ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ АГРОТЕХНОЛОГИИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА ЗЕРНО В ИЗМЕНЯЮЩЕМСЯ КЛИМАТЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

В.В. КОНОНЧУК, доктор сельскохозяйственных наук,

E-mail: vadimkononchuk@yandex.ru

С.М. ТИМОШЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук,

В.Д. ШТЫРХУНОВ, кандидат сельскохозяйственных наук,

Р.Р. УСМАНОВ*, кандидат сельскохозяйственных наук

В.Ф. КИРДИН, доктор сельскохозяйственных наук,

Е.А. ТУЛИНОВА, кандидат биологических наук

ФГБНУ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «НЕМЧИНОВКА»
*ФГБОУ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РГАУ-МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА

На дерново-подзолистых почвах Центра Нечерноземной зоны России в достаточной степени обеспеченных фосфором и калием (IV-V класс) регрессионным анализом установлена четкая корреляционная связь ($R^2=0,76-0,82$, $r=0,81-0,91$) урожайности зерна и показателей продуктивности детерминантных сортов люпина узколистного с метеорологическими условиями первой половины вегетации (посев-цветение), согласно которой их максимальные величины формировались в диапазоне ГТК 1,00-1,40 (умеренная засушливость – нормальное увлажнение). Независимо от складывающихся метеоусловий комплексное применение гербицидов (почвенник + граминицид) повышало урожайность зерна на 21%, сбор протеина и обменной энергии на 26 и 20%. Азот удобрений в дозе 50 кг/га N при предпосевном внесении не оказывал влияния на урожайность, но проявлял тенденцию (-3...-5%) к снижению накопления обменной энергии и сырого протеина.

Некорневые подкормки биостимуляторами с антистрессовым эффектом повышали величину рассматриваемых показателей на 12...19% при нормальном и высоком увлажнении.

Ключевые слова: люпин узколистный, дерново-подзолистая почва, погода, удобрение, пестициды, биостимуляторы, урожайность зерна, продуктивность.

Для цитирования: Конончук В.В., Тимошенко С.М., Штырхунов В.Д., Усманов Р.Р., Кирдин В.Ф., Тулинова Е.А. Влияние элементов агротехнологии на продуктивность люпина узколистного при возделывании на зерно в изменяющемся климате Центрального Нечерноземья. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2025; 2(54):90-101. DOI: 10.24412/2309-348X-2025-2-90-101

INFLUENCE OF AGROTECHNOLOGY ELEMENTS ON THE PRODUCTIVITY OF NATURAL LUPINE CULTIVATED FOR GRAIN IN THE CHANGING CLIMATE OF THE CENTRAL NON-BLACK EARTH REGION

**V.V. Kononchuk, S.M. Timoshenko, V.D. Shtyrkhunov, R.R. Usmanov*,
V.F. Kirdin, E.A. Tulinova**

FSBSI FEDERAL RESEARCH CENTER «NEMCHINOVKA»

* FSBEI HE RUSSIAN STATE AGRARIAN UNIVERSITY – MOSCOW TIMIRYAZEVA
AGRICULTURAL ACADEMY

Abstract: *On sod-podzolic soils of the Center of the Non-Chernozem Zone of Russia, sufficiently supplied with phosphorus and potassium (IV-V class), regression analysis revealed a clear correlation ($R^2=0.76-0.82$, $r = 0.81-0.91$) between grain yield and productivity indicators of*

determinate varieties of narrow-leaved lupine and meteorological conditions of the first half of the growing season (sowing-flowering), according to which their maximum values were formed in the range of HTC 1.00-1.40 (moderate aridity - normal moisture). Regardless of the prevailing weather conditions, the combined use of herbicides (soil weed killer + graminicide) increased grain yield by 21%, protein and exchange energy collection by 26 and 20%. Fertilizer nitrogen at a dose of 50 kg/ha N when applied before sowing did not affect the yield, but showed a tendency (-3...-5%) to reduce the accumulation of exchange energy and crude protein.

Foliar feeding with biostimulants with an anti-stress effect increased the values of the considered indicators by 12...19% with normal and high moisture.

Keywords: narrow-leaved lupine, sod-podzolic soil, weather, fertilizer, pesticides, biostimulants, grain yield, productivity.

Введение

В условиях климатических изменений в Центральном Нечерноземье РФ, заключающихся в усилении аридности и проявляющихся в учащении чередования сухих и жарких периодов с холодными и влажными в течение одной вегетации, увеличение и стабилизация производства кормов для животноводства возможны только за счет расширения биоразнообразия сеяных полевых агрофитоценозов, увеличением площадей посевов видов и сортов, различающихся биоритмами развития [1-3].

В настоящее время в производстве высокобелковых объемистых кормов для нужд молочно-мясного животноводства в Нечерноземье помимо многолетних трав используется вика яровая в бинарных посевах с яровыми зерновыми, главным образом – с овсом. Сорта полевого и посевного гороха в чистых и смешанных посевах используются как для производства грубых, так и концентрированных кормов [4, 5].

Эти культуры максимум продуктивности обеспечивают при нормальном и повышенном увлажнении [6-10]. В то же время, люпин узколистный детерминантного типа (не ветвящийся), отличающийся скороспелостью, способен формировать высокую продуктивность в относительно более засушливых условиях [11-14]. При этом безалкалоидные (сладкие) и малоалкалоидные сорта его, в том числе и Немчиновской селекции (Ладный, Деко 2), могут создавать полноценный урожай даже у северных границ земледелия на стыке Вологодской, Архангельской и Кировской областей Российской Федерации, традиционно специализирующихся на производстве молочной продукции [15].

В регионах с развитым молочным животноводством, расположенных севернее линии Смоленск – Калуга – Рязань, только люпин узколистный в сочетании с яровой викой и горохом может стать гарантом стабильного производства сбалансированных по энергии и протеину объемистых и концентрированных кормов. Это, в свою очередь, повлечет за собой ускорение процесса восстановления поголовья молочного стада, снижение импорта продуктов переработки молока, вследствие увеличения производства собственной продукции.

Кроме того, обладая способностью к азотфиксации, люпин, как и другие культуры семейства бобовых, обогащает почву азотом, улучшает биологические, водно-физические и агрохимические свойства почвы, усиливает биологическую составляющую ее плодородия, способствует оздоровлению экологической ситуации в полевых агроценозах и прилегающих территориях.

К сдерживающим факторам распространения люпина узколистного в регионе следует отнести низкие темпы возрождения молочного животноводства, отсюда – отсутствие целенаправленного элитного семеноводства, а также недостатки агротехнологии, касающейся выбора предшественника, сроков сева, норм высева, способов основной обработки почвы, удобрения, применения средств защиты растений, ростостимуляторов и антистрессантов, а также нарушение технологической дисциплины.

Цель исследования – выявление оптимального сочетания удобрений, гербицидов и ростостимуляторов при выращивании люпина узколистного на зерно в изменяющемся климате Центрального Нечерноземья, обеспечивающего повышение зерновой продуктивности и качества получаемой продукции.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в серии краткосрочных полевых опытов в течение 2018-2024 годов на опытном поле института, расположенном неподалеку от аэропорта «Внуково» на склоне западной экспозиции с уклоном 1,2°. Почва-дерново-подзолистая, с глубины 60-80 см подстилаемая суглинистой мореной. В годы исследований перед закладкой опыта после уборки предшественника (зерновые колосовые) в пахотном (0-20 см) слое содержалось гумуса от 1,4-1,6% до 1,7-2,1%. Величины рН_{KCl} варьировали в слабокислом интервале и только в 2022 году характеризовались среднекислыми значениями (5,3-6,7 и 4,6-4,9) соответственно. Гидролитическая кислотность изменялась в диапазоне 0,94-3,50 мг-экв/100 г и не влияла на рост и развитие растений изучаемой культуры. Обеспеченность подвижным фосфором – от повышенной до очень высокой, подвижным калием – повышенная и высокая (табл. 1).

Таблица 1

Исходная агрохимическая характеристика почвы. Слой 0-20 см.

Год	рН _{KCl}	Нг, мг-экв/100 г	Р ₂ O ₅	К ₂ O	Гумус, %
			(по Кирсанову мг/кг)		
2018	5,7-6,7	1,40-1,90	165-240	140-180	1,6-1,8
2019	5,3-6,7	0,94-2,62	160-300	130-220	1,5-1,7
2020	5,3-5,8	2,50-2,70	190-220	130-180	1,8-2,1
2021	5,2-5,6	2,30-3,50	180-220	160-200	1,4-1,5
2022	4,6-4,9	2,70-3,34	250-350	180-220	1,8-2,1
2023	5,0-5,8	0,92-1,85	170-290	130-200	1,6-1,9
2024	5,2-5,4	1,67-2,00	301-309	178-182	1,6-1,8

Схемы полевых опытов закладываются методом расщепленной делянки, в разные годы включали от двух до трех факторов: А – гербицидная защита (-/+), В – удобрение, (Р₆₀К₆₀ и N₅₀Р₆₀К₆₀), С – нормы высева люпина, (1,4-1,8 млн/га с шагом 0,2 млн/га) или некорневые подкормки биостимуляторами с микроэлементами (-/+).

Площадь делянки первого порядка – 576 м², второго – 288 м², третьего – 144 м². Повторность четырехкратная.

Для внесения с осени под зябь центробежным разбрасывателем Amazone использовали как моноудобрения (суперфосфат двойной гранулированный 43% Р₂O₅), калий хлористый или бесхлорное калийное удобрение (60% К₂O), так и сложные – аммофос 12:52, РК(S) 20:20(2) и НРК(S) 8:20:30(5), изготовленные на предприятиях «Уралкалий» и «ФосАгро». Азот – в форме аммиачной селитры (34,4% N) вносили вручную под культивацию перед посевом.

Система защитных мероприятий состояла из протравливания семян с использованием Фундазола, СП (2018-2019 гг.), ТМТД, ВСК + Табу ВСК (2020-2021, 2024 гг.), Витарос, ВСК + Табу, ВСК (2022-2023 гг.), применения почвенных гербицидов на основе прометрина – Гезагард, КС и Гонор, КС (2018-2019 гг.), Камелот, СЭ (2020-2021, 2023-2024 гг.), Лазурит, СП (2022 г.), а по вегетации (2-3 пары настоящих листьев) – гербицидов Дясои и Пивот (2018-2019 гг.), граминицида Миура, КС (2020-2024 гг.).

Кроме того, в баковую смесь для использования по вегетации включали фунгициды Колосаль Про (2018-2021, 2024 гг.), Спирит, СК (2022-2023 гг.), а также инсектициды Данадим, КЭ (2018 г.), Децис Профи, КЭ (2019 г.), Борей Нео, СК (2020-2024 гг.).

Состав, дозы, кратность применения пестицидов находились в соответствии с рекомендациями производителей и фитосанитарной обстановкой в агрофитоценозе.

В целях снижения стресса у растений и стимуляции ростовых процессов люпина при протравливании семян и обработке посевов по вегетации в баковые смеси инсектицидов в 2018-2020 гг. добавляли Гумистим Zn, В. В 2021 году биостимуляторы не применяли, а в 2022-2024 гг. использовали комплекс препаратов органической природы ООО «Лебозол Восток». Он включал: при протравливании – Аминозол (аминокислоты + пептиды + макро- и

микроэлементы), по вегетации в фазе 3-х пар настоящих листьев – комплекс аминокислот с макро- и микроэлементами Лебозол-ЗаатгутМикс или Лебозол-Брассика + Лебозол-Молибден, в начале бутонизации – Лебозол-Бор. В 2023-2024 гг. для улучшения налива зерна в фазе «сизый боб» применяли препарат Лебозол-Калий 450 [16].

В качестве прилипателя использовали адьювант Аллюр. Внесение комплекса пестицидов и биостимуляторов осуществлялось навесным штанговым опрыскивателем Amazone или Demarol Суклон с шириной захвата 12м.

В день посева сортов Ладный (2018-2022 гг.) и Деко 2 (2023-2024 гг.) семена обрабатывали ризоторфином, содержащим активный штамм N₂ – фиксирующих бактерий производства ВНИИСХМ (г. Пушкин, Ленинградская область).

Посев проводили в лучшие агротехнические сроки (30 апреля – 7 мая) сеялкой Amazone Д9 на глубину 4 см. Научные материалы, приведенные в данной публикации, получены по оптимальной норме высева 1,6 млн/га.

При закладке и проведении полевых опытов использовали рекомендации, изложенные в методических руководствах «Опытное дело в полеводстве (Никитенко, 1982), «Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Зерновые, зернобобовые и крупяные культуры (Федин, 1998). Результаты учетов урожаев подвергали дисперсионному и корреляционно-регрессионному анализам с использованием методики кафедры земледелия МСХА им. Тимирязева (Доспехов, 1985, Усманов, 2023). Содержание сырого протеина в зерне определяли умножением содержания общего азота на 6,25. Концентрацию обменной энергии рассчитывали по формуле, предложенной в «Методических указаниях по оценке качества и питательности новых видов кормов» (Сычев, Лепешкин, 2009). Агрохимические анализы почвы и растений выполняли по методикам и ГОСТам, принятым в Агрохимической службе, в сертифицированной лаборатории массовых анализов института.

Судя по величинам гидротермического коэффициента (по Селянинову) метеорологические условия в период вегетации люпина (1-я декада мая – 1-я декада августа) существенно различались. Три года из семи (2018-2019 гг и 2022 г.) характеризовались в разной степени выраженной засушливостью (ГТК 0,90-1,09), один год (2020) – избыточным увлажнением (ГТК 2,24) и три года (2021, 2023-2024 гг.) были по этому показателю близки к норме (1,48) и изменялись в диапазоне 1,20-1,39 (табл. 2).

Таблица 2

**Гидротермический коэффициент по периодам активной вегетации
люпина узколистного**

Год	Период вегетации		
	Посев – полная спелость (1-я декада мая – 1-я декада августа)	Посев – цветение (1-я декада мая – конец июня)	Формирование и налив зерна (3-я декада июня – июль)
2018	1,09	0,82	1,65
2019	0,95	0,73	1,24
2020	2,24	2,69	2,19
2021	1,20	0,69	0,65
2022	0,90	0,85	0,77
2023	1,39	1,33	2,29
2024	1,26	1,96	0,69
Среднее многолетнее	1,48	1,41	1,45

Наращение биомассы, закладка и формирование репродуктивных органов в первой половине вегетации (посев – цветение, 1-я декада мая – июнь) в течение четырех лет (2018, 2019, 2021, 2022 гг.) проходило в засушливых условиях (ГТК 0,69-0,85), двух лет (2024 и 2020 гг.) – при высоком и избыточном увлажнении (ГТК 1,96 и 2,69) и один год (2023)

характеризовался условиями, близкими к норме (ГТК 1,33). При формировании бобов и наливе зерна люпина (3-я декада июня – июль) три года (2021, 2022 и 2024 гг.) выделялись выраженным недостатком осадков и повышенным температурным режимом (ГТК 0,65-0,77), два года (2020 и 2023 гг.) – избыточным увлажнением (ГТК 2,29 и 2,19), а в 2018 и 2019 гг. наблюдались условия близкие к норме (ГТК 1,65 и 1,24).

Отмеченные особенности метеорологических условий возделывания люпина узколистного как в целом, так и по отдельным периодам вегетации не могли не сказаться на величинах урожайности и показателей продуктивности.

Результаты исследований и их обсуждение

Исследованиями установлено, что на хорошо обеспеченных фосфором и калием дерново-подзолистых почвах среднего уровня окультуренности в условиях средне- и слабокислой реакции среды урожайность зерна люпина узколистного в зависимости от метеорологических условий вегетационного периода и элементов агротехнологии варьировала в широких пределах – от 1,86 т/га до 4,82 т/га, выход сырого протеина – от 0,64 т/га до 1,56 т/га, переваримого – от 0,51 до 1,25 т/га, накопление обменной энергии – от 24,0 ГДж/га до 63,6 ГДж/га. Обеспеченность 1 кг зерна сырым протеином характеризовалась высокими величинами и изменялась в диапазоне 270-418 г, обменной энергией – от 13,1 до 15,5 МДж (табл. 3-4).

Регрессионным анализом установлена четкая ($r=0,87-0,91$) корреляционная связь урожайности зерна, накопления в нем сырого протеина и обменной энергии с величиной гидротермического коэффициента (ГТК) за период посев – цветение (1-я декада мая – июнь). Зависимости носят затухающий характер и представлены уравнениями:

$$y_1=2,8867x^3-15,414x^2+24,469x-7,9091, R^2=0,82, r=0,91; (1)$$

$$y_2=0,8471x^3-4,4885x^2+7,0734x-2,1541, R^2=0,76, r=0,87; (2)$$

$$y_3=34,905x^3-185,86x^2+292,99x-88,854, R^2=0,79, r=0,89; (3)$$

где: y_{1-3} – урожайность, т/га, сбор сырого протеина, т/га, накопление обменной энергии, ГДж/га соответственно;

x – ГТК;

R^2 и r – коэффициенты детерминации и корреляции фактических и расчетных величин соответственно.

Влияние элементов агротехнологии возделывания люпина узколистного на зерновую продуктивность

Показатели		Доза и сочетание удобрения кг/га	2018		2019		2020		2021		2022		2023				2024			
			Применение гербицида, - / +																	
			-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	
			Некорневые подкормки биостимуляторами, - / +																	
			-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+			
Урожайность зерна, т/га		P ₆₀ K ₆₀	2,67	3,49	2,94	2,06	2,88	2,41	2,28	3,70	4,37	3,87	4,03	4,22	4,17	2,51	2,60	2,76	2,80	
		N ₅₀ P ₆₀ K ₆₀	2,57	2,99	2,74	1,86	3,46	2,41	3,26	3,55	4,57	3,69	3,33	4,47	4,82	2,26	2,45	2,76	2,69	
Накопление протеина, т/га	Сырого	P ₆₀ K ₆₀	0,82	1,18	1,16	0,73	0,98	0,72	0,74	1,13	1,48	1,17	1,27	1,32	1,23	0,80	0,80	0,81	1,17	
		N ₅₀ P ₆₀ K ₆₀	0,87	1,02	0,97	0,64	1,18	0,65	0,98	1,06	1,41	1,15	1,05	1,39	1,56	0,73	0,83	0,92	0,85	
	Переваримого	P ₆₀ K ₆₀	0,66	0,94	0,93	0,58	0,78	0,58	0,59	0,90	1,18	0,94	1,02	1,06	0,98	0,64	0,64	0,65	0,94	
		N ₅₀ P ₆₀ K ₆₀	0,70	0,82	0,78	0,51	0,94	0,52	0,78	0,85	1,13	0,92	0,84	1,11	1,25	0,58	0,66	0,74	0,68	
Накопление обменной энергии, ГДж/га		P ₆₀ K ₆₀	34,6	46,2	45,5	27,3	38,1	32,7	30,8	48,6	57,8	50,8	53,1	55,6	54,7	33,1	34,2	36,2	37,5	
		N ₅₀ P ₆₀ K ₆₀	34,2	39,6	39,4	24,0	45,8	33,5	42,6	46,6	60,1	48,6	43,9	58,8	63,6	29,8	32,4	36,5	35,5	
Обеспеченность 1 кг зерна	протеином, г	Сырым	P ₆₀ K ₆₀	307	338	395	354	340	299	325	305	339	302	315	313	295	319	308	294	418
			N ₅₀ P ₆₀ K ₆₀	338	341	354	344	341	270	301	299	308	312	315	311	324	323	339	333	316
		Переваримым	P ₆₀ K ₆₀	247	269	316	282	271	241	259	243	270	243	253	251	235	255	246	236	336
			N ₅₀ P ₆₀ K ₆₀	272	274	285	274	272	216	239	239	247	249	306	248	259	257	269	268	253
	Обменной энергией, МДЖ	P ₆₀ K ₆₀	13,0	13,2	15,5	13,2	13,2	13,6	13,5	13,1	13,2	13,1	13,2	13,2	13,1	13,2	13,2	13,1	13,4	
		N ₅₀ P ₆₀ K ₆₀	13,3	13,2	14,4	12,9	13,2	13,9	13,1	13,1	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	

**Результаты дисперсионного анализа учетов урожайности зерна
люпина узколистного**

Год	Фактор						
	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
	НСР ₀₅ , т/га						
2018	0,20	0,20	-	0,28	-	-	-
2019	-	0,26	-	-	-	-	-
2020	0,28	0,28	-	0,39	-	-	-
2021	0,25	0,25	-	0,35	-	-	-
2022	0,60	0,49	-	0,53	-	-	-
2023	0,12	0,15	0,11	0,20	0,36	0,23	F _ф >F _т
2024	0,11	0,11	0,11	0,15	0,15	0,15	0,21

Примечание: фактор А – гербицидная защита, фактор В – доза и сочетание удобрений, фактор С – некорневая подкормка биостимуляторами

Согласно уравнениям, максимальные величины урожайности и продуктивности люпина обеспечивались при ГТК в диапазоне 1,00-1,40 (умеренная засушливость – нормальное увлажнение). Усиление засушливости (ГТК 0,7-0,8) с одной стороны и повышение уровня увлажнения до повышенного и избыточного (ГТК 1,6-2,6) приводило к снижению рассматриваемых показателей в среднем на 24-31% и на 35-40% соответственно в зависимости от показателя (табл. 5).

Таблица 5

**Влияние гидротермических условий возделывания люпина в период посев – цветение
на урожайность зерна и показатели продуктивности. 2018-2024 гг.**

Расчетные величины

Показатели	ГТК										
	0,70	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20	2,40	2,60
Урожайность, т/га	2,66	3,28	4,03	4,25	4,59	3,60	3,03	2,47	2,06	1,94	2,25
Сбор сырого протеина, т/га	0,89	1,07	1,28	1,33	1,28	1,14	0,98	0,82	0,70	0,68	0,78
Накопление обменной энергии, ГДж/га	37,1	44,5	53,2	55,4	52,8	47,1	39,9	32,9	27,8	26,3	30,0

Если урожайность зерна и величины продуктивности люпина узколистного определялись метеорологическими условиями, складывающимися в период от посева до цветения, то содержание сырого протеина в зерне находилось в зависимости от условий погоды в период формирования и налива зерна (3 декада июня – июль), которая описывалась уравнением:

$$y_4 = - 6,6054x^2 + 20,464x + 19,816, R^2 = 0,63, r = 0,79; (4)$$

где y_4 – содержание сырого протеина, %;

x – ГТК;

R^2 и r – коэффициенты детерминации и корреляции фактических и расчетных величин соответственно.

Расчеты показывают, что зерно с максимальным содержанием сырого протеина формировалось при ГТК в этот период от 1,30 до 1,50, (нормальное – умеренное увлажнение). Отклонения по ГТК как в сторону усиления засушливости, так и высокого увлажнения снижало концентрацию сырого протеина в зерне в среднем на 0,9-3,0 абсолютных процента, особенно в засушливых условиях (табл. 6).

Влияние гидротермических условий в период формирования и налива зерна на содержание сырого протеина. 2018-2024 гг. Расчетные величины

ГТК	0,70	0,90	1,10	1,30	1,50	1,70	1,90	2,10	2,30
Сырой протеин, %	30,9	32,9	34,3	34,8	35,6	35,5	34,8	33,7	31,9

Во все годы, независимо от условий увлажнения, положительное влияние на урожайность зерна и показатели продуктивности оказывало применение гербицидов. Это связано с тем, что детерминантные сорта люпина узколистного из-за отсутствия ветвления не способны конкурировать с сорняками за средства жизнеобеспечения. Использование гербицидов в среднем за 2018-2024 гг. повышало урожайность зерна на 21%, сбор сырого протеина и энергии соответственно на 25-27% и 20% в сравнении с безгербицидным фоном. При этом максимальная эффективность, равная 37-62% в зависимости от показателей, наблюдалась при избыточном увлажнении (2020 г., ГТК 2,69). В засушливых условиях, а также при нормальном и повышенном увлажнении прибавка урожая от гербицидов уменьшалась до 12-31% (табл. 7).

Таблица 7

Влияние применения гербицидов на урожайность зерна и показатели продуктивности люпина узколистного. В среднем по факторам, кроме изучаемого. Фактические величины

Год	ГТК (посев-цветение)	Показатель					
		Урожайность, т/га		Сбор протеина, т/га		Накопление обменной энергии, ГДж/га	
		Гербицидная защита, – / +					
		–	+	–	+	–	+
2018	0,82	2,62	3,24	$\frac{0,84}{0,68}$	$\frac{1,10}{0,88}$	34,4	42,9
2019	0,73	-	2,84	-	$\frac{1,06}{0,86}$	-	42,4
2020	2,69	1,96	3,17	$\frac{0,68}{0,54}$	$\frac{1,08}{0,86}$	30,6	42,0
2021	0,69	2,41	2,77	$\frac{0,68}{0,55}$	$\frac{0,86}{0,68}$	33,1	36,7
2022	0,85	3,62	4,47	$\frac{1,10}{0,88}$	$\frac{1,44}{1,16}$	47,4	59,0
2023	1,33	3,73	4,42	$\frac{1,16}{0,93}$	$\frac{1,38}{1,10}$	49,1	58,2
2024	1,96	2,46	2,75	$\frac{0,79}{0,63}$	$\frac{0,94}{0,75}$	32,4	36,4
В среднем за 2018-2024 гг.		2,80	3,38	$\frac{0,88}{0,70}$	$\frac{1,12}{0,90}$	37,8	45,4

Примечание: в числителе – сырой протеин, в знаменателе – переваримый протеин, то же и в таблицах 8-9.

В среднем за годы исследований азот удобрений при предпосевном внесении в дозе 50 кг/га N не влиял на урожайность зерна, но проявлял слабо выраженную тенденцию (-3...-5%) к уменьшению сбора сырого и переваримого протеина, обменной энергии. Тем не менее, в годы с экстремальными метеорологическими условиями в период посев-цветение, обусловленными проявлением засушливости (2021 г., ГТК 0,69) или переувлажнения (2020, ГТК 2,69) его применение приводило к росту урожайности зерна на 8% и 21%, сбора сырого протеина на 12%, обменной энергии – на 7% и 20%. В остальные

Научно – производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры» № 2 (54) 2025 г.
годы азот удобрений, как правило, оказывал отрицательное влияние на урожайность зерна и показатели продуктивности, снижая их соответственно на 7-10% и 5-13% (табл. 8).

Таблица 8

Влияние предпосевного внесения азота удобрений на урожайность зерна и показатели продуктивности люпина узколистного. В среднем по факторам, кроме изучаемого. Фактические величины

Год	ГТК	Показатели					
		Урожайность, т/га		Сбор протеина, т/га		Накопление обменной энергии, ГДж/га	
		Доза и сочетание удобрений, кг/га					
		P ₆₀ K ₆₀	N ₅₀ P ₆₀ K ₆₀	P ₆₀ K ₆₀	N ₅₀ P ₆₀ K ₆₀	P ₆₀ K ₆₀	N ₅₀ P ₆₀ K ₆₀
2018	0,82	3,08	2,78	$\frac{1,00}{0,80}$	$\frac{0,94}{0,76}$	40,4	36,9
2019	0,73	2,94	2,74	$\frac{1,16}{0,93}$	$\frac{0,97}{0,78}$	45,5	39,4
2020	2,69	2,47	2,66	$\frac{0,86}{0,68}$	$\frac{0,91}{0,72}$	32,7	34,9
2021	0,69	2,34	2,84	$\frac{0,73}{0,58}$	$\frac{0,82}{0,65}$	31,8	38,0
2022	0,85	4,04	4,06	$\frac{1,30}{1,04}$	$\frac{1,24}{0,99}$	53,2	53,4
2023	1,33	4,07	4,08	$\frac{1,22}{0,98}$	$\frac{1,10}{0,88}$	52,0	46,2
2024	1,96	2,67	2,54	$\frac{0,90}{0,72}$	$\frac{0,83}{0,66}$	35,2	33,6
Среднее за 2018-2024 гг.		3,09	3,10	$\frac{1,02}{0,82}$	$\frac{0,97}{0,78}$	41,5	40,3

Примечание: в числителе – сырой протеин, в знаменателе – переваримый протеин,

В условиях одного эксперимента (2023 и 2024 гг., ГТК 1,33 и 1,96) комплексное применение биостимуляторов обеспечило прибавку урожая зерна и накопления обменной энергии в нем на 16%, сырого и переваримого протеина – на 18% (табл. 9).

Таблица 9

Влияние некорневых подкормок биостимуляторами на урожайность зерна и показатели продуктивности люпина узколистного. В среднем по факторам, кроме изучаемого. Фактические величины. 2023-2024 гг.

Год	ГТК	Показатели					
		Урожайность, т/га		Сбор протеина, т/га		Накопление обменной энергии, ГДж/га	
		Применение биостимуляторов, – / +					
		–	+	–	+	–	+
2023	1,33	3,73	4,42	$\frac{1,16}{0,93}$	$\frac{1,38}{1,10}$	49,1	58,2
2024	1,96	2,46	2,75	$\frac{0,79}{0,63}$	$\frac{0,94}{0,75}$	32,4	36,4
В среднем за 2023-2024 гг.		3,10	3,58	$\frac{0,98}{0,78}$	$\frac{1,16}{0,92}$	40,8	47,3

Примечание: в числителе – сырой протеин, в знаменателе – переваримый протеин,

Заключение

На основании изучения реакции детерминантных сортов люпина узколистного на изменение погодных факторов (ГТК), а также элементы агротехнологии в течение 7 лет

(2018-2024 гг.) можно с уверенностью утверждать, что на хорошо обеспеченных фосфором и калием дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах Центрального Нечерноземья, характеризующихся слабокислой реакцией почвенной среды, урожайность зерна максимального уровня 4,0-4,6 т/га с содержанием сырого протеина 34,3-35,6%, накоплением его 1,28-1,33 т/га и обменной энергии 53-55 ГДж/га обеспечивались в интервале ГТК за период посев – цветение 1,00-1,40 (умеренная засушливость – нормальное увлажнение). Максимум содержания белка в зерне отмечался при ГТК в период формирование – налив зерна в диапазоне 1,10-1,50. Отмеченный уровень зерновой продуктивности формировался при сочетании гербицидной защиты (почвенник + граминицид) с поддерживающими дозами фосфорно-калийного удобрения (Р₆₀К₆₀) и применения биостимуляторов с антистрессовым эффектом по вегетации в баковой смеси с пестицидами. Внесение азотного удобрения в дозах не более 50 кг/га возможно только при условии наличия долгосрочного прогноза погоды, указывающего на вероятность проявления экстремальных условий увлажнения. В остальных случаях применение его не эффективно, но требуется предпосевная обработка семян активным штаммом N₂-фиксирующих бактерий, если люпин на данном конкретном поле не выращивался в течение последних 3-5 лет.

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

Литература

1. Суховеева О.Э. Изменение климатических условий и агроклиматических ресурсов в Центральном регионе Нечерноземной зоны // Вестник ВГУ, серия: География. Геоэкология. – 2016, – № 4. – С. 41-49.
2. Косолапов В.М., Трофимов И.А. Состояние и перспективы развития кормопроизводства в России в XXI веке // Современное состояние и стратегия развития кормопроизводства в XXI веке: материалы Международной конференции. – 2013. – С. 14-25.
3. Шпаков А.С. Научное обеспечение полевого кормопроизводства России: достижения и перспективы // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство. – 2023. Вып. 30(78). – С. 83-91.
4. Смирнова В.В. Перспективы использования люпина узколистного в условиях Костромской области // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство. – 2023. Вып. 30(78). – С. 105-110.
5. Пислегина С.С., Четвертных С.С. Влияние погодных условий на продолжительность вегетативного периода и продуктивность гороха // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020. – № 21(5). – С. 521-530.
6. Пономарева С.В., Селехов В.В. Влияние погодных условий на урожайность и качество сортов гороха // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2017. – № 1(56). – С. 20-27.
7. Конончук В.В., Тимошенко С.М., Штырхунов В.Д., Назарова Т.О., Тулинова Е.А., Никиточкин Д.Н., Ахриев Х.А. Влияние гербицидной защиты, макро- и микроудобрений на азотфиксацию и зерновую продуктивность узколистного люпина при разных погодных условиях в Центре Нечерноземной зоны РФ // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2023. – № 1 (45). – С. 67-76. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-1-67-76
8. Гаевая Э.А., Васильченко А.П. Урожайность гороха в зависимости от погодных условий Ростовской области // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – С. 32-34.
9. Леконцева Т.А., Лыбенко Е.С. Семенная продуктивность сортов люпина узколистного в условиях Кировской области // Вестник Вятской ГСХА. – 2021. – № 2 (8).
10. Конончук В.В., Никиточкин Д.Н., Тимошенко С.М., Назарова Т.О., Штырхунов В.Д., Шуркин А.Ю., Колотилина З.М. Зерновая продуктивность и азотфиксирующая способность

люпина узколистного в зависимости от норм высева, удобрений и применения гербицидов при разных погодных условиях в Центре Нечерноземной зоны России // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 2 (38). – С. 104-114.

11. Яговенко Л.Л., Мисникова Н.В., Яговенко Г.Л. Зависимость между метеоусловиями вегетационного периода и количеством и качеством урожая семян узколистного люпина в севооборотах // Кормопроизводство. – 2012. – № 5. – С. 13-16.

12. Агеева П.А., Почутина Н.А. Актуальные требования к новым сортам узколистного люпина в условиях меняющегося климата // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 1(21). – С. 99-103.

13. Власова Е.В., Куликов И.М. Выбор сорта люпина узколистного в зависимости от климатических условий // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 9. – С.54-58.

14. Holodna A., Lyubchich O., Krasiuk L., Shliakhturov D., Kaminska V., Bulgakov V., Ivanovs S., Kiernicki Z. Peculiarities of Physiological Development and Formation of the Harvest of the Narrow-Leaved Lupine under Various Weather Conditions // Journal of Ecological Engineering. – 2024. 25(1). – P. 209-216.

15. Корелина В.А., Батакова О.Б., Зобнина И.В. Перспективы возделывания люпина узколистного в субарктической зоне России//Известия ТСХА. Вып. 6. – 2020. – С. 5-15.

16. ООО «Лебозол Восток» Информация о продуктах <https://www.lebosol.de/ru/produkty>.

References

1. Sukhovееva O.E. Changes in climatic conditions and agroclimatic resources in the Central region of the Non-Chernozem zone. *Bulletin of Voronezh State University, series: Geography. Geoecology*. 2016, no. 4, pp. 41-49. (In Russian)

2. Kosolapov V.M., Trofimov I.A. State and prospects for the development of forage production in Russia in the 21st century. Current state and strategy for the development of forage production in the 21st century: materials of the International Conference. 2013, pp. 14-25. (In Russian)

3. Shpakov A.S. Scientific support for field forage production in Russia: achievements and prospects. *Multifunctional adaptive forage production*. 2023, Issue. 30 (78), pp. 83-91. (In Russian)

4. Smirnova V.V. Prospects for the use of narrow-leaved lupine in the conditions of the Kostroma region. *Multifunctional adaptive forage production*. 2023, Issue 30 (78), pp. 105-110. (In Russian)

5. Pislegina S.S., Chetvertnykh S.S. Influence of weather conditions on the duration of the growing season and productivity of peas. *Agricultural science of the Euro-North-East*. 2020, no. 21 (5), pp. 521-530. (In Russian)

6. Ponomareva S.V., Selekhov V.V. Influence of weather conditions on the yield and quality of pea varieties. *Agricultural science of the Euro-North-East*. 2017, no. 1 (56), pp. 20-27. (In Russian)

7. Kononchuk V.V., Timoshenko S.M., Shtyrkhunov V.D., Nazarova T.O., Tulinova E.A., Nikitochkin D.N., Akhriev H.A. Influence of herbicide protection, macro- and microfertilizers on nitrogen fixation and grain productivity of narrow-leaved lupine under different weather conditions in the Center of the Non-Chernozem Zone of the Russian Federation. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2023, no. 1 (45), pp. 67-76. (In Russian) DOI: 10.24412/2309-348X-2023-1-67-76

8. Gaevaya E.A., Vasilchenko A.P. Pea yield depending on weather conditions in the Rostov region. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2016, vol. 30, pp. 32-34. (In Russian)

9. Lekontseva T.A., Lybenko E.S. Seed productivity of narrow-leaved lupine varieties in the conditions of the Kirov region. *Bulletin of the Vyatka State Agricultural Academy*. 2021, no. 2 (8). (In Russian)

10. Kononchuk V.V., Nikitochkin D.N., Timoshenko S.M., Nazarova T.O., Shtyrkhunov V.D., Shurkin A.Yu., Kolotilina Z.M. Grain productivity and nitrogen-fixing capacity of narrow-leaved lupine depending on seeding rates, fertilizers and the use of herbicides under different weather conditions in the Center of the Non-Black Earth Zone of Russia. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2021, no. 2 (38), pp. 104-114. (In Russian)

11. Yagovenko L.L., Misnikova N.V., Yagovenko G.L. Relationship between weather conditions of the growing season and the quantity and quality of narrow-leaved lupine seed yield in crop rotations. *Forage production*, 2012, no. 5, pp. 13-16.

12. Ageeva P.A., Pochutina N.A. Current requirements for new varieties of narrow-leaved lupine in a changing climate. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2016, no. 1 (21), pp. 99-103. (In Russian)
13. Vlasova E.V., Kulikov I.M. Selection of narrow-leaved lupine variety depending on climatic conditions. *Bulletin of KrasSAU*, 2021, no. 9, pp. 54-58. (In Russian)
14. Holodna A., Lyubchich O., Kراسiuk L., Shliakhturov D., Kaminska V., Bulgakov V., Ivanovs S., Kiernicki Z. Peculiarities of Physiological Development and Formation of the Harvest of the Narrow-Leaved Lupine under Various Weather Conditions. *Journal of Ecological Engineering*, 2024, 25(1), pp. 209–216. (In Russian)
15. Korelina V.A., Batakova O.B., Zobnina I.V. Prospects for Cultivation of Narrow-Leaved Lupine in the Subarctic Zone of Russia. *Bulletin of the Timiryazev Agricultural Academy*, 2020, Issue 6, pp. 5–15. (In Russian)
16. Lebozol Vostok LLC Product information <https://www.lebosol.de/ru/produkty>. (In Russian)