute of Agriculture of FSBEI HE «Maikop State Technological University»;
48 Lenin str., Podgorny settlement, Maikop, 385064, the Russian Federation

Abstract. The effect of fertilizers on the yield and quality of green fodder based on winter barley was studied to identify optimal cultivation methods. The research was carried out in 2018–2020 on low-humus heavy-clay drained leached chernozems of Adygea. Double disking at 12–16 cm was used on five backgrounds of fertilizer application: 1. Control sample (0.0 kg/ha a.s.). 2. Background $N_{24}P_{104}$ (128 kg/ha a.s.). 3. Background + N_{30} (158 kg/ha a.s.). 4. Background + N_{45} (173 kg/ha a.s.). 5. Background + N_{60} (188 kg/ha a.s.). The formation of productivity took place under conditions of nutritional deficiency. Nitrogen yield was 128.3–303.7; phosphorus yield- 43.7–48.9; potassium yield – 100.9–335.1 kg/ha. It was established that The average yield was established to vary from 3.9 to 15.2 t/ha. The effectiveness of fertilizers was noted. Reliable increases in yield were obtained (1.2–10.5 t/ha, NSR_{05} 1.4–2.4 t/ha). A significant degree of dependence of the crude protein content was revealed (r 0.5; R^2 0.29; increase in 14.5–21.2%), a strong correlation of digestible protein (r 0.719; R^2 0.517; 12.4–18.2%) and crude fiber (r 0.96; R^2 0.92; 23.6–34.8%) from increasing fertilizer standards. It was established that application of fertilizer dose of 188 kg/ha a.s. ($N_{24}P_{104} + N_{60}$), using a resource-saving method of soil cultivation, made it possible to obtain the highest level of yield for the varieties of Romance – 15.2 t/ha, Dobrynya – 14.7 t/ha, Kondrat – 14.2 t/ha, Carioca – 7.4 t/ha. This cultivation method was the most optimal and expedient economically and energetically. The payback of 1 kilo of a.s. of fertilizers with grass mixture yield was the highest: 56.5; 45.2; 50.4; 20.2 kg, with increase: 15930; 12750; 22 140; 5700 rub. Reduced energy intensity of the varieties of Dobrynya 2.35 – 1.7; Kondrat 3.11 – 1.84; Romance 3.10 – 1.74 GJ/t, indicated the effectiveness of cultivation techniques.

Keywords: winter barley, variety, green fodder, drained black soil, cultivation methods, nutrients, utilization rate, balance, efficiency, payback of fertilizers, energy intensity, productivity

For citation: Devterova N.I. Issues of forming yields and improving the quality of green fodder based on winter barley. *Novye tehnologii / New technologies*. 2023; 19(3): 119-130. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-3-119-130>

Главными факторами формирования урожайности являются региональные особенности погодных условий, содержание элементов минерального питания в почве зоны возделывания, применяемые средства химизации, а также эффективная технология, сорт [1, с. 166–175].

От условий возделывания, сложившихся в период вегетации, в большой степени зависят качественные показатели корма: содержание сырого протеина, энергетических кормовых единиц и обменной энергии в 1 кг натурального корма.

Цель современной технологии заготовки кормов – сохранение максимального объема питательных веществ и обменной энергии, которые накоплены в зеленом корме в период вегетации растений, а всего процесса заготовки – получение качественных кормов в достаточном объеме. Оптимальными сроками скашивания для злаковых трав является фаза выхода в трубку и начало колошения. В этой фазе концентрация обменной энергии в злаковых травах составляет на 1 кг сухого вещества 10,4–11,6 МДж [2, с. 129–138]. Первостепенной задачей, таким

образом, является обеспечение сельскохозяйственных животных высококачественными объемистыми кормами с показателями обменной энергии 10 МДж и содержанием сырого протеина 12–15% в сухом веществе [3, с. 132–137; 4, с. 29–32; 5, с. 68–70].

Цель исследований: выявить и рекомендовать производству оптимальные нормативы минерального питания с применением ресурсосберегающего способа почвенной обработки для получения лучшего уровня урожайности изучаемых сортов ячменя озимого в условиях южно-предгорной зоны Северо-Западного Кавказа.

В ходе исследований решались следующие задачи:

– определение выноса элементов питания и их баланс;

– установление влияния уровня минерального питания удобрений на урожайность различных сортов ячменя озимого; содержание сырого протеина; переваримого протеина, сырой клетчатки;

– проведение экономической и биоэнергетической оценки эффективности возделывания сортов ячменя озимого в зависимости от уровней применения удобрений.

Новизна исследований. На черноземных почвах Адыгеи разрабатываются эффективные приемы возделывания сортов ячменя озимого с использованием малозатратных способов обработки почвы и оптимальных доз удобрений для улучшения количественных и качественных показателей зеленых объемистых кормов.

Методы. Разработку приемов возделывания проводили на малогумусных сверхмощных тяжелоглинистых слитых выщелоченных черноземах в 2018–2020 гг. в Республике Адыгея (РА), в звене севооборота «соя – ячмень озимый». Для изучения и выявления оптимального приема возделывания закладку двухфакторного опыта проводили на научных опытных полях Адыгейского

НИИСХ, используя методику полевого опыта Б.А. Доспехова [6].

Объект исследования сорта ячменя озимого: Романс, Кондрат, Добрыня, Кариока.

Площадь опытного участка 0,5 га. Площадь вариантов – 50 м². Способ обработки почвы в опыте – двукратное дискование на 12–16 см.

На тяжелоглинистых черноземах для сельскохозяйственных предприятий, специализирующихся на производстве кормов, приемлемо возделывание ячменя озимого по безотвальной обработке почвы [7, с. 36]. Велико агротехническое значение ячменя, создающего производственно-хозяйственные преимущества для возделывания последующих культур [8].

Исследования проводили по 5 вариантам применения минеральных удобрений, использовали аммофос и аммиачную селитру.

В черноземной зоне нашей страны удельный вес удобрений в приросте урожая составляет 40–50%. Для разработок прогрессивных энергосберегающих приемов и технологий применения удобрений важна комплексная их оценка с учетом агрономической экономической и энергетической эффективности [9, с. 313].

Варианты – дозы минеральных удобрений.

1. 0,0 – без удобрений (контроль).
2. N₂₄ P₁₀₄ – 128 кг/га д.в.
3. N₂₄ P₁₀₄₊ N₃₀ – 158 кг/га д.в.
4. N₂₄ P₁₀₄₊ N₄₅ – 173 кг/га д.в.
5. N₂₄ P₁₀₄₊ N₆₀ – 188 кг/га д.в.

Основное удобрение аммофос внесли осенью, а аммиачную селитру в фазу весеннего кущения-колошения. Уборку растений ячменя озимого на зеленый корм проводили в фазу молочной спелости.

Оценка приемов возделывания зеленых объемистых кормов осуществлялась методами дисперсионного, корреляционного анализа, а также по критериям экономического

(окупаемостью 1 кг действующего вещества удобрений урожаем травосмеси) и энергетического характера (энергоемкостью продукции).

Результаты исследований. Результаты агрохимического анализа показали, что в посевном слое почвы содержится: азота нитратного – 3,63 мг/кг; азота аммиачного – 9,5 мг/кг; фосфора подвижного – 29,7 мг/кг; калия обменного – 302,3 мг/кг почвы; гумуса – 4,2%; $pH_{\text{сол.}}$ 4,99; $pH_{\text{вод.}}$ – 6,5; суммы поглощенных оснований – 30,58 мг.экв./100 г почвы.

Таким образом, в пахотном слое исследуемой почвы (0–30 см) содержалось: азота 39,4 кг д.в., фосфора 89,1 кг д.в., калия 906,9 кг д.в. Применение минеральных удобрений обеспечивает пополнение питательных веществ в почве и повышение урожайности ячменя.

Дозы удобрений дифференцируют в зависимости от параметров почвенного плодородия. Применение дозы внесения минеральных удобрений под ячмень на 1 га в д.в. на черноземах: N_{20-30} , P_{45-50} , K_{30-40} . Корректировка доз удобрений для получения заданного урожая ячменя предполагает использование данных агрохимического анализа, выноса элементов питания и коэффициента использования элементов питания из удобрений и почвы [10, с. 13–15]. При проведении поверхностной обработки роль основного удобрения, возможно, частично переложить на припосевное внесение и подкормки в период вегетации растений [11, с. 131–134]. Применение азотных подкормок при возделывании озимого ячменя, по мнению большинства исследователей, повышает урожайность во всех районах возделывания. Доля их участия в формировании урожая колеблется от 40 до 75% [12, с. 3–4].

Растениями из почвы было использовано: азота 23,64 кг – 60%, фосфора 22,27 кг – 25%, калия 90,69 кг – 10%.

Ростовые процессы у растений озимого ячменя особенно интенсивны на начальных этапах онтогенеза.

Хозяйственный вынос питательных веществ 1 т зерна ячменя озимого с учетом пожнивной продукции составляет приблизительно: азота 27,3 кг; фосфора 10,4 кг; калия 23,6 кг. Потребление элементов питания растениями ячменя достигает максимума в период кущения-колошения. К фазе колошения потребление азота растением достигает 90%, фосфора 75%, а калия – заканчивается. К началу цветения процесс поглощения питательных веществ практически заканчивается [13, с. 105].

Баланс элементов питания показан на примере сорта Кондрат.

В контрольном варианте при урожайности 4,7 т/га вынос элементов питания составил: азота 128,31; фосфора 48,9; калия 110,92 кг/га (см. табл. 1).

Внесение минеральных удобрений способствовало повышению урожайности во всех вариантах их применения, однако и вынос элементов питания, в сравнении с контрольным вариантом, увеличивался. Представленные данные показывают, что формирование урожайности ячменя озимого проходило в условиях дефицита элементов питания во всех исследуемых вариантах. В варианте с максимальной нормой удобрений дефицит элементов питания составил: азота (–303,7), фосфора (–43,7), калия (–335,1) кг/га. В наибольшем недостатке – азот.

Основные запасы азота, 60% фосфора и до 80% серы сосредоточены в гумусе [14, с. 3]. Растение может содержать высокие концентрации нитратного азота, однако в синтез органического азота в тканях растений нитратный азот может быть включен лишь после восстановления его до аммиачного иона [15, с. 74]. Проблема снижения процесса мобилизации нитратной формы азота в почве может быть решена путем внесения минеральных удобрений, содержащих азот в аммиачной и амидной форме [16, с. 113].

Таким образом, баланс элементов питания в наших исследованиях на всех фонах применения удобрений

Таблица 1

**Баланс элементов питания при возделывании ячменя озимого сорта Кондрат
в зависимости от уровня удобренности (2018–2020 гг.)**

Table 1

**Balance of nutrients when cultivating winter barley of the Kondrat variety depending
on the level of fertilization (2018–2020)**

Вариант	Урожайность, т/га	Суммарное потребление, кг/га			Внесено с удобрениями, кг/га			Баланс, кг/га		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без удобрений-контроль	4,7	128,3	48,9	110,9	0,0	0,0	0,0	-128,3	-48,9	-110,9
N ₂₄ P ₁₀₄	9,5	259,4	98,8	224,2	24,0	104,0	0,0	-235,4	+5,2	-224,2
N ₂₄ P ₁₀₄ +N ₃₀	10,9	297,5	113,4	257,2	54,0	104,0	0,0	-243,5	-9,4	-257,2
N ₂₄ P ₁₀₄ +N ₄₅	12,8	349,4	133,1	302,1	69,0	104,0	0,0	-280,4	-29,1	-302,1
N ₂₄ P ₁₀₄ +N ₆₀	14,2	387,7	147,7	335,1	84,0	104,0	0,0	-303,7	-43,7	-335,1

отрицательный, за исключением баланса фосфора +5,2 кг/га в варианте по фону N₂₄P₁₀₄ (см. табл. 1). Дальнейшее увеличение доз удобрений, которое, по логике вещей, необходимо для достижения положительного баланса питательных веществ, требует проведения дополнительных исследований, целесообразных с точки зрения экологии.

Средняя урожайность в опыте в контрольных вариантах по сортам составила: Кариока 3,9; Кондрат 4,7; Романс 4,7; Добрыня 6,2 т/га (см. табл. 3).

Внесение дозы удобрений 128 кг/га д.в. (N₂₄P₁₀₄) способствовало повышению урожайности изучаемых сортов в обозначенном выше порядке: 5,10; 9,52; 9,95; 10,0 т/га. При повышении дозы внесения до 158 кг/га д.в. (N₂₃P₁₀₄+N₃₀) наблюдали рост урожайности: 5,60; 10,9; 11,6; 11,4 т/га.

Еще больший рост урожайности: 6,6; 12,8; 13,5; 13,2 т/га отмечен при использовании нормы внесения 173 кг/га д.в. (N₂₄P₁₀₄+N₄₅). Максимальные показатели урожайности получены при внесении 188 кг/га д.в. (N₂₄P₁₀₄+N₆₀): 7,4; 14,2; 15,2; 14,7 т/га – это наиболее оптимальный вариант.

Наибольшая урожайность по всем фонам применения удобрений получена

по сортам Романс – 15,2 т/га и Добрыня – 14,7 т/га.

Прибавка урожайности в среднем составила от +1,2 до +10,5 т/га.

Наибольшая прибавка урожайности и окупаемость 1 кг д.в. удобрения урожаем травосмеси по всем сортам получена на фоне минерального питания N₂₄P₁₀₄+N₆₀ с дозой 188 кг/га. Прибавка: +3,5 (сорт Кариока), +8,5 (сорт Добрыня), +9,5 (сорт Кондрат), +10,5 т/га (сорт Романс). Окупаемость 1 кг д.в. удобрения урожаем травосмеси составила от 9,4 до 56,5 кг с прибавкой 1800–15 930 руб./га (см. табл. 2).

Возделывание ячменя озимого с применением различных фонов минерального питания обеспечило получение урожайности на уровне 3,9–15,2 т/га по всем сортам (см. табл. 3).

Показатели, характеризующие энергетические затраты на производство кормов по различным технологическим вариантам обобщаются критерием энергетической эффективности. Экономически более эффективной будет технология, у которой меньше значение оценочного критерия экономического характера [17].

В наших исследованиях критерием оценки биоэнергетической

Таблица 2

Экономическая оценка эффективности возделывания сортов ячменя озимого в зависимости от доз удобрений, среднее за 2018–2020 гг.

Table 2

Economic assessment of the efficiency of cultivating winter barley varieties depending on the doses of fertilizers, average for 2018–2020

Дозы удобрений кг/га д в	Затраты на минеральные удобрения руб./га	Прибавка урожая т/га	Стоимость дополнительной продукции руб.	Окупаемость 1 кг д в удобрении урожаем травосмеси кг
<i>Сорт Добрыня</i>				
Без удобрений (контроль) – 0,0	0,0	0,0	–	–
$N_{24}P_{104}$ – 128	7000,0	+3,8	5700,0	29,7
$N_{24}P_{104}+N_{30}$ – 158	8234,8	+5,2	7800	32,9
$N_{24}P_{104}+N_{45}$ – 173	8853,6	+7,0	10500*	40,5*
$N_{24}P_{104}+N_{60}$ – 188	9471,0	+8,5	12750*	45,2*
<i>Сорт Кариока</i>				
Без удобрений (контроль) – 0,0	0,0	0,0	–	–
$N_{24}P_{104}$ – 128	7000,0	+1,2	1800	9,4
$N_{24}P_{104}+N_{30}$ – 158	8234,8	+1,7	2550	10,8
$N_{24}P_{104}+N_{45}$ – 173	8853,6	+2,7	4050	15,6
$N_{24}P_{104}+N_{60}$ – 188	9471,0	+3,5	5700	20,2
<i>Сорт Кондрат</i>				
Без удобрений (контроль) – 0,0	0,0	0,0	–	–
$N_{24}P_{104}$ – 128	7000,0	+4,8	7200*	37,5*
$N_{24}P_{104}+N_{30}$ – 158	8234,8	+6,2	9330*	39,4*
$N_{24}P_{104}+N_{45}$ – 173	8853,6	+8,1	12120*	46,7*
$N_{24}P_{104}+N_{60}$ – 188	9471,0	+9,5	14220*	50,4*
<i>Сорт Романс</i>				
Без удобрений (контроль) – 0,0	0,0	0,0	–	–
$N_{24}P_{104}$ – 128	7000,0	+5,2	7875*	41,0*
$N_{24}P_{104}+N_{30}$ – 158	8234,8	+6,9	10380*	43,8*
$N_{24}P_{104}+N_{45}$ – 173	8853,6	+8,8	13200*	50,9*
$N_{24}P_{104}+N_{60}$ – 188	9471,0	+10,5	15930*	56,5*

эффективности возделывания ячменя озимого в зависимости от различных нормативов удобрений является энергоёмкость, выраженная отношением совокупных энергетических затрат к объёму произведённой продукции (урожайность), в ГДж/т. Энергоёмкость продукции – это энергия, затраченная на получение единицы с/х

продукции. Энергосодержание с/х продукции – количество энергии в единице массы продукции [18, с. 65–66]. На примере сорта Кариока: наблюдался рост энергоёмкости по вариантам применения удобрений, в сравнении с контролем: 3,45; 3,61; 3,65; 3,96. В процентном отношении: 15,4; 20,7; 22,0; 32,0%. Применяемые

Таблица 3

**Биоэнергетическая оценка эффективности возделывания сортов ячменя озимого
в зависимости от фонов минерального питания**

Table 3

**Bioenergy assessment of the efficiency of cultivation of winter barley varieties depending
on the background of mineral nutrition**

Варианты опыта	Объем продукции с 1 га, т/га	Энергетические затраты, ГДж/га	Энергоемкость продукции, ГДж/т
<i>Сорт Добрыня</i>			
Без удобрений – контроль	6,20	14,6	2,35
$N_{24}P_{104}$	10,0	17,6	1,76
$N_{24}P_{104} + N_{30}$	11,4	20,2	1,77
$N_{24}P_{104} + N_{45}$	13,2	24,1	1,82
$N_{24}P_{104} + N_{60}$	14,7	29,3	1,99
HCP_{05}	2,3		
<i>Сорт Кариока</i>			
Без удобрений – контроль	3,90	14,6	2,99
$N_{24}P_{104}$	5,10	17,6	3,45
$N_{24}P_{104} + N_{30}$	5,60	20,2	3,61
$N_{24}P_{104} + N_{45}$	6,60	24,1	3,65
$N_{24}P_{104} + N_{60}$	7,40	29,3	3,96
HCP_{05}	1,4		
<i>Сорт Кондрат</i>			
Без удобрений – контроль	4,70	14,6	3,11
$N_{24}P_{104}$	9,52	17,6	1,84
$N_{24}P_{104} + N_{30}$	10,9	20,2	1,85
$N_{24}P_{104} + N_{45}$	12,8	24,1	1,88
$N_{24}P_{104} + N_{60}$	14,2	29,3	2,06
HCP_{05}	2,2		
<i>Сорт Романс</i>			
Без удобрений – контроль	4,70	14,6	3,10
$N_{24}P_{104}$	9,95	17,6	1,97
$N_{24}P_{104} + N_{30}$	11,6	20,2	1,74
$N_{24}P_{104} + N_{45}$	13,5	24,1	1,78
$N_{24}P_{104} + N_{60}$	15,2	29,3	1,93
HCP_{05}	2,4		

нормативы удобрений способствовали высокому росту урожайности, повлиявшей, в свою очередь, на величины энергоемкости. Рост урожайности привел к снижению показателей энергоемкости во всех изучаемых вариантах. Показатели энергоемкости

по сортам: Добрыня 2,35 – 1,76; Кондрат 3,11 – 1,84; Романс 3,10 – 1,7. В контрольных вариантах при самых низких совокупных энергетических затратах – 14,6 ГДж/га – энергоемкость продукции наиболее высокая по всем сортам: Добрыня

Таблица 4

Содержание сырого протеина в зеленой массе ячменя озимого сорта Романс, %

Table 4

Content of crude protein in the green mass of winter barley of Romans variety, %

Дозы удобрений, кг/га д.в.	Уравнение регрессии: $Y = \bar{y} + b_{yx}(X - x)$ $Y = 3,57 + 0,004(X - 129,4)$	r	R ²	$tr_{\phi} < tr_{теор}$
	Интерполяционные формулы	Показатели сырого протеина в 1 кг натурального корма		
		Аналит.	Расчет.	
Без удобрений – контроль (0,0)	$Y = 3,57 + 0,004(0,0 - 0,5176)$	3,14		3,11
N ₂₄ P ₁₀₄ – фон (128)	$Y = 3,57 + 0,004(128 - 0,5176)$	3,33		3,56
Фон + N ₃₀ (158)	$Y = 3,57 + 0,004(158 - 0,5176)$	3,36		3,68
Фон + N ₄₅ (173)	$Y = 3,57 + 0,004(173 - 0,5176)$	3,60		3,72
Фон + N ₆₀ (188)	$Y = 3,57 + 0,004(188 - 0,5176)$	4,40		3,80

– 2,35; Кондрат – 3,11; Романс – 3,10. Снижение показателей энергоемкости в процентном отношении составило по сортам: Добрыня 25,1 – 15,3; Кондрат 40,8 – 33,7; Романс 36,4 – 43,9%.

Показатели сырого протеина, определенные аналитически, в среднем составили: 3,14–4,40% в 1 кг натурального корма (см. табл. 4). Расчетные дозы сырого протеина в зеленых кормах 3,11–3,8%. Рост содержания сырого протеина в зависимости от применяемых нормативов удобрений составил 14,5 – 17,9 – 19,6 – 21,2%. Степень зависимости содержания сырого протеина от применяемых норм удобрений – значительная $r = 0,54$ ($r = 0,4-0,7$), 29% полной изменчивости содержания сырого протеина в зеленом корме объясняется эффектом внесения удобрений (коэффициент детерминации $R^2 = 0,29$).

В статьях многих авторов отмечено недостаточное обеспечение объемистых кормов переваримым протеином [19, 20, с. 50–55].

Между содержанием переваримого протеина и возрастающими дозами удобрений выявлена сильная взаимосвязь: $r = 0,719$; $R^2 = 0,517$; $tr_{\phi} < tr_{теор}$ 1,8 < 2,57; уравнение регрессии $Y = 23,3 + 0,02$

($X - 129,4$). Увеличение содержания переваримого протеина, в сравнении контрольным вариантом составило: 12,4; 15,3; 16,7; 18,2% (см. табл. 5).

Отмечена сильная корреляционная зависимость содержания сырой клетчатки от применения возрастающих доз удобрений ($r = 0,8-1,0$) $r = 0,96$, $R^2 = 0,92$. Критерий существенности фактический выше теоретического, т.е. корреляционная связь существенна (см. табл. 5). Увеличение содержания сырой клетчатки по вариантам в сравнении с контролем: 23,6; 29,3; 31,9; 34,8% (см. табл. 6).

Заключение. На основании исследований, проведенных в 2018–2020 гг., сделаны следующие выводы: применение удобрений с использованием ресурсосберегающей обработки почвы способствовало повышению урожайности и качества зеленого корма на основе ячменя озимого – сортов Романс, Кондрат, Добрыня, Кариока.

1. Проведенный расчет баланса питательных веществ показал, что формирование урожайности растений ячменя озимого проходило в условиях дефицита элементов питания во всех исследуемых вариантах.

Таблица 5

**Зависимость содержания переваримого протеина от возрастающих доз удобрений
в зеленых кормах на основе ячменя озимого сорта Романс, %**

Table 5

**Dependence of the digestible protein content on increasing doses of fertilizers
in green feed based on winter barley of the Romans variety, %**

Дозы удобрений кг/ га д.в	Уравнение регрессии: $Y = \bar{y} + b_{yx}(X - \bar{x})$ $Y = 23,3 + 0,02(X - 129,4)$	r	R ²	$tr_{\phi} < tr_{теор}$
		0,719	0,517	1,80 < 2,57
	Интерполяционные формулы		Содержание переваримого протеина в 1 кг натурального корма	
		Аналит.	Расчет.	
Без удобрений – контроль (0,0)	$Y = 23,3 + 0,02(0,0 - 2,588)$	21,03	20,70	
N ₂₄ P ₁₀₄ – фон (128)	$Y = 23,3 + 0,02(128 - 2,588)$	22,30	23,30	
Фон + N ₃₀ (158)	$Y = 23,3 + 0,02(158 - 2,588)$	22,48	23,90	
Фон + N ₄₅ (173)	$Y = 23,3 + 0,02(173 - 2,588)$	24,12	24,20	
Фон + N ₆₀ (188)	$Y = 23,3 + 0,02(188 - 2,588)$	26,5	24,46	

Таблица 6

**Влияние доз удобрений на содержание сырой клетчатки в зеленых кормах
на основе ячменя озимого, сорта Романс, %**

Table 6

**Effect of fertilizer doses on the crude fiber content in green feed based
on winter barley of Romans variety, %**

Дозы удобрений, кг/га д.в	Уравнение регрессии: $Y = \bar{y} + b_{yx}(X - \bar{x})$ $Y = 6,3 + 0,009(X - 129,4)$	r	R ²	$tr_{\phi} > tr_{теор}$
		0,96	0,92	5,80 > 2,57
	Интерполяционные формулы		Содержание сырой клетчатки в 1 кг натурального корма	
		Аналит.	Расчет.	
Без удобрений – контроль (0,0)	$Y = 6,3 + 0,009(0,0 - 1,1646)$	5,17	5,13	
N ₂₄ P ₁₀₄ – фон (128)	$Y = 6,3 + 0,009(128 - 1,1646)$	6,10	6,29	
Фон + N ₃₀ (158)	$Y = 6,3 + 0,009(158 - 1,1646)$	6,34	6,56	
Фон + N ₄₅ (173)	$Y = 6,3 + 0,009(173 - 1,1646)$	6,78	6,70	
Фон + N ₆₀ (188)	$Y = 6,3 + 0,009(188 - 1,1646)$	7,10	6,85	

Вынос элементов питания в варианте без внесения удобрений составил: азота – 128,31; фосфора – 48,9; калия – 110,92 кг/га.

В варианте с наиболее высокой нормой внесения удобрений (188 кг/га д.в.)

дефицит элементов питания составил: азота (–303,7), фосфора (–43,7), калия (–335,1) кг/га. В наибольшем недостатке – азот.

2. Показатели урожайности в среднем по сортам и вариантам в пределах

3,9–15,2 т/га. Эффект применения возрастающих доз удобрений подтверждается величиной достоверных прибавок урожайности: сорт Романс + 5,2 – + 10,5 т/га (НСР₀₅ + 2,4 т/га); сорт Кондрат + 4,8 – + 9,5 т/га (НСР₀₅ + 2,2 т/га); сорт Добрыня + 3,8 – + 8,5 т/га (НСР₀₅ + 2,3 т/га); сорт Кариока + 1,2 – + 3,5 т/га (НСР₀₅ + 1,4 т/га). Проведенные исследования, показали, что наиболее высокий уровень урожайности получен от применения дозы удобрений N₂₄P₁₀₄+N₆₀ (188 кг/га) по всем сортам: Романс 15,2; Добрыня 14,7; Кондрат 14,2; Кариока 7,4.

На примере наиболее высокоурожайного сорта Романс рост содержания сырого переваримого протеина, а также

сырой клетчатки составил соответственно: 14,5 – 21,2; 12,4 – 18,2; 23,6 – 34,8%.

3. Окупаемость 1 кг д.в. удобрения урожаем травосмеси составила 9,4–56,5 кг, с прибавкой 1800–15 930 руб. Наиболее высокие показатели окупаемости получены в вариантах с внесением максимальной дозы удобрений (сорт Романс 56,5; сорт Кондрат 50,4; сорт Добрыня 45,2; сорт Кариока 20,2 кг.)

Сорта Кондрат и Добрыня показали высокие результаты по исследуемым параметрам.

В приоритете сорт Романс, который показал лучшие результаты по количественным, качественным экономическим и биоэнергетическим показателям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Девтерова Н.И., Мамсиров Н.И. Вклад факторов интенсификации земледелия и условий вегетации в формирование урожайности ячменя озимого. Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022; 6(110): 166–175.
2. Валге А.М., Сухопаров А.И. Оценка эффективности технологических процессов заготовки кормов из трав. Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2018; 3(96): 129–138.
3. Ригер А.Н., Пицков И.С., Чернышов В.Н. Эффективность озимых бобово-злаковых смесей для заготовки объемистых кормов на Кубани. Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства. 2015; 4(1): 132–137.
4. Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С. и др. Кормопроизводство – определяющий фактор сельского хозяйства России. Вестник аграрной науки. Орел ГАУ. 2012; 1(34): 29–32.
5. Веретенников В.Г., Веретенников Н.Г., Беседин Н.Б. Качество объемистых кормов и молочная продуктивность. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2010; 3: 68–70.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985.
7. Девтерова Н.И., Мамсиров Н.И., Золотарева Ю.О. Усовершенствованная технология комплексного использования средств химизации при возделывании озимого ячменя на слитых черноземах Адыгеи: Результаты исследований. Майкоп: Магарин О.Г., 2011.
8. Райнер Л., Штайнбергер И., Дееке У. Озимый ячмень. М.: Колос, 1980.
9. Шеуджен А.Х., Трубилин И.Т., Онищенко Л.М. Удобрения и оценка экономической эффективности их применения: учебное пособие. Краснодар: КубГАУ, 2012.
10. Шеуджен А.Х. Питание и удобрение зерновых культур. Ячмень. Майкоп: Аякс, 2010.
11. Ширинян М.Х., Бугаевский В.К. Альтернативные системы применения удобрений в энергосберегающих технологиях возделывания озимых колосовых культур. Эволюция научных технологий в растениеводстве: сборник материалов научно-практической конференции. Краснодар: КНИИСХ, 2004: 131–134.
12. Есаулко А.Н., Коростелев М.Н. Продуктивность озимого ячменя и агрохимические показатели чернозема при внесении азотных удобрений. Плодородие, 2009; 3: 3–4.

13. Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н., Онищенко Л.М. Питание и удобрение зерновых, крупяных и зернобобовых культур. Краснодар: КубГАУ, 2012.
14. Состояние плодородия земель сельскохозяйственного назначения ГНУ Адыгейский НИИСХ, пути его повышения и эффективного использования. Майкоп, 2020.
15. Церлинг В.В. Агрохимические основы диагностики минерального питания сельскохозяйственных культур. М.: Наука, 1978.
16. Девтерова Н.И., Благополучная О.А. Пути регулирования содержания гумуса и основных элементов плодородия на черноземах выщелоченных слитых южно-предгорной зоны Адыгеи. Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник докладов по материалам Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), посвященной 60-летию ФГБНУ «Адыгейский НИИСХ» (17–19 ноября 2021 года). Майкоп: Магарин О.Г., 2021: 113.
17. Сухопаров А.И. Критерии оценки технологий заготовки кормов из трав [Электронный ресурс]. Современные научные исследования и инновации. 2017; 2. URL: [https:// web. Snauka ru /issues/2017/02/78885](https://web.snauka.ru/issues/2017/02/78885).
18. Трубилин И.Т., Малюга Н.Г., Прудников А.Г. Биоэнергетическая оценка агротехнических приемов ресурсосберегающих технологий в растениеводстве. Краснодар. 1995: 65–66.
19. Lurette A., Stark F., Lecomte L. [et al.] A model to explore which diversity is needed to design sustainable agricultural systems at the territorial level. *Agronomy for Sustainable Development*. 2020; (40): 32.
20. Фоменко П.А., Богатырева Е.В., Корельская Л.А. и др. Качество объемистых кормов в хозяйствах Вологодской области. *Молочнохозяйственный вестник*. 2016; 1(21): 50–55.

REFERENCES:

1. Devterova N.I., Mamsirov N.I. The contribution of agricultural intensification factors and growing season conditions to the formation of winter barley yield. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2022; 6(110): 166–175.
2. Valge A.M., Sukhoparov A.I. Evaluating the effectiveness of technological processes for preparing grass feed. *Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products*. 2018; 3(96): 129–138.
3. Riger A.N., Pitsekov I.S., Chernyshov V.N. The effectiveness of winter legume-cereal mixtures for the preparation of bulk feed in the Kuban. *Collection of scientific works of the North Caucasus Research Institute of Animal Husbandry*. 2015; 4(1): 132–137.
4. Kosolapov V.M., Trofimov I.A., Trofimova L.S. [et al.] Feed production is a determining factor in Russian agriculture. *Bulletin of Agrarian Science*. Orel SAU. 2012; 1(34): 29–32.
5. Veretennikov V.G., Veretennikov N.G., Besedin N.B. Bulk feed quality and milk production. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2010; 3: 68–70.
6. Dosphepov B.A. *Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)*. 5th ed., add. and processed. M.: Agropromizdat, 1985.
7. Devterova N.I., Mamsirov N.I., Zolotareva Yu.O. Improved technology for the integrated use of chemicals in the cultivation of winter barley on drained chernozems of Adygea: Research results. Майкоп: Магарин О.Г., 2011.
8. Rainer L., Steinberger I., Deecke U. *Winter barley*. M.: Kolos; 1980.
9. Sheudzhen A.Kh., Trubilin I.T., Onishchenko L.M. *Fertilizers and assessment of the economic efficiency of their use: a textbook*. Krasnodar: KubSAU, 2012.
10. Sheudzhen A.Kh. *Nutrition and fertilization of grain crops. Barley*. Майкоп: Ajax, 2010.
11. Shirinyan M.Kh., Bugaevsky V.K. Alternative systems for the use of fertilizers in energy-saving technologies for cultivating winter cereal crops. *The evolution of scientific technologies in crop production: a collection of materials from a scientific and practical conference*. Krasnodar: KNIISKH. 2004: 131–134.

12. Esaulko A.N., Korostelev M.N. Productivity of winter barley and agrochemical indicators of chernozem when applying nitrogen fertilizers. *Fertility*. 2009; 3: 3–4.
13. Sheudzhen A.Kh., Bondareva T.N., Onishchenko L.M. Nutrition and fertilization of grains, cereals and leguminous crops. Krasnodar: KubSAU, 2012.
14. The state of fertility of agricultural lands of the State Scientific Institution Adygea Research Institute of Agriculture, ways to improve it and effectively use it. Maykop, 2020.
15. Tserling V.V. Agrochemical basis for diagnosing mineral nutrition of agricultural crops. M.: Science, 1978.
16. Devterova N.I., Blagopoluchnaya O.A. Ways to regulate the content of humus and basic elements of fertility on leached chernozems of the southern foothill zone of Adygea. *Agricultural science – Agriculture: a collection of reports based on the materials of the All-Russian scientific and practical conference (with international participation), dedicated to the 60th anniversary of the Federal State Budgetary Institution «Adyge Research Institute of Agriculture»* (November 17–19, 2021). Maikop: Magarin O.G., 2021: 113.
17. Sukhoparov A.I. Criteria for assessing technologies for preparing feed from grasses [Electronic resource]. *Modern scientific research and innovation*. 2017; 2. URL: [https:// web. Snauka ru /issues/2017/02/78885](https://web.snauka.ru/issues/2017/02/78885).
18. Trubilin I.T., Malyuga N.G., Prudnikov A.G. Bioenergy assessment of agrotechnical techniques of resource-saving technologies in crop production. Krasnodar. 1995: 65–66.
19. Lurette A., Stark F., Lecomte L. [et al.] A model to explore which diversity is needed to design sustainable agricultural systems at the territorial level. *Agronomy for Sustainable Development*. 2020; (40): 32.
20. Fomenko P.A., Bogatyreva E.V., Korelskaya L.A. and others. Quality of bulk feed on farms in the Vologda region. *Dairy Bulletin*. 2016; 1(21): 50–55.

Информация об авторе / Information about the author

Наталья Ильинична Девтерова, старший научный сотрудник отдела земледелия, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет
e-mail: devterova55@mail.ru
тел.: +7 (908) 228 18 11

Natalya I. Devterova, Senior researcher, Department of Farming, Research Institute of Agriculture, Scientific Research Institute of Agriculture of FSBEI HE «Maikop State Technological University»
e-mail: devterova55@mail.ru
tel.: +7 (908) 228 18 11

Поступила в редакцию 11.02.2023; поступила после доработки 03.10.2023; принята к публикации 04.10.2023

Received 09.07.2023; Revised 25.08.2023; Accepted 29.08.2023