

УДК 633.2:631.82:631.442.1

UDC 633.2:631.82:631.442.1

4.1.3 Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

4.1.3 Agrochemistry, Agricultural Soil Science, Plant Protection and Plant Quarantine.

ВЛИЯНИЕ ДОЗ ФОСФОРНО-КАЛИЙНОГО УДОБРЕНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

EFFECT OF PHOSPHORUS–POTASSIUM FERTILIZER RATES ON THE YIELD AND QUALITY OF PERENNIAL GRASSES CULTIVATED ON SODDY-PODZOLIC SANDY SOIL

Ситнов О.Д.

аспирант

sitnov2019@inbox.ru

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокшино, Россия

Новозыбковская СХОС - филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», Брянская область, Новозыбковский городской округ, Опытная станция, Россия

Sitnov O.D.

Postgraduate Student

sitnov2019@inbox.ru

Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Novozybkov Agricultural Experimental Station – branch of Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, Bryansk region, Novozybkov urban district, Experimental station, Russia

На дерново-подзолистой песчаной почве изучено влияние возрастающих доз фосфорно-калийного удобрения ($P_{60}K_{120}$ и $P_{60}K_{180}$) на урожайность, продуктивность и качество зелёной массы люцерны жёлтой, костреца безостого, житняка гребневидного и их двухкомпонентных смесей. Установлено, что наиболее высокую урожайность в сумме за два укоса среди изучаемых агрофитоценозов сформировала люцерно-житняковая травосмесь – 45,2 т/га на варианте с внесением $P_{60}K_{180}$. Максимальный сбор сырого протеина (1,45 т/га), кормовых единиц (5,56 тыс./га) и обменной энергии (83,1 ГДж/га) также отмечен у данной смеси. Качество корма определялось как видовым составом, так и дозой удобрения, при этом не всегда при повышении дозы вырастало и качество зелёной массы. Наибольшее содержание сырого жира зафиксировано у костреца безостого (2,89%), сырой клетчатки – у люцерно-житняковой смеси (33,40%), безазотистых экстрактивных веществ – у житняка гребневидного (46,91%). Применение фосфорно-калийного удобрения в дозе $P_{60}K_{180}$ является эффективным приёмом повышения продуктивности многолетних трав на дерново-подзолистой песчаной почве

The effects of increasing phosphorus–potassium fertilizer rates ($P_{60}K_{120}$ and $P_{60}K_{180}$) on herbage yield, productivity, and forage quality of yellow alfalfa (*Medicago falcata* L.), awnless brome (*Bromopsis inermis* Leyss.), crested wheatgrass (*Agropyron pectiniforme* Roem. et Schult.), and their two-component mixtures grown on light-textured soddy-podzolic soil were investigated. Among the evaluated agrophytocenoses, the alfalfa–crested wheatgrass mixture produced the highest total herbage yield over two cuttings (45.2 t ha⁻¹) when $P_{60}K_{180}$ was applied. This mixture also achieved the highest crude protein yield (1.45 t ha⁻¹), feed unit yield (5.56 thousand ha⁻¹), and metabolizable energy yield (83.1 GJ ha⁻¹). The effects of phosphorus–potassium fertilizer rate on forage quality were not uniform, as increasing fertilizer rates enhanced some quality traits, whereas others were determined primarily by species composition. The highest crude fat content (2.89%) was observed in awnless brome, whereas the highest crude fibre (33.40%) and nitrogen-free extractive content (46.91%) were observed in the alfalfa–crested wheatgrass mixture and crested wheatgrass, respectively. Application of phosphorus–potassium fertilizer at a rate of $P_{60}K_{180}$ was the most effective treatment for increasing the productivity of perennial forage grasses grown on light-textured soddy-podzolic soil

Ключевые слова: МНОГОЛЕТНИЕ ТРАВЫ, ЛЮЦЕРНА ЖЁЛТАЯ, КОСТРЕЦ БЕЗОСТЫЙ, ЖИТНЯК ГРЕБНЕВИДНЫЙ, ТРАВОСМЕСИ, ФОСФОРНО-КАЛИЙНОЕ УДОБРЕНИЕ, УРОЖАЙНОСТЬ, СЫРОЙ ПРОТЕИН, КОРМОВЫЕ ЕДИНИЦЫ, ОБМЕННАЯ ЭНЕРГИЯ, КАЧЕСТВО КОРМА

Keywords: PERENNIAL GRASSES, YELLOW ALFALFA, AWNLESS BROME, CRESTED WHEATGRASS, GRASS MIXTURES, PHOSPHORUS-POTASSIUM FERTILIZERS, PRODUCTIVITY, CRUDE PROTEIN, FEED UNITS, METABOLIC ENERGY, FORAGE QUALITY

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-221-024>

Введение. Одной из актуальных проблем современного кормопроизводства остается недостаточная обеспеченность рационов сельскохозяйственных животных протеином и микроэлементами. Дефицит протеина в кормовой базе достигает 25–30 %, а потребность в микроэлементах обеспечивается лишь на 45–55 %. Для компенсации недостатка питательных веществ хозяйства нередко увеличивают общий объем производства и скармливания кормов на 20–50 %, в том числе за счет использования дорогостоящего зернофуража. Однако такой подход сопровождается ростом затрат и не всегда является экономически обоснованным. [1]. Альтернативным и более перспективным вариантом решения данной проблемы является активное использование бобово-злаковых травосмесей. Бобовый компонент благодаря способности к биологической фиксации атмосферного азота способствует улучшению азотного баланса в почве и может снижать потребность в дополнительном внесении азотных удобрений. Злаковые травы, отличающиеся устойчивостью и сравнительно невысокой требовательностью к условиям выращивания, обеспечивают продолжительное сохранение продуктивного травостоя. Совместное возделывание этих компонентов позволяет сочетать их биологические особенности и формировать устойчивые посевы с высоким потенциалом кормовой продуктивности. [2, 3].

Люцерна желтая характеризуется высокой кормовой ценностью и одновременно оказывает положительное влияние на плодородие почвы благодаря накоплению органического вещества и биологического азота [1]. При её выращивании в течение 2–3 лет в почве формируется значительный запас корневых и пожнивных остатков — около 10–12 т/га. По содержанию основных элементов питания такой объем органических остатков сопоставим с внесением 4–7 т/га навоза, что подчёркивает важное значение культуры не только в кормопроизводстве, но и в поддержании

<http://ej.kubagro.ru/2026/07/pdf/24.pdf>

плодородия почвы [4, 5]. Злаковые компоненты, в свою очередь, способствуют формированию более устойчивого и долговечного травостоя, поддерживая его продуктивность в течение продолжительного периода. Развитая корневая система и особенности роста злаковых трав также способствуют защите почвы от эрозионных процессов, что приобретает особое значение при интенсивном использовании сельскохозяйственных угодий [6].

Расширение площадей, отведенных под выращивание бобово-злаковых травосмесей, в сочетании с применением фосфорно-калийного удобрения рассматривается как одно из перспективных направлений увеличения производства растительного белка и более эффективного использования почвенно-ресурсного потенциала [1,7]. В качестве злаковых культур для создания гетерогенных посевов с бобовыми травами, выделяют кострец безостый (*Bromopsis inermis* Leys.) и житняк гребневидный (*Agropyron pectiniforme* Roem. et Schult.). Кострец безостый отличается широким диапазоном экологической адаптации, благодаря чему способен сохранять продуктивность как в условиях продолжительного недостатка влаги, так и при длительном переувлажнении. Культура формирует плотный и устойчивый травостой и при благоприятных условиях позволяет получать два укоса за сезон. Вместе с тем для костреца характерен относительно медленный период становления, а продолжительность его хозяйственного использования определяется условиями возделывания и агротехникой: в полевых севооборотах она обычно составляет 2–3 года, тогда как при соблюдении технологии выращивания травостой может использоваться до 15 лет. [8, 9]. Житняк гребневидный также отличается высокой экологической пластичностью и нетребовательностью к условиям выращивания. Он хорошо переносит недостаток влаги и низкие температуры, а также способен развиваться на почвах с относительно невысоким уровнем

плодородия. Благодаря сочетанию засухоустойчивости, морозостойкости и неприхотливости житняк представляет значительный интерес для использования в сенокосно-пастбищных угодьях, в том числе в условиях различающихся по климату регионов [10, 11].

В кормопроизводстве всё большее значение приобретает совместное возделывание культур с учётом принципа комплементарности. Основу этого принципа составляет способность компонентов смешанного травостоя эффективно использовать ресурсы среды, взаимодополняя друг друга. Благодаря этому удастся поддерживать более стабильное формирование урожая и одновременно повышать совокупную продуктивность посевов относительно одновидовых агрофитоценозов [12, 13]. Бобово-злаковые травосмеси обладают высокой адаптивностью к неблагоприятным условиям, а также преимуществом по продолжительности хозяйственного использования и выходу зеленой массы по сравнению с чистыми посевами [14, 15]. Таким образом совместное выращивание бобовых и злаковых компонентов способствует формированию повышенной продуктивности травостоя и устойчивому выходу зеленой массы [16-18]. В связи с этим исследование таких травосмесей, совершенствование приемов их возделывания и оптимизация минерального питания приобретают особую значимость, поскольку направлены на решение актуальной научно-практической задачи, а не только на расширение теоретических данных.

Цель исследований – научно обосновать эффективность применения фосфорно-калийных удобрений в оптимальных дозах для формирования высокой урожайности и питательной ценности одновидовых и смешанных посевов многолетних трав на дерново-подзолистой песчаной почве.

Задачи исследования: изучить эффективность фосфорно-калийного удобрения ($P_{60}K_{120}$ и $P_{60}K_{180}$) на урожайность одновидовых посевов

люцерны жёлтой, костреца безостого, житняка гребневидного и их двухкомпонентных травосмесей; оценить влияние фосфорно-калийного удобрения на продуктивность агрофитоценозов по сбору сырого протеина, кормовых единиц и обменной энергии; определить влияние доз фосфорно-калийного удобрения на качественные показатели зелёной массы (содержание сырого жира, сырой клетчатки и безазотистых экстрактивных веществ); провести сравнительную оценку эффективности одновидовых и смешанных посевов многолетних трав при различных уровнях фосфорно-калийного питания и установить наиболее продуктивный агрофитоценоз для условий дерново-подзолистой песчаной почвы.

Научная новизна исследования заключается в установлении эффективности влияния доз фосфорно-калийного удобрения ($P_{60}K_{120}$ и $P_{60}K_{180}$) на урожайность, продуктивность и качественные характеристики зелёной массы одновидовых и двухкомпонентных бобово-злаковых посевов многолетних трав при их возделывании на дерново-подзолистой песчаной почве.

Методика проведения исследований. Полевые исследования проведены в период с 2022 по 2024 год на базе опытного поля Новозыбковской СХОС (филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»). Почвенный покров участка представлен дерново-подзолистым песчаным типом со следующими агрохимическими показателями: гумус – 1,3-1,5 %, pH_{KCl} – 5,5-5,8, содержание P_2O_5 и K_2O (по Кирсанову) – 180-220 и 80-100 мг/кг соответственно.

Объектами исследований являлись многолетние травы сенокосного использования: люцерна желтая (сорт Павловская 7), кострец безостый (Воронежский 17) и житняк гребневидный (Павловский 12). Изучались как чистые посевы, так и двухкомпонентные смеси: люцерна + кострец, люцерна + житняк.

Учет урожая зеленой массы проводили в фазу бутонизации у люцерны и в фазу начала цветения у злаковых трав. Уборка – поделаяночная, учет – весовой. Площадь учетной делянки – 20 м², повторность опыта – трехкратная. Математическая обработка данных проводилась методом дисперсионного анализа (НСР₀₅) по методике Б.А. Доспехова и была реализована в табличном процессоре Microsoft Excel.

Расчёт содержания кормовых единиц и обменной энергии проводили на основании результатов химического анализа сухого вещества исследуемой зеленой массы в соответствии с методическими указаниями [19]. Определение основных показателей химического состава кормов выполняли с использованием стандартизированных методов, предусмотренных действующими государственными стандартами. Содержание сырого протеина устанавливали по ГОСТ 13496.4-2019 титриметрическим методом Кьельдаля с последующим пересчётом на протеин. Количество сырой клетчатки определяли согласно ГОСТ 31675-2012 методом Геннеберга и Штомана с промежуточной фильтрацией. Содержание сырого жира оценивали по ГОСТ 13496.15-2016 методом определения обезжиренного остатка с использованием аппарата Сокслета и экстракцией диэтиловым эфиром.

Вегетационные периоды 2022–2024 гг. отличались значительной вариабельностью метеорологических условий. Наиболее выраженные различия наблюдались в характере распределения атмосферных осадков: в 2023 г., а особенно в 2024 г., отмечалось чередование кратковременных периодов повышенного увлажнения с интервалами полного отсутствия осадков. Максимальное количество осадков за отдельные периоды достигало 90,8 мм. Подобная неравномерность водообеспеченности создавала неодинаковые условия для роста и развития растений и могла оказывать существенное влияние на формирование урожайности и продуктивности, исследуемых агрофитоценозов.

Результаты. Наиболее отзывчивой среди изучаемых одновидовых посевов оказалась люцерна жёлтая. В варианте без внесения удобрений её урожайность за два укоса составляла 27,5 т/га (Таблица 1). Применение фосфорно-калийного удобрения в дозе $P_{60}K_{120}$ сопровождалось увеличением сбора зелёной массы до 32,5 т/га, а повышение дозы калия до $P_{60}K_{180}$ обеспечило дальнейший прирост урожайности — до 38,0 т/га. Таким образом, максимальная урожайность среди монопосевов была получена при использовании повышенной дозы фосфорно-калийного удобрения, а прибавка относительно неудобренного контроля достигла 10,5 т/га.

Реакция злаковых культур на фосфорно-калийное питание также выражалась в увеличении урожайности, однако абсолютные значения оставались ниже, чем у люцерны жёлтой. У костреца безостого сбор зелёной массы при изучаемых уровнях удобрения изменялся в пределах 15,1–23,3 т/га, тогда как у житняка гребневидного урожайность была 18,1–26,4 т/га. Полученные данные указывают на выраженную зависимость продуктивности одновидовых посевов от уровня фосфорно-калийного питания, при этом величина ответной реакции определялась биологическими особенностями возделываемых культур.

Таблица 1 – Урожайность зеленой массы многолетних трав, среднее за 2022-2024 гг., т/га

Показатель Вариант	контроль			$P_{60}K_{120}$			$P_{60}K_{180}$		
	1-й укос	2-й укос	в сумме за 2 укоса	1-й укос	2-й укос	в сумме за 2 укоса	1-й укос	2-й укос	в сумме за 2 укоса
Люцерна желтая	15,6	11,9	27,5	18,3	14,2	32,5	21,3	16,7	38,0
Кострец безостый	8,7	6,4	15,1	11,3	8,4	19,8	13,3	10,0	23,3
Житняк гребневидный	10,4	7,7	18,1	13,1	9,8	22,9	15,1	11,3	26,4
Люцерна + кострец	18,8	14,4	33,2	20,8	16,1	36,9	22,7	17,8	40,5
Люцерна + житняк	21,0	16,1	37,2	23,3	18,1	41,4	25,3	19,9	45,2
НСР ₀₅	1-й укос			2-й укос			в сумме за 2 укоса		

НСР _{05(общая.)}	0,35	0,27	0,38
НСР _{05(удобрения)}	0,16	0,12	0,18
НСР _{05(культуры)}	0,20	0,16	0,22

Более высокая урожайность формировалась при возделывании двухкомпонентных бобово-злаковых травосмесей, при этом применение фосфорно-калийного удобрения обеспечивало дополнительное увеличение сбора зелёной массы. В люцерно-кострецовой смеси в контроле урожайность составляла 33,2 т/га, тогда как внесение удобрения в дозе $P_{60}K_{180}$ повысило данный показатель до 40,5 т/га.

Наиболее продуктивной среди всех изучаемых агрофитоценозов оказалась люцерно-житняковая травосмесь. В контроле её урожайность достигала 37,2 т/га. Применение фосфорно-калийного удобрения в дозе $P_{60}K_{120}$ способствовало увеличению сбора зелёной массы до 41,4 т/га, а дальнейшее повышение дозы калия до $P_{60}K_{180}$ обеспечило максимальный результат — 45,2 т/га. При этом прибавка урожайности относительно неудобренного варианта составила 8,0 т/га. Таким образом, увеличение дозы фосфорно-калийного удобрения до $P_{60}K_{180}$ наиболее полно реализовало потенциал урожайности люцерно-житняковой травосмеси.

Влияние фосфорно-калийного удобрения на продуктивность оценивали по сбору сырого протеина, кормовых единиц и обменной энергии с единицы площади. Среди одновидовых посевов наиболее выраженная продуктивность при внесении фосфорно-калийного удобрения в дозе $P_{60}K_{180}$ отмечена у люцерны жёлтой. Сбор сырого протеина при данном уровне удобрения достигал 1,22 т/га, тогда как у костреца безостого и житняка гребневидного составлял соответственно 0,60 и 0,70 т/га. Аналогичная закономерность прослеживалась и по выходу кормовых единиц: при применении $P_{60}K_{180}$ люцерны жёлтой обеспечивалась 4,23 тыс. корм. ед./га, кострец безостый — 3,12 тыс., а житняк гребневидный — 3,66 тыс. корм. ед./га. Таким образом, увеличение дозы фосфорно-калийного удобрения до $P_{60}K_{180}$ способствовало формированию более высокой

продуктивности, при этом наиболее полно его действие проявлялось в посевах люцерны жёлтой (Таблица 2).

Таблица 2 – Продуктивность зеленой массы кормовых культур в сумме за 2 укоса, среднее за 2022-2024 гг.

Показатель Вариант	Сырой протеин, т/га			Кормовые единицы, тыс.			Обменная энергия, ГДж/га		
	контроль	P ₆₀ K ₁₂ 0	P ₆₀ K ₁₈ 0	контроль	P ₆₀ K ₁₂ 0	P ₆₀ K ₁₈ 0	контроль	P ₆₀ K ₁₂ 0	P ₆₀ K ₁₈ 0
Люцерна желтая	0,94	1,13	1,22	3,14	3,72	4,23	46,4	55,0	63,4
Кострец безостый	0,41	0,50	0,60	2,06	2,75	3,12	29,9	38,7	45,7
Житняк гребневидный	0,39	0,57	0,70	2,36	3,13	3,66	34,2	44,3	52,6
Люцерна + кострец	1,09	1,11	1,15	3,92	4,40	4,72	58,4	65,3	70,8
Люцерна + житняк	1,25	1,26	1,45	4,35	4,69	5,56	65,1	71,3	83,1
<i>HCP</i> ₀₅	0,15			0,43			3,95		
<i>P</i> , % ¹	5,62			4,03			2,48		

При внесении фосфорно-калийного удобрения в дозе P₆₀K₁₈₀ наиболее высокая продуктивность зафиксирована у люцерно-житняковой травосмеси: сбор сырого протеина – 1,45 т/га, кормовых единиц – 5,56 тыс./га, обменной энергии – 83,1 ГДж/га.

Полученные результаты показывают, что применение фосфорно-калийного удобрения способствовало более полной реализации продуктивного потенциала бобово-злаковых травосмесей, которые по основным показателям кормовой продуктивности превосходили одновидовые посевы. Дополнительным фактором высокой продуктивности смесей являлось присутствие люцерны жёлтой, способной обеспечивать значительную часть потребности в азоте за счёт симбиотической азотфиксации. Создаваемые при этом условия азотного питания благоприятно отражаются и на развитии злакового компонента, повышая эффективность использования фосфорно-калийного удобрения в

¹ *P*, % – относительная ошибка опыта

смешанном агрофитоценозе. Наиболее выраженный эффект сочетания фосфорно-калийного питания и видового состава отмечен в люцерно-житняковой травосмеси, которая характеризовалась максимальными показателями продуктивности среди изучаемых агрофитоценозов.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что качество зелёной массы кормовых культур определялось как видовым составом агрофитоценоза, так и дозой вносимых фосфорно-калийного удобрений.

Среди одновидовых посевов наибольшее содержание сырого жира отмечено у костреца безостого – от 2,11% в контроле до 2,89% при внесении фосфорно-калийного удобрения в дозе $P_{60}K_{120}$. У люцерны жёлтой данный показатель изменялся от 1,32 до 1,55%, у житняка гребневидного – от 1,60 до 1,92% в зависимости от варианта опыта. В травосмесях содержание сырого жира было ниже: у люцерно-кострецовой смеси – от 1,72 до 2,18%, у люцерно-житняковой – от 1,31 до 1,67% (Таблица 3).

Таблица 3 – Качество зеленой массы кормовых культур, среднее за 2022-2024 гг., %

Показатель Вариант	Сырой жир			Сырая клетчатка			БЭВ		
	контроль	$P_{60}K_{120}$	$P_{60}K_{180}$	контроль	$P_{60}K_{120}$	$P_{60}K_{180}$	контроль	$P_{60}K_{120}$	$P_{60}K_{180}$
Люцерна желтая	1,55	1,32	1,42	30,98	30,84	31,52	35,80	35,95	36,36
Кострец безостый	2,11	2,89	2,62	29,76	28,86	30,18	43,10	44,66	42,17
Житняк гребневидный	1,60	1,92	1,63	30,73	29,00	29,68	46,91	46,13	45,22
Люцерна + кострец	1,79	2,18	1,72	32,37	32,05	32,23	36,95	38,21	39,31
Люцерна + житняк	1,67	1,49	1,31	32,21	33,40	31,90	36,15	37,50	39,03
HCP_{05}	0,74			4,21			4,98		
$P, \%$	14,03			4,68			4,28		

Содержание сырой клетчатки по вариантам опыта варьировало в пределах 28,86-33,40%. Наименьшие значения данного показателя

отмечены у костреца безостого (28,86-30,18%) и житняка гребневидного (29,00-30,73%), у люцерны жёлтой и травосмесей содержание сырой клетчатки было несколько выше и составляло соответственно 30,84-31,52% и 31,90-33,40%.

Содержание безазотистых экстрактивных веществ было наибольшим у злаковых трав – от 42,17 до 46,91%, тогда как у люцерны жёлтой данный показатель составлял 35,80-36,36%, у травосмесей – 36,15-39,31%. Внесение фосфорно-калийного удобрения не оказывало существенного влияния на содержание БЭВ, однако отмечалась тенденция к их незначительному увеличению при внесении минерального удобрения в дозе $P_{60}K_{180}$ у люцерны жёлтой и травосмесей.

Обсуждение. Выявленное в ходе исследования преимущество бобово-злаковых травосмесей по продуктивности относительно одновидовых посевов согласуется с положениями концепции комплементарности, представленной в научных работах. В частности, исследования Тимошкина О.А. [12] и международный опыт [13] подтверждают, что смешанные посевы люцерны со злаковыми компонентами обеспечивают более стабильную и высокую продуктивность за счет рационального использования ресурсов (света, влаги, элементов питания) и снижения конкурентного давления. В условиях нашего опыта дополнительное значение имело фосфорно-калийное питание, которое способствовало реализации продуктивного потенциала как отдельных компонентов, так и их сочетаний.

Наиболее продуктивной оказалась люцерно-житняковая смесь. Высокую продуктивность люцерно-житняковой травосмеси можно связать с совокупным действием биологических особенностей её компонентов и условий минерального питания. Это объясняется, во-первых, высокой азотфиксирующей способностью люцерны жёлтой, которая создает благоприятные условия для азотного питания злакового компонента [2,4].

Вторым значимым фактором, вероятно определившим высокую продуктивность люцерно-житняковой травосмеси, является адаптивность житняка гребневидного к условиям дерново-подзолистой песчаной почвы. Согласно литературным данным [10, 11], культура отличается высокой засухоустойчивостью и способностью эффективно использовать ограниченные запасы почвенной влаги и элементов питания. Такие биологические особенности обеспечивают устойчивость житняка к неблагоприятным условиям увлажнения и, вероятно, способствовали сохранению высокого уровня продуктивности и урожайности травосмеси в 2022–2024 гг., характеризовавшихся значительной контрастностью погодных условий. При этом применение фосфорно-калийного удобрения могло способствовать более полной реализации адаптационного потенциала злакового компонента. В работе Бедило Н.А. при схожих условиях неустойчивого увлажнения житняк также демонстрировал урожайность превосходящую урожайность костреца [20].

Увеличение урожайности и кормовой продуктивности при переходе к более высокой дозе фосфорно-калийного удобрения ($P_{60}K_{180}$), закономерно связано с улучшением обеспеченности растений фосфором и калием. Полученная зависимость соответствует результатам исследований [7, 14], в которых также отмечена положительная роль фосфорно-калийного питания в повышении продуктивности культур на дерново-подзолистых почвах. Вместе с тем увеличение дозы удобрения не сопровождалось однозначным изменением показателей качества зелёной массы. В отличие от урожайности, которая характеризовалась устойчивой тенденцией к росту при усилении фосфорно-калийного питания, качественные характеристики кормовой массы изменялись разнонаправленно и зависели от вида культуры и состава травостоя.

Выявленная в опыте положительная реакция многолетних трав на фосфорно-калийное удобрение соответствует результатам исследований,

посвящённых оценке его влияния на урожайность, продуктивность и качество травостоев многолетних трав [7, 20]. Так, Красноперов установил увеличение урожайности многолетних трав на 51,1 % при применении фосфорно-калийного удобрения в дозе $P_{120}K_{120}$. В условиях нашего исследования более высокая доза калия при внесении $P_{60}K_{180}$ также обеспечила существенный прирост урожайности одновидовых посевов: у люцерны жёлтой — на 38,2 %, костреца безостого — на 55,4 %, житняка гребневидного — на 55,7 % относительно неудобренного контроля [21]. Таким образом, несмотря на различия в дозах фосфорно-калийного удобрения, почвенных и погодных условиях проведения опытов, оба исследования демонстрируют устойчивую тенденцию повышения урожайности многолетних трав при улучшении фосфорно-калийного питания. Различия в величине прибавки, вероятно, связаны с особенностями почвенных условий, метеорологического режима и биологической реакцией отдельных культур.

Заключение. Проведённые исследования подтверждают эффективность применения фосфорно-калийного удобрения на дерново-подзолистой песчаной почве как приёма повышения урожайности и кормовой продуктивности многолетних трав. Наиболее выраженный эффект отмечен при внесении удобрения в дозе $P_{60}K_{180}$: урожайность люцерны жёлтой достигла 38,0 т/га, что на 10,5 т/га превысило контрольный вариант, тогда как в люцерно-житняковой травосмеси данный показатель составлял 45,2 т/га. В этом же варианте люцерно-житняковая смесь обеспечивала максимальный сбор сырого протеина, кормовых единиц и обменной энергии — соответственно 1,45 т/га, 5,56 тыс. корм. ед./га и 83,1 ГДж/га.

При этом действие фосфорно-калийного удобрения на качественные характеристики зелёной массы не имело однонаправленного характера и определялось сочетанием уровня минерального питания и видового

состава травостоя. Наибольшее содержание сырого жира отмечено у костреца безостого — 2,89 %, сырой клетчатки — у люцерно-житняковой травосмеси — 33,40 %, безазотистых экстрактивных веществ — у житняка гребневидного — 46,91 %. Таким образом, повышение дозы фосфорно-калийного удобрения прежде всего способствовало росту количественных показателей продуктивности, тогда как формирование химического состава кормовой массы во многом зависело от биологических особенностей возделываемых культур и состава агрофитоценоза.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю Белоусу Н.М. за ценные консультации в рамках написания данной статьи, а также сотрудникам Новозыбковской СХОС — филиала ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» за помощь в проведении полевых опытов и лабораторных исследований.

Литература

1. Бурцева, Н. И. Кормовая продуктивность многолетних бобовых трав на орошаемых землях Нижнего Поволжья / Н. И. Бурцева, Д. К. Кулик, Е. И. Молоканцева, О. В. Головатюк // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 3 (71). – С. 86-96.
2. Спиридонов, А. М. Многолетние бобовые травы как источник биологического азота в земледелии / А. М. Спиридонов // Земледелие. – 2007. – № 3. – С. 14-15.
3. Шпаков, А.С. Средообразующая роль многолетних трав в Нечернозёмной зоне. / А.С. Шпаков // Кормопроизводство. – 2014. – № 9. – С. 12-17.
4. Ломов, М. В. Люцерна – высокобелковая кормовая культура / М. В. Ломов, Ю. М. Писковацкий // Адаптивное кормопроизводство. – 2021. – № 3. – С. 6-15.
5. Полевое кормопроизводство: учебное пособие для СПО / В. Е. Торилов, А. В. Дронов, О. В. Мельникова, А. А. Осипов; под ред. В. Е. Торилова. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 164 с. – ISBN 978-5-507-44144-0.
6. Косолапов, В. М. Многолетние травы для пастбищ, газонов и рекультивации: селекция и практика / В. М. Косолапов, С. И. Костенко, Е. В. Думачева, В. И. Чернявских // Кормопроизводство. – 2022. – № 10. – С. 14-17.
7. Воздействие агротехнических и агрохимических мероприятий на урожайность многолетних трав и плодородие почвы / Л. П. Харкевич, Н. М. Белоус, Е. В. Смольский, С. Ф. Чесалин // Плодородие. – 2013. – № 4(73). – С. 25-27.
8. Феоктистова, Н. А. Влияние возраста травостоя на урожайность зеленой массы костреца безостого (*Bromopsis inermis*) в Тюменской области / Н. А. Феоктистова // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2019. – Т. 180. – № 2. – С. 30-37.

9. Кригер, М. С. Формирование агрофитоценозов и продуктивность старовозрастных травостоев с кострцом безостым / М. С. Кригер, Н. В. Васина, С. А. Васин, Е. О. Трофимова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 1. – С. 63-71.

10. Шевчук, Н. И. Характеристика хозяйственно-ценных признаков житняка гребневидного при введении в культуру / Н. И. Шевчук, С. В. Жаркова //Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2024. – № 2-2 (89). – С. 103-105.

11. Деревянникова, М. В. Продуктивный потенциал коллекционных образцов житняка гребневидного в условиях Ставропольского края / М. В. Деревянникова, В. В. Чумакова, В. Ф. Чумаков, Т. М. Миронова // Зерновое хозяйство России. – 2021. – № 3 (75). – С. 3-7.

12. Тимошкин, О. А. Эффективность возделывания люцерны изменчивой и кострца безостого в чистом виде и смешанных посевах / О. А. Тимошкин // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2023. – Т. 24. – № 2. – С. 276-285.

13. Productivity and forage quality of smooth brome and alfalfa in monocultures and crop mixture in semiarid climate / R. A. Vozhehova, S. P. Goloborodko, P. V. Lykhovyd [and others] // Agrology. – 2025. – Vol. 8. – № 2. – P. 96-102.

14. Ториков, В. Е. Изучение минерального питания бобово-злаковых смесей / В. Е. Ториков, О. В. Мельникова, О. К. Шемяков // Агрохимический вестник. – 2007. – № 1. – С. 13-14.

15. Гринев, И. В. Влияние доз и сочетаний минеральных удобрений на урожай многолетних трав / И. В. Гринев, Л. В. Гринев // Молодежь и наука. – 2024. – № 4. – С. 34-41.

16. Фигурин, В. А. Выращивание многолетних трав на корм / В. А. Фигурин. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2013. – 188 с. – ISBN 978-5-7352-0129-8.

17. Сысуев, В. А. Адаптивная стратегия устойчивой продуктивности многолетних трав на Северо-Востоке европейской части России / В. А. Сысуев, В. А. Фигурин // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – № 12. – С. 79-82.

18. Использование смешанных травостоев в кормопроизводстве брянской области / Н. А. Капошко, С. А. Бельченко, В. Ф. Шаповалов [и др.] // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XVII Международной научной конференции. – Брянск: Брянский ГАУ (Кокино), 2020. – С. 356-366.

19. Методические основы полевых опытов с кормовыми культурами / А. С. Шпаков, Ю. К. Новоселов, Г. Д. Харьков [и др.]. – Москва : ФГБОУ ДПО РАКО АПК, 2024. – 332 с. – ISBN 978-5-93098-144-5.

20. Бедило, Н. А. Сравнительная урожайность долголетних злаковых и бобовых трав в одновидовых травостоях / Н. А. Бедило // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2025. – Т. 14, № 1. – С. 52-55.

21. Краснопёров, А. Г. Эффективное питание бобово-злаковых культур / А. Г. Краснопёров // JOURNAL OF AGRICULTURE AND ENVIRONMENT. – 2025. – № 11 (63). – С. 1-7.

References

1. Burtseva N.I., Kulik D.K., Molokantseva E.I., Golovatyuk O.V. Kormovaya produktivnost' mnogoletnikh bobovykh trav na oroshaemykh zemlyakh Nizhnego Povolzh'ya [Forage productivity of perennial legume grasses on irrigated lands of the Lower Volga region]. Izvestiya Nizhnevolzhskogo Agrouniversitetskogo Kompleksa: Nauka i Vysshee Professional'noe Obrazovanie. 2023;(3):86–96. (In Russ.)

2. Spiridonov A.M. Mnogoletnie bobovye travy kak istochnik biologicheskogo azota v zemledelii [Perennial legume grasses as a source of biological nitrogen in agriculture]. Zemledelie. 2007;(3):14–15. (In Russ.)
3. Shpakov A.S. Sredoobrazuyushchaya rol' mnogoletnikh trav v Nechernozemnoi zone [Environment-forming role of perennial grasses in the Non-Chernozem zone]. Kormoproizvodstvo. 2014;(9):12–17. (In Russ.)
4. Lomov M.V., Piskovatskii Yu.M. Lyutserna – vysokobelkovaya kormovaya kul'tura [Alfalfa as a high-protein forage crop]. Adaptivnoe Kormoproizvodstvo. 2021;(3):6–15. (In Russ.)
5. Torikov V.E., Dronov A.V., Mel'nikova O.V., Osipov A.A. Polevoe kormoproizvodstvo: uchebnoe posobie dlya SPO [Field forage production: textbook for vocational education]. Torikov V.E., editor. Saint Petersburg: Lan'; 2022. 164 p. ISBN 978-5-507-44144-0. (In Russ.)
6. Kosolapov V.M., Kostenko S.I., Dumacheva E.V., Chernyavskikh V.I. Mnogoletnie travy dlya pastbishch, gazonov i rekul'tivatsii: selektsiya i praktika [Perennial grasses for pastures, lawns and land reclamation: breeding and practice]. Kormoproizvodstvo. 2022;(10):14–17. (In Russ.)
7. Kharkevich L.P., Belous N.M., Smol'skii E.V., Chesalin S.F. Vozdeistvie agrotekhnicheskikh i agrokhimicheskikh meropriyatii na urozhainost' mnogoletnikh trav i plodorodie pochvy [Effect of agrotechnical and agrochemical practices on perennial grass yield and soil fertility]. Plodorodie. 2013;(4):25–27. (In Russ.)
8. Feoktistova N.A. Vliyanie vozrasta travostoya na urozhainost' zelenoi massy kostretsa bezostogo (*Bromopsis inermis*) v Tyumenskoj oblasti [Effect of stand age on green biomass yield of awnless brome (*Bromopsis inermis*) in the Tyumen Region]. Trudy po Prikladnoi Botanike, Genetike i Seleksii. 2019;180(2):30–37. (In Russ.)
9. Kriger M.S., Vasina N.V., Vasin S.A., Trofimova E.O. Formirovanie agrofytotsenozov i produktivnost' starovozrastnykh travostoev s kostretsom bezostym [Formation of agrophytocenoses and productivity of old awnless brome grass stands]. Izvestiya Samarskoi Gosudarstvennoi Sel'skokhozyaistvennoi Akademii. 2024;(1):63–71. (In Russ.)
10. Shevchuk N.I., Zharkova S.V. Kharakteristika khozyaistvenno-tsennykh priznakov zhitnyaka grebnevidnogo pri vvedenii v kul'turu [Characteristics of economically valuable traits of crested wheatgrass during its introduction into cultivation]. Mezhdunarodnyi Zhurnal Gumanitarnykh i Estestvennykh Nauk. 2024;2-2(89):103–105. (In Russ.)
11. Derevyannikova M.V., Chumakova V.V., Chumakov V.F., Mironova T.M. Produktivnyi potentsial kolleksionnykh obraztsov zhitnyaka grebnevidnogo v usloviyakh Stavropol'skogo kraja [Productive potential of collection accessions of crested wheatgrass under the conditions of the Stavropol Territory]. Zernovoe Khozyaistvo Rossii. 2021;3(75):3–7. (In Russ.)
12. Timoshkin O.A. Effektivnost' vzdelyvaniya lyutserny izmenchivoi i kostretsa bezostogo v chistom vide i smeshannykh posevakh [Efficiency of cultivating variable alfalfa and awnless brome in pure and mixed stands]. Agrarnaya Nauka Evro-Severo-Vostoka. 2023;24(2):276–285. (In Russ.)
13. Vozhehova R.A., Goloborodko S.P., Lykhovyd P.V., et al. Productivity and forage quality of smooth brome and alfalfa in monocultures and crop mixture in semiarid climate. Agrology. 2025;8(2):96–102.
14. Torikov V.E., Mel'nikova O.V., Shemyakov O.K. Izuchenie mineral'nogo pitaniya bobovo-zlakovykh smesei [Mineral nutrition of legume–grass mixtures]. Agrokhimicheskii Vestnik. 2007;(1):13–14. (In Russ.)

15. Grinets I.V., Grinets L.V. Vliyanie doz i sochetanii mineral'nykh udobrenii na urozhai mnogoletnikh trav [Effect of fertilizer rates and combinations on the yield of perennial grasses]. *Molodezh' i Nauka*. 2024;(4):34–41. (In Russ.)

16. Figurin V.A. Vyrashchivanie mnogoletnikh trav na korm [Cultivation of perennial grasses for forage]. Kirov: NIISKh Severo-Vostoka; 2013. 188 p. ISBN 978-5-7352-0129-8. (In Russ.)

17. Sysuev V.A., Figurin V.A. Adaptivnaya strategiya ustoichivoi produktivnosti mnogoletnikh trav na Severo-Vostoke evropeiskoi chasti Rossii [Adaptive strategy for sustainable productivity of perennial grasses in the North-East of the European part of Russia]. *Dostizheniya Nauki i Tekhniki APK*. 2016;30(12):79–82. (In Russ.)

18. Kaposhko N.A., Bel'chenko S.A., Shapovalov V.F., et al. Ispol'zovanie smeshannykh travostoev v kormoproizvodstve Bryanskoi oblasti [Use of mixed grass stands in forage production of the Bryansk Region]. In: *Agroekologicheskie aspekty ustoichivogo razvitiya APK: materialy XVII Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii* [Agroecological aspects of sustainable development of the agro-industrial complex: Proceedings of the XVII International Scientific Conference]. Bryansk: Bryanskii GAU (Kokino); 2020. P. 356–366. (In Russ.)

19. Shpakov A.S., Novoselov Yu.K., Kharkov G.D., Volovik V.T., Truzina L.A., Prologova T.V., Ulanov A.N., Laretin N.A., Sergeeva S.E., Usoltseva T.G. Metodicheskie osnovy polevykh opytov s kormovymi kul'turami [Methodological foundations of field experiments with forage crops]. Moscow: FGOU DPO RAKO APK; 2024. 332 p. ISBN 978-5-93098-144-5. (In Russ.)

20. Bedilo N.A. Sravnitel'naya urozhaynost' dolgoletnikh zlakovykh i bobovykh trav v odnovidovykh travostoyakh [Comparative productivity of long-term cereal and legume grasses in single-species grass stands]. *Sbornik nauchnykh trudov Krasnodarskogo nauchnogo tsentra po zootekhnii i veterinarii*. 2025;14(1):52-55. (In Russ.)

21. Krasnoperov A.G. Effektivnoe pitanie bobovo-zlakovykh kul'tur [Effective nutrition of legume-cereal crops]. *JOURNAL OF AGRICULTURE AND ENVIRONMENT*. 2025;(11(63)):1–7. (In Russ.)