

**ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕНАЖНОЙ МАССЫ ОДНОЛЕТНИХ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ
СМЕСЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОСТАВА И ЭЛЕМЕНТОВ АГРОТЕХНОЛОГИИ
В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ
В ЦЕНТРАЛЬНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ**

С.М. ТИМОШЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук
В.В. КОНОНЧУК*, доктор сельскохозяйственных наук, E-mail: vadimkononchuk@yandex.ru
В.Д. ШТЫРХУНОВ, кандидат сельскохозяйственных наук,
В.Ф. КИРДИН, доктор сельскохозяйственных наук,
Е.А. ТУЛИНОВА, кандидат биологических наук,
О.А. ЩУКЛИНА*, **П.М. КОНОРЕВ***, **Е.В. БЕЛЯЕВ****, кандидаты сельскохозяйственных наук

ФГБНУ ФИЦ «НЕМЧИНОВКА»

* ФГБУН ГЛАВНЫЙ БОТАНИЧЕСКИЙ САД ИМЕНИ Н.В. ЦИЦИНА РАН

** ООО «ЛЕБОЗОЛ ВОСТОК»

***Аннотация.** В статье представлены результаты 7-летних исследований по реакции однолетних бобово-злаковых смесей, выращиваемых на сенаж, на изменение метеорологических условий за период посев – укосная спелость, применение минеральных удобрений и их сочетания с некорневыми подкормками биостимуляторами с микроэлементами.*

Вико- и горохо-злаковые смеси с участием яровой пшеницы и овса формировали продуктивность максимального уровня при избыточном увлажнении (ГТК >2,5), обеспечивал получение 11-14 т/га сухой массы с накоплением 1,9-2,7 т/га сырого протеина с энергетической питательностью 10,2-10,7 МДж/кг в варианте с предпосевным внесением N₃₀₋₄₅ на фоне P₅₀K₇₅. Для люпино-злаковых смесей различного состава предпочтительнее были условия увлажнения, близкие к средним многолетним значениям (ГТК 1,30,) – урожайность 7,2-8,2 т/га, накопление сырого протеина 0,94-1,16 т/га при энергетической питательности 8,9-9,6 МДж/кг создавались на естественном азотном фоне при осеннем внесении P₆₀K₆₀.

Изменение влагообеспеченности в сторону от оптимума снижало продуктивность бобово-злаковых смесей и требовало увеличения дозы азотного удобрения для достижения наиболее высоких показателей.

Влияние сочетания удобрений и биостимуляторов на продуктивность люпино-злаковых смесей в близких к средним многолетним условиях увлажнения (2023-2024 гг., ГТК 1,27) носило противоречивый характер. Необходимо продолжение исследований при иной влагообеспеченности с расширением состава смешанных посевов и ассортимента биостимуляторов.

Ключевые слова: бобово-злаковые смеси, Центральное Нечерноземье, гидротермический коэффициент, продуктивность, удобрение, биостимуляторы.

Для цитирования: Тимошенко С.М., Конончук В.В., Штырхунов В.Д., Кирдин В.Ф., Тулинова Е.А., Щуклина О.А., Конорев П.М., Беляев Е.В. Продуктивность сенажной массы однолетних бобово-злаковых смесей в зависимости от состава и элементов агротехнологии в условиях климатических изменений в Центральном Нечерноземье. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025; 3(55):67-79. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-3-5-67-79

**PRODUCTIVITY OF HAYLAGE MASS OF ANNUAL LEGUM-CEREALS MIXTURES
DEPENDING ON THE COMPOSITION AND ELEMENTS OF AGROTECHNOLOGY
UNDER CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE IN THE CENTRAL NON-BLACK
EARTH REGION**

S.M. Timoshenko, V.V. Kononchuk*, V.D. Shtyrkhunov, V.F. Kirdin, E.A. Tulinova, O.A. Shchuklina*, P.M. Konorev*, E.V. Belyaev**

FEDERAL STATE BUDGETARY RESEARCH CENTER "NEMCHINOVKA"

* FGBUN MAIN BOTANICAL GARDEN NAMED AFTER N.V. TSITSIN

OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

** LLC «LEBOZOL VOSTOK»

Abstract: *The article presents the results of 7-year studies on the reaction of annual legume-cereal mixtures grown for haylage to changes in meteorological conditions during the period of sowing - mowing maturity, the use of mineral fertilizers and their combination with non-root feeding with biostimulants with microelements.*

Vetch and pea-cereal mixtures with spring wheat and oats formed the maximum productivity level under excessive moisture ($HTC > 2.5$), provided the production of 11-14 t/ha of dry mass with the accumulation of 1.9-2.7 t/ha of crude protein with the energy value of 10.2-10.7 MJ/kg in the variant with pre-sowing application of N_{30-45} against the background of $P_{50}K_{75}$. For lupine-cereal mixtures of various compositions, moisture conditions close to the average long-term values (HTC 1.30) were preferable - the yield of 7.2-8.2 t/ha, the accumulation of crude protein of 0.94-1.16 t/ha with the energy value of 8.9-9.6 MJ/kg were created against a natural nitrogen background with the autumn application of $P_{60}K_{60}$.

Changes in moisture supply away from the optimum reduced the productivity of legume-cereal mixtures and required an increase in the dose of nitrogen fertilizer to achieve the highest indicators.

The effect of a combination of fertilizers and biostimulants on the productivity of lupine-cereal mixtures under near-average perennial moisture conditions (2023-2024, HTC 1.27) was contradictory. It is necessary to continue research under different moisture supply with an expansion of the composition of mixed crops and the range of biostimulants.

Keywords: legume-cereal mixtures, Central Non-Black Earth Region, hydrothermal coefficient, productivity, fertilizer, biostimulants.

Изменение климата представляет собой одну из самых серьезных угроз для сельского хозяйства, вследствие дестабилизации продуктивности и устойчивости агроэкосистем [1]. В условиях Центрального Нечерноземья, где климатические условия характеризуются высокой изменчивостью, особенно актуальной становится задача оптимизации агрономических практик для обеспечения стабильного производства кормов [2]. Однолетние бобово-злаковые смеси, благодаря своей способности фиксировать атмосферный азот и улучшать структуру почвы, становятся важным элементом агрономического ландшафта, способствуя повышению продуктивности и устойчивости сельскохозяйственных систем [3, 4].

В последние годы внимание ученых сосредоточено на изучении влияния гидротермических условий, минеральных удобрений и биостимуляторов на рост и развитие смешанных бобово-злаковых посевов. Исследования показывают, что правильный выбор агротехнических приемов может существенно повысить как количественные, так и качественные показатели урожая [5]. В частности, использование биостимуляторов на основе аминокислот с микроэлементами, демонстрирует положительное влияние на стрессоустойчивость растений, особенно в условиях засухи [6].

Цель исследования – анализ влияния гидротермических условий, минеральных удобрений и биостимуляторов на урожайность и качество сенажной массы вико-горохо- и люпино-злаковых смесей на дерново-подзолистых почвах Центрального Нечерноземья. Исследование направлено на оценку воздействия минеральных удобрений и

Методы исследования

Исследования проводили в 2017-2024 годах на опытном поле ФИЦ «Немчиновка», расположенном в Новой Москве, рядом с аэропортом «Внуково». Оценка питательности получаемой кормовой продукции производилась специалистами ФГБУН «Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН».

Почва – дерново-подзолистая среднесуглинистая на моренном суглинке средней окультуренности. Пахотный (0-20 см) слой ее характеризуется повышенной и высокой (IV-V класс) обеспеченностью подвижным фосфором и калием, слабокислой реакцией среды и содержанием гумуса в диапазоне 1,4-2,1%. Предшественник – озимые и яровые зерновые.

Средние дозы фосфорных и калийных удобрений в опыте с вико- и горохо-злаковыми смесями $P_{50}K_{75}$ с колебаниями в разные годы от 30 до 100 кг/га и от 30 до 120 кг/га соответственно. Дозы азота составляли: 0, 30, 45 кг/га N. В опыте с люпино-злаковыми смесями дозы P_2O_5 и K_2O составляли по 60 кг/га д.в., азота – 50 кг/га.

Соотношение семян компонентов в опыте с викой и горохом 50:50% от полной нормы высева, в опыте с люпином – злаковый компонент 50% от полной нормы, люпин – 1,6 млн/га.

Посев осуществлялся в оптимальные сроки (конец апреля – начало мая) протравленными семенами сортов современного периода селекции ФИЦ «Немчиновка». Бобовый компонент в день посева обрабатывали раствором молибденовокислого аммония и активным штаммом N_2 – фиксирующих бактерий (ВНИИСХМ, г. Пушкин). Защита растений в течение вегетации включала обработку посевов инсекто-фунгицидной смесью (Борей Нео + Колосаль Про) в фазе трех пар настоящих листьев, с повторной обработкой инсектицидом в фазе бутонизации. В 2018-2020 годах в баковые смеси добавляли стимулятор роста Гумистим Zn, B, а в 2022-2024 годах комплекс препаратов органической природы с ростостимулирующим и антистрессовым эффектом (аминокислоты, пептиды, микроэлементы).

Площадь элементарной делянки в опытах составляла 40-60 м², повторность четырехкратная. Учет сенажной массы проводили через 30 дней после последней обработки пестицидами в фазе побурения бобов вики и гороха, «зеленый боб» у люпина с помощью навесной миникосилки роторного типа. В 2019 и 2021 годах из-за сильной засухи урожай сенажной массы смесей с участием гороха и пелюшки не учитывали, а посевы оставили до полного созревания зерна.

Агрохимический анализ почвы и растительной массы по компонентам проводили в сертифицированной лаборатории массовых анализов института с использованием методик и ГОСТов, принятых в Агрохимической службе. Дисперсионный анализ урожайности (в пересчете на сухое вещество) выполняли по программе «Statgraf» (ВИУА, 1992).

Разработка схем опытов, программы исследований и наблюдений осуществлялась с использованием рекомендаций, изложенных в руководствах: «Опытное дело в полеводстве, 1982)», «Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, 1985, «Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований, (Б.А. Доспехов, 1985».

Результаты и обсуждение

Гидротермический коэффициент (ГТК) по Селянинову, рассчитанный за период от посева до укосной спелости (с 1-й декады мая до середины июля), демонстрирует значительные колебания, что указывает на изменчивость климатических условий в исследуемые годы (табл. 1). В 2017 и 2020 годах условия увлажнения в период формирования укосной массы характеризовались избыточным увлажнением (ГТК 2,97-3,07), 2018 и 2024 годы по этому показателю приближались к среднему многолетнему (ГТК 1,27-1,30) и 1,49 соответственно. Однако отсутствие осадков на конечном этапе формирования биомассы и повышенный температурный режим в 2024 году (ГТК 0,20 против 1,62) не позволили сформировать высокую урожайность. Вегетационные периоды 2019, 2022 и 2023 годов характеризовались недостаточной влагообеспеченностью (ГТК 1,00-1,20). Однако в

Таблица 1

Гидротермические условия за период посев-укосная спелость. ГТК по Селянинову

Год	2017	2018	2019	2020	2022	2023	2024	Средний многолетний
ГТК	2,97	1,30	1,00	3,07	1,15	1,20	1,27	1,49

Исследованиями установлено, что для бобово-злаковых смесей с участием яровой вики и посевного гороха наиболее благоприятные условия для формирования урожайности сухой массы и показателей продуктивности создавались при ГТК 2,97-3,07 (избыточное увлажнение). Они обеспечивали получение 10,4 и 11,2 т/га сухой массы, в которой накапливалось 1,54 и 1,83 т/га сырого, 1,09 и 1,30 т/га переваримого протеина, 100,4 и 111,8 ГДж/га обменной энергии. При пониженной влагообеспеченности (ГТК 1,27-1,30) и в условиях умеренной засушливости (ГТК 1,00-1,27) величины рассматриваемых показателей снижались у смеси вики с яровыми зерновыми на 20-54%, у горохо-злаковых – на 39-64% в зависимости от показателя. У обеих смесей в наибольшей степени уменьшалось накопление сырого и переваримого протеина -40% и -57%, -45% и -72%. Протеиновая и энергетическая питательность корма со снижением влагообеспеченности также ухудшалась от I-II классов качества до III класса и ниже (табл. 2).

Для люпино-злаковой смеси наиболее благоприятные условия отмечались при ГТК 1,27-1,30 (пониженная влагообеспеченность). При этом урожайность составляла в среднем 9,61 т/га, сбор протеина 1,11 и 0,67 т/га, обменной энергии 86,9 ГДж/га, а корм характеризовался протеиновой и энергетической питательностью на уровне III класса качества. Как повышение, так и дальнейшее снижение влагообеспеченности оказывало отрицательное влияние на величины рассматриваемых показателей: -36% и -33% по урожайности, -40% и -16% по накоплению сырого, -42 и -6% переваримого протеина. Существенно уменьшалось и накопление обменной энергии (-39% и -32%) соответственно по режимам увлажнения.

Уменьшение продуктивности изучаемых бобово-злаковых смесей при отклонении от оптимума было обусловлено аналогичным изменением доли бобового компонента: у вико- и горохо-злаковых посевов с 66% и 79% до 19-21% и до 25-39% соответственно, а у люпино-злаковой смеси с 53% до 45-46% (табл. 2).

В условиях переувлажнения, благоприятных для смешанных посевов с участием вики, гороха и пелюшки, но очень неблагоприятных для люпино-злаковых (ГТК 2,97-3,07), все изучаемые смеси положительно отзывались на внесение азотного удобрения.

В зависимости от состава их влияние носило линейный или затухающий характер. В первом случае в посевах с участием гороха Немчиновской 100 и пелюшки Флора 2 с яровой пшеницей Злата при очень высокой эффективности азота, для формирования продуктивности максимального уровня требовалось внесение N_{45} на фоне $P_{50}K_{75}$, обеспечившее получение 9,38-12,96 т/га сухой сенажной массы с накоплением в ней 1,4-,19 т/га сырого, 1,0-1,3 т/га переваримого протеина и 91-125 ГДж/га обменной энергии с питательностью корма соответствующей первому классу качества. Прибавки к фосфорно-калийному фону достигали 62-110% в зависимости от показателя.

Люпино-злаковые смеси, при существенно меньшей продуктивности, наиболее высокие показатели создавали при предпосевном внесении 50 кг/га N на фоне $P_{60}K_{60}$: урожайность 6,2-8,0 т/га, накопление протеина 0,63-0,91 т/га (сырой), 0,32-0,54 т/га (переваримый), обменная энергия 54,0-71,0 ГДж/га, что было на 15-61% выше аналогичных значений на фоновом варианте.

Среди них лучшими показателями выделялась смесь люпина с овсом с урожайностью 8,0 т/га сухой массы, накопленном в ней 0,91 т/га сырого и 0,54 т/га переваримого протеина, 71,0 ГДж/га обменной энергии.

Урожайность и качество сенажной массы бобово-злаковых смесей в зависимости от гидротермических условий в период посев – укосная спелость

Показатели		ГТК	Год	Вика яровая + яровые зерновые	Горох посевной + яровые зерновые	Люпин узколистый + яровые зерновые
Урожайность сухой массы, т/га		2,97-3,07	2017, 2020	10,39	11,19	6,15
		1,27-1,30	2018,2023	7,07	6,80	9,61
		1,00-1,27	2019, 2022,2024	8,36	6,80	6,41
Доля бобового компонента, %		2,97-3,07	2017, 2020	66	79	45
		1,27-1,30	2018,2023	21	39	53
		1,00-1,27	2019, 2022,2024	19	25	46
Сбор протеина, т/га	Сырого	2,97-3,07	2017, 2020	1,54	1,83	0,67
		1,27-1,30	2018,2023	0,93	0,78	1,11
		1,00-1,27	2019, 2022,2024	0,90	0,78	0,93
	Переваримого	2,97-3,07	2017, 2020	1,09	1,30	0,39
		1,27-1,30	2018,2023	0,60	0,47	0,67
		1,00-1,27	2019, 2022,2024	0,51	0,47	0,63
Накопление обменной энергии, ГДж/га		2,97-3,07	2017, 2020	100,4	111,8	53,2
		1,27-1,30	2018,2023	67,7	61,2	86,9
		1,00-1,27	2019, 2022,2024	74,8	60,1	58,7
Обеспеченность 1 кг сухой массы	Сырым протеином, г	2,97-3,07	2017, 2020	148	164	109
		1,27-1,30	2018,2023	132	115	116
		1,00-1,27	2019, 2022,2024	108	115	145
	Переваримым протеином, г	2,97-3,07	2017, 2020	105	116	63
		1,27-1,30	2018,2023	85	69	70
		1,00-1,27	2019, 2022,2024	61	69	98
	Обменной энергией, МДж	2,97-3,07	2017, 2020	9,66	9,99	8,65
		1,27-1,30	2018,2023	9,58	9,00	9,04
		1,00-1,27	2019, 2022,2024	8,95	8,84	9,16

Во втором случае для формирования продуктивности максимального уровня смеси вики с овсом и гороха Немчиновский 50 с яровой пшеницей было достаточно меньшей из изучаемых доз азота – 30 кг/га N. Ее внесение способствовало получению 11,11 т/га сухой массы вики с овсом с накоплением в ней 1,92 т/га сырого и 1,43 т/га переваримого протеина, 113,0 ГДж/га обменной энергии или +32-64% к фону РК.

Горохо-злаковая смесь отличалась более высокой продуктивностью, обеспечивая получение 13,78 т/га сухой массы, 2,72 т/га сырого протеина и 2,04 т/га переваримого, 147,0 ГДж/га обменной энергии (+45-92% к аналогичным значениям фонового варианта).

Как правило, увеличение продуктивности рассматриваемых смесей достигалось за счет роста доли злакового компонента в конечном урожае и повышения концентрации общего азота в надземной массе обоих компонентов. В отдельных случаях (вика + овес, люпин + ячмень) применение минерального азота повышало долю бобового компонента (табл. 3-5)

При снижении влагообеспеченности посевов до уровня, близкого к среднему многолетнему (1,27-1,30), сопровождавшемся уменьшением сбора сухой массы, протеина и энергии вико-злаковых смесей (табл. 2) для формирования показателей максимального уровня по урожайности 7,6-8,8 т/га, накоплению протеина 0,91-1,061 (сырой) – 0,56-0,68 (переваримый), обменной энергии 69,1-82,0 ГДж/га также требовалось применение минерального азотного удобрения в дозах N₃₀₋₄₅ на фосфорно-калийном фоне.

Эффективность азота в зависимости от состава смешанных посевов и показателей продуктивности изменялась в диапазоне от 0-14% до 26-100%. Повышение дозы N до N₄₅ в опыте с вико-злаковыми смесями не приводило к дальнейшему росту рассматриваемых показателей.

Наибольшей отзывчивостью на азот удобрений при пониженной влагообеспеченности выделялся смешанный посев гороха посевного Немчиновский 100 с яровой пшеницей. Прибавка урожайности при этом составила 62%, накопления протеина 84-100%, обменной энергии 67% (табл. 4-5). Люпино-злаковым смесям для получения сопоставимого уровня продуктивности дополнительного внесения азотного удобрения не требовалось (табл. 5).

Следует отметить, что положительное влияние указанных доз азота на продуктивность вико- и горохо-злаковых смесей проявлялось как за счет увеличения доли злакового компонента в конечном урожае (вика+пшеница, горох Немчиновский 100+пшеница), так и вследствие роста доли бобового компонента (горох Немчиновский 50 и пелюшка Флора 2 с яровой пшеницей). Но, в обоих случаях предпосевное применение азота приводило к росту концентрации общего азота в биомассе как злакового, так и бобового компонентов. (табл. 3-4).

В условиях умеренной засушливости (ГТК 1,00-1,27) максимальными величинами продуктивности выделялась смесь вики с яровой пшеницей, где сбор сухой массы в зависимости от удобрений варьировал в диапазоне 8,07-9,17 т/га, накопление сырого протеина – в пределах 0,77-1,09 т/га, переваримого 0,45-0,70 т/га, обменной энергии 62,3-81,2 ГДж/га. Показатели максимального уровня создавались на естественном азотном фоне без дополнительного внесения азота удобрений при питательной ценности корма в пределах 3-го класса качества (табл. 3). Люпино-злаковые смеси с урожайностью, изменявшейся в зависимости от состава и удобрений в пределах 5,11-8,18 т/га, по показателям продуктивности превосходили смеси с участием яровой вики. В урожае сухой массы накапливалось от 0,73- т/га до 1,39 т/га сырого протеина и 0,49-1,00 т/га переваримого, 40,2-80,7 ГДж/га обменной энергии. Продуктивность максимального уровня смешанных посевов с участием люпина и яровой пшеницы, люпина и ячменя создавалась в варианте полного минерального удобрения и составляла по урожайности 8,18 т/га и 7,09 с накоплением сырого и переваримого протеина 1,39 и 1,00 т/га, 1,00 и 0,67 т/га обменной энергии 80,7 и 63,6 ГДж/га (+51%, 66, 72, 56% и + 39, 37, 37, 58% к фону РК соответственно по показателям и составу травосмесей. Питательность корма по протеину соответствовала I-II классам качества, по энергии – I-III. Люпино-овсяная смесь продуктивность близкого уровня создавала на естественном азотном фоне без дополнительного внесения азота удобрений при протеиновой и энергетической питательности корма второго класса качества (табл. 5).

Таким образом, расширение биоразнообразия однолетних бобовых смесей, корректировка агротехнологии их возделывания на сенаж в условиях изменяющегося климата Центрального Нечерноземья с учетом выявленных в опыте особенностей влияния удобрений на урожайность сухой массы и ее продуктивность в зависимости от состава, позволит сельхозтоваропроизводителям целенаправленно управлять процессом формирования урожая, повысит устойчивость полевого кормопроизводства, увеличит его качественные характеристики.

Таблица 3

Влияние предпосевного внесения азота на урожайность сухой массы и показатели продуктивности вико-злаковых смесей различного состава в условиях изменяющейся влагообеспеченности. 2017-2019 гг.

Показатели		Удобрение											
		P ₅₀ K ₇₅				N ₃₀ P ₅₀ K ₇₅				N ₄₅ P ₅₀ K ₇₅			
		Вика яровая + овес		Вика яровая + пшеница яровая		Вика яровая + овес		Вика яровая + пшеница яровая		Вика яровая + овес		Вика яровая + пшеница яровая	
		ГТК											
		2,97	1,00	1,00	1,30	2,97	1,00	1,00	1,30	2,97	1,00	1,00	1,30
Урожайность, т/га *)		<u>8,41</u> 62	<u>8,54</u> 18	<u>9,17</u> 14	<u>5,96</u> 66	<u>11,11</u> 83	<u>9,08</u> 26	<u>8,07</u> 28	<u>8,85</u> 51	<u>11,64</u> 54	<u>9,19</u> 14	<u>7,50</u> 13	<u>6,40</u> 30
НСР ₀₅ , т/га						0,69	1,44	0,40	1,09				
Сбор протеина, т/га	сырого	1,24	0,74	1,09	0,93	1,92	0,91	0,87	1,06	1,47	1,01	0,77	0,80
	переваримого	0,87	0,38	0,70	0,67	1,43	0,52	0,52	0,68	0,97	0,62	0,45	0,52
Накопление обменной энергии, ГДж/га		80,0	71,4	81,2	57,8	113,0	78,5	70,9	82,6	108,1	81,0	64,8	62,3
Обеспеченность 1 кг сухой массы	сырым протеином, г	147	87	119	156	173	100	108	120	126	110	103	125
	Обменной энергией, МДж	9,51	8,36	8,85	9,70	10,17	8,64	8,79	9,33	9,29	8,81	8,64	9,73

Таблица 4

Влияние предпосевного внесения азота на урожайность сухой массы и показатели продуктивности горохо-злаковых смесей различного состава в условиях изменяющейся влагообеспеченности. 2017-2018 гг.

Показатели		Удобрение																	
		P ₅₀ K ₇₅						N ₃₀ P ₅₀ K ₇₅						N ₄₅ P ₅₀ K ₇₅					
		ГТК																	
		2,97			1,30			2,97			1,30			2,97			1,30		
		Состав смеси																	
		горох Немчиновский 100 + пшеница яровая	горох Немчиновский 50 + пшеница яровая	горох Флора 2 + пшеница яровая	горох Немчиновский 100 + пшеница яровая	горох Немчиновский 50 + пшеница яровая	горох Флора 2 + пшеница яровая	горох Немчиновский 100 + пшеница яровая	горох Немчиновский 50 + пшеница яровая	горох Флора 2 + пшеница яровая	горох Немчиновский 100 + пшеница яровая	горох Немчиновский 50 + пшеница яровая	горох Флора 2 + пшеница яровая	горох Немчиновский 100 + пшеница яровая	горох Немчиновский 50 + пшеница яровая	горох Флора 2 + пшеница яровая	горох Немчиновский 100 + пшеница яровая	горох Немчиновский 50 + пшеница яровая	горох Флора 2 + пшеница яровая
Урожайность, т/га*)	8,01 69	9,52 94	5,50 87	4,84 35	6,47 20	5,83 56	10,96 78	13,78 94	6,21 85	7,11 13	7,15 27	6,99 75	12,96 59	11,91 81	9,38 88	7,82 30	8,13 24	6,82 65	
НСР ₀₅ , т/га								1,14	1,29	0,79	0,73	1,56	0,82						
Сбор протеина, т/га	сырого	0,98	1,51	0,80	0,49	0,71	0,68	1,64	2,72	0,90	0,81	0,74	0,82	1,89	2,26	1,41	0,90	0,96	0,87
	переваримого	0,61	1,06	0,54	0,27	0,42	0,41	1,12	2,04	0,61	0,48	0,42	0,53	1,28	1,68	0,97	0,54	0,59	0,56
Накопление обменной энергии, ГДж/га		73,3	94,1	52,8	42,2	52,7	52,8	106,3	47,0	54,6	63,9	62,8	59,3	124,7	125,7	91,0	70,4	73,8	63,2
Обеспеченность 1 кг сухой массы	сырым протеином, г	122	159	146	101	110	117	150	197	145	114	104	117	146	190	150	115	118	128
	Обменной энергией, МДж	9,15	9,88	9,60	8,72	8,14	9,06	9,70	10,67	8,79	8,99	8,78	8,48	9,62	10,55	9,70	9,00	9,08	9,27

Примечание: в знаменателе доля бобового компонента, % (тоже и в таблицах 4-6)

Таблица 5

Влияние предпосевного внесения азота на урожайность сухой массы и показатели продуктивности люпино-злаковых смесей различного состава в условиях изменяющейся влагообеспеченности. 2017-2020 гг., 2022-2024 гг.

Состав смеси	ГТК, год	Удобрение							
		P ₆₀ K ₆₀				N ₅₀ P ₆₀ K ₆₀			
		Показатели							
		Урожайность, т/га *)	Сбор протеина, т/га		Накопление обменной энергии, ГДж/га	Урожайность, т/га *)	Сбор протеина, т/га		Накопление обменной энергии, ГДж/га
Сырого	Переваримого		Сырого	Переваримого					
Люпин + пшеница яровая НСР ₀₅ , т/га 0,92	2,97-3,02	<u>5,68</u> 30	0,64	0,38	49,4	<u>6,83</u> 19	0,63	0,32	56,6
Люпин + ячмень НСР ₀₅ , т/га 0,55	2017, 2020	<u>5,00</u> 54	0,60	0,37	44,9	<u>6,16</u> 46	0,71	0,43	54,0
Люпин + овес НСР ₀₅ , т/га 0,58		<u>5,00</u> 56	0,58	0,35	44,2	<u>8,00</u> 39	0,91	0,54	71,0
Люпин + пшеница яровая НСР ₀₅ , т/га 0,85	1,27-1,30	<u>7,98</u> 58	1,05	0,69	71,8	<u>9,10</u> 45	0,94	0,53	82,5
Люпин + ячмень НСР ₀₅ , т/га 1,64	2018, 2023	<u>8,18</u> 48	0,94	0,57	72,6	<u>8,79</u> 60	0,88	0,48	74,9
Люпин + овес НСР ₀₅ , т/га 0,44		<u>7,24</u> 72	1,16	0,81	69,9	<u>8,18</u> 44	1,10	0,72	75,6
Люпин + пшеница яровая НСР ₀₅ , т/га 0,58	1,00-1,27	<u>5,43</u> 48	0,84	0,58	51,9	<u>8,18</u> 37	1,39	1,00	80,7
Люпин + ячмень НСР ₀₅ , т/га 0,65	2019, 2022, 2024	<u>5,11</u> 49	0,73	0,49	40,2	<u>7,09</u> 38	1,00	0,67	63,6
Люпин + овес НСР ₀₅ , т/га 0,88		<u>6,92</u> 44	0,98	0,66	65,0	<u>6,29</u> 34	0,96	0,65	60,7

Примечание: в знаменателе доля бобового компонента, % (тоже и в таблицах 4-6)

Таблица 6

Влияние некорневых подкормок биостимуляторами на урожайность сухой массы и продуктивность люпино-злаковых смесей в разных метеорологических условиях

Показатели		Удобрение «А»	2023 г.						2024 г.					
			Некорневые подкормки биостимуляторами, – / + «В»											
			–			+			–			+		
			Люпин + пшеница яровая	Люпин + ячмень	Люпин + овес голозерный	Люпин + пшеница яровая	Люпин + ячмень	Люпин + овес голозерный	Люпин + пшеница яровая	Люпин + ячмень	Люпин + овес голозерный	Люпин + пшеница яровая	Люпин + ячмень	Люпин + овес голозерный
Урожайность, т/га *)		P ₆₀ K ₆₀	<u>7,61</u> 61	<u>8,27</u> 62	<u>6,97</u> 77	<u>9,18</u> 56	<u>9,32</u> 44	<u>8,32</u> 79	<u>6,72</u> 58	<u>7,37</u> 47	<u>6,72</u> 67	<u>5,90</u> 67	<u>7,99</u> 38	<u>6,67</u> 68
		N ₅₀ P ₆₀ K ₆₀	<u>10,62</u> 38	<u>10,18</u> 36	<u>9,19</u> 57	<u>13,11</u> 38	<u>11,75</u> 31	<u>11,40</u> 58	<u>5,68</u> 55	<u>6,32</u> 38	<u>5,76</u> 51	<u>4,50</u> 62	<u>6,91</u> 52	<u>6,38</u> 56
НСР ₀₅ , т/га		A= B=	1,79 1,04	1,64 0,67	0,44 1,06				0,64 0,64	0,80 F _{ф.} >F _т	F _{ф.} >F _т F _{ф.} >F _т	для частных различий 0,76		
Сбор протеина, т/га	сырого	P ₆₀ K ₆₀	1,02	0,96	1,20	1,12	0,99	1,43	1,00	0,87	1,02	0,90	0,94	0,96
		N ₅₀ P ₆₀ K ₆₀	1,11	0,99	1,28	1,33	0,92	1,51	0,80	0,72	0,70	0,75	0,86	0,65
	переваримого	P ₆₀ K ₆₀	0,67	0,58	0,87	0,70	0,57	1,03	0,68	0,53	0,70	0,62	0,57	0,65
		N ₅₀ P ₆₀ K ₆₀	0,63	0,53	0,85	0,74	0,40	0,98	0,54	0,43	0,44	0,54	0,54	0,36
Накопление обменной энергии, ГДж/га		P ₆₀ K ₆₀	70,6	73,5	69,9	82,7	81,1	83,3	63,6	65,2	64,0	56,3	70,6	62,4
		N ₅₀ P ₆₀ K ₆₀	92,0	86,7	85,9	112,6	95,6	92,2	52,8	55,3	52,5	44,2	62,0	59,2

Примечание: в знаменателе доля бобового компонента, % (тоже и в таблицах 4-6)

Влияние некорневых подкормок комплексом биостимуляторов с микроэлементами изучали в посевах люпино-злаковых смесей различного состава в 2023 и 2024 годах. В умеренно засушливых условиях, но при благоприятном распределении осадков (2023 г) их трехкратное применение (4-6 настоящих листьев, бутонизация – начало цветения, образование бобов) способствовало формированию 8,32-13,11 т/га сухой массы в зависимости от состава и удобрений, что было на 13-24% выше аналогичных значений без их внесения. Эффективность некорневых подкормок по влиянию на урожайность сухой массы проявляла тенденцию к увеличению на фоне $N_{50}P_{60}K_{60}$ (+2-5%) к величинам в варианте $P_{60}K_{60}$ (табл. 6).

Их влияние на продуктивность различалось в зависимости от видосортového состава смешанных посевов. Смеси люпина с яровой пшеницей и с овсом повышали накопление протеина и энергии в урожае в среднем по вариантам удобрения на 11-20% и на 13-18%, соответственно. В тоже время, у смеси люпина с ячменем проявлялась тенденция снижения сбора сырого и переваримого протеина соответственно на 2% и 12%, но увеличивалось накопление обменной энергии на 10%.

Следует обратить внимание и на противоположный характер воздействия азотного удобрения на эффективность биостимуляторов по накоплению протеина и энергии в надземной массе в зависимости от ее состава. Если в смешанном посеве люпина с яровой пшеницей эффективность агроприема увеличивалась на фоне азота на 5-14% в зависимости от показателя, то у смеси люпина с овсом проявлялась тенденция к снижению от 1-3% до 12%. Аналогичные изменения по влиянию на накопление протеина отмечались и в смешанном посеве люпина с ячменем.

В целом, в варианте комплексного использования удобрений и биостимуляторов ($N_{50}P_{60}K_{60}$) + некорневые подкормки) урожайность сухой массы и показатели продуктивности смеси люпина с яровой пшеницей достигали максимальных значений 13,11 т/га, 1,33 т/га, 0,74 т/га и 112,6 ГДж, у смеси люпина с овсом – 11,40 т/га, 1,51 т/га, 0,98 т/га и 92,2 ГДж/га. Они превышали уровень контроля ($P_{60}K_{60}$ без подкормок) на 72, 30, 10 и 60%, на 64, 26, 13 и 32% соответственно. В смешанном посеве люпина с ячменем оптимальным сочетанием следует считать $N_{50}P_{60}K_{60}$ без некорневых подкормок, где урожайность сухой массы составляла 10,18 т/га, сбор протеина 0,99 и 0,53 т/га накопление энергии 86,7 ГДж/га (табл. 6).

В близких к средним многолетним условиям увлажнения 2024 года (1,27), но при сильном проявлении засушливости в период образования и налива бобов (ГТК 0,20 против 1,62 по норме) урожайность сухой массы люпино-злаковых смесей уменьшалась в 1,2-1,5 раза в сравнении с результатами предыдущего года. Положительное влияние некорневых подкормок биостимуляторами проявлялось только в смешанном посеве люпина с ячменем. Сбор сухой массы при этом увеличивался в среднем на 8%, накопление сырого протеина на 13%, переваримого на 17%, обменной энергии на 10%. На фоне предпосевного внесения азота проявлялась тенденция роста прибавок на 1% по урожайности и на 4% по накоплению обменной энергии или от +8% до +9% и +12% соответственно, но в значительно большей степени – по накоплению сырого и переваримого протеина от +8% до +19% и от +8% до +26% или на 8% и 18% соответственно, что возможно обусловлено положительным влиянием некорневых подкормок на долю люпина в сухой массе, которая при этом увеличивалась с 38% до 52%. По оптимальному сочетанию факторов урожайность сухой массы составила 6,91 т/га сбор сырого протеина 0,94 т/га, переваримого 0,54 т/га, накопление обменной энергии 62,0 ГДж/га (табл. 6).

Смеси люпина с яровой пшеницей и с овсом, как правило, отрицательно реагировали на использование биостимуляторов и продуктивность максимального уровня, формировали без некорневых подкормок стимулирующими препаратами на естественном азотном фоне ($P_{60}K_{60}$). Уменьшение сбора сухой массы от некорневых подкормок находилось в пределах от 1% до 12%, накопление сырого протеина от 6% до 7%, переваримого – от 7% до 9%, обменной энергии от 2% до 12%. В соответствии с изложенными тенденциями максимальный уровень продуктивности этих смесей находился в пределах 6-7 т/га

Таким образом, реакция люпино-злаковых смесей на применение некорневых подкормок биостимуляторами с микроэлементами как при благоприятном, так и не благоприятном распределении осадков в течение формирования укосной массы, носила в целом противоречивый характер, что не позволяет сделать однозначный выбор в пользу или против этого элемента агротехнологии. Поэтому исследования будут продолжены на большем числе вариантов смешанных посевов и стимулирующих препаратов как химической, так и органической природы.

Заключение

На среднесуглинистой дерново-подзолистой почве Центрального Нечерноземья с достаточной (IV-V класс) обеспеченностью пахотного (0-20 см) слоя фосфорно-калийным питанием в условиях изменяющегося климата повышение продуктивности и стабилизации на более высоком уровне полевого кормопроизводства региона может быть достигнуто расширением видового разнообразия однолетних бобово-злаковых агроценозов за счет увеличения площадей посева люпина узколистного в смеси с яровыми зерновыми, которые на фоне предпосевного внесения азота в широком диапазоне метеорологических условий (ГТК 1,20-3,07) обеспечивали сбор сухой сенажной массы в пределах 7-9 т/га, выход протеина 0,70-1,39 т/га, обменной энергии 70-82 ГДж/га, в то время, как традиционные смеси с участием вики яровой и гороха максимальную продуктивность создавали только в условиях высокого или избыточного увлажнения и снижали ее на 30-60% в зависимости от показателя с усилением засушливости.

Изучение эффективности некорневых подкормок биостимуляторами и антистрессами требует продолжения в иных метеорологических условиях в расширенном составе компонентов и препаративных форм.

Работа выполнена по Государственному заданию: «Создание перспективных сортов узколистного люпина и яровой вики, совершенствование технологий возделывания вики яровой в чистых и смешанных посевах применительно к условиям Центрального Нечерноземья, обеспечивающих получение сбалансированных по энергии и протеину объемистых и концентрированных кормов для нужд животноводства и птицеводства» № регистрации 1023081800008-1-4.1.6-4.1.6; «Разработка адаптивной системы производства кормов для обеспечения реализации генетического потенциала зебрувидного типа черно-пестрой породы крупного рогатого скота, основанной на интеграции полевого и лугопастбищного кормопроизводства в условиях Истринского района Московской области» № регистрации 123120600005-2.

Литература

1. IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. P. 42.
2. Павлова В. Н., Сиротенко О.Д. Наблюдаемые изменения климата и динамика продуктивности сельского хозяйства России. // Труды главной геофизической обсерватории имени А.И. Воейкова. – 2012 – № 565 – С. 132-151.
3. Москалева В.Л., Мельникова О.В. Агроэкологическая роль однолетних бобово-злаковых фитоценозов в системе биологизации земледелия. // Проблемы агрохимии и экологии. – 2011 – №2 – С. 42-45.
4. Конончук В.В., Тимошенко С.М., Назарова Т.О., Штырхунов В.Д., Тулинова Е.А., Никиточкин Д.Н., Беляев Е.В. Люпино-злаковые смеси на зерно в Центральном Нечерноземье: погода, элементы агротехнологии, продуктивность // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. – № 2 (46). – С. 96-106.
5. Адиньяев Э.Д. и др. Некоторые приемы повышения продуктивности зернобобовых культур // Аграрный вестник Урала. – 2007. – № 6 (42). – С. 61-64.

6. Ятчук П.В., Зубарева К.Ю., Расулова В.А., Биостимуляторы и микроудобрения, их роль в повышении продуктивности и качества семян гороха. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 4 (36). – С. 30-35. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11201

References

1. IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. P. 42.
2. Pavlova V.N., Sirotenko O.D. Observed climate changes and productivity dynamics of agriculture in Russia. Proceedings of the Main Geophysical Observatory named after A. I. Voeikov. 2012, No. 565, pp. 132-151.
3. Moskaleva V.L., Melnikova O.V. Agroecological role of annual legume-cereal phytocenoses in the system of biologization of agriculture. *Problems of agrochemistry and ecology*. 2011, No. 2, pp. 42-45.
4. Kononchuk V.V., Timoshenko S.M., Nazarova T.O., Shtyrkhunov V.D., Tulinova E.A., Nikitochkin D.N., Belyaev E.V. Lupine-cereal mixtures for grain in the Central Non-Black Earth Region: weather, elements of agricultural technology, productivity. *Zernobobovye i krupânye kultury*. 2023, No. 2 (46), pp. 96-106.
5. Adinyaev E.D. et al. Some methods for increasing the productivity of leguminous crops. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2007, No. 6 (42), pp. 61-64.
6. Yatchuk P.V., Zubareva K.Yu., Rasulova V.A., Biostimulants and microfertilizers, their role in increasing the productivity and quality of pea seeds. *Zernobobovye i krupânye kultury*. 2020, No. 4 (36), pp.30-35. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11201