

ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДНОЙ ЗАЩИТЫ, МАКРО- И МИКРОУДОБРЕНИЙ НА АЗОТФИКСАЦИЮ И ЗЕРНОВУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ УЗКОЛИСТНОГО ЛЮПИНА ПРИ РАЗНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ В ЦЕНТРЕ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РФ

В.В. КОНОНЧУК, доктор сельскохозяйственных наук,
E-mail: vadimkononchuk@yandex.ru

С.М. ТИМОШЕНКО, В.Д. ШТЫРХУНОВ, Т.О. НАЗАРОВА, Е.А. ТУЛИНОВА,
кандидаты сельскохозяйственных наук

Д.Н. НИКИТОЧКИН, доктор сельскохозяйственных наук
Х.А. АХРИЕВ*

ФГБНУ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «НЕМЧИНОВКА»
*ООО «ЛЕБОЗОЛ ВОСТОК»

На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве Центра Нечерноземной зоны России, в достаточной степени обеспеченной фосфором и калием в широком диапазоне рН, урожайность зерна, показатели продуктивности и азотфиксирующая способность (по коэффициенту N_2 – фиксации) люпина узколистного детерминантного типа Ладный, близкие к достигнутым в опыте максимальным значениям, равные 4,37 т/га, 1,54 т/га (сырой протеин), 57,7 ГДж/га (обменная энергия) и 0,62 (Кф) в засушливых условиях первой половины вегетации (ГТК 0,90) создавались посевом по яровым зерновым протравленными (Витарос ВСК) семенами нормой 1,6 млн/га по фону осеннего внесения $P_{60} K_{80}$ и защитных мероприятий. Последние, помимо протравливания, включали обработку поля почвенным гербицидом Камелот, СЭ или Лазурит, СП, а также дважды за вегетацию – баковыми смесями из фунгицида Спирит, СК с граминицидом Миура (2-3 пары настоящих листьев) и фунгицида с инсектицидом Борей Нео (бутонизация – начало цветения), в которые добавляли жидкие микроудобрения органической природы антистрессового и стимулирующего характера, содержащие комплекс аминокислот, пептидов и микроэлементов, в том числе – молибден и бор, а также медь и цинк. Прибавка урожая, зерна сбора протеина и энергии к аналогичным значениям без их применения в сходных условиях увлажнения составляла соответственно 73, 105 и 82%.

Ключевые слова: Нечерноземье, люпин узколистный детерминантный, азотфиксация, продуктивность, защита растений, удобрение, погода, некорневые подкормки.

Для цитирования: 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):67-76. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-1-67-76

THE EFFECT OF HERBICIDAL PROTECTION, MACRO- AND MICRO-FERTILIZERS 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

V.V. Kononchuk, S.M. Timoshenko, V.D. Shtyrkhunov, T.O. Nazarova, E.A. Tulinova, D.N. Nikitochkin, H.A. Akhriev*

FSBSI FEDERAL RESEARCH CENTER «NEMCHINOVKA»
*LLC «LEBOZOL VOSTOK»

Abstract: *On the soddy-podzolic medium loamy soil of the Center of the Nonchernozem zone of Russia, sufficiently provided with phosphorus and potassium in a wide range of pH, grain yield, productivity indicators and nitrogen-fixing capacity (according to the coefficient N_2 - fixation) of lupine narrow-leaved determinant type Ladny, close to the maximum achieved in the experiment values equal to 4.37 t/ha, 1.54 t/ha (crude protein), 57.7 GJ/ha (metabolic energy) and 0.62 (Kf) in dry conditions of the first half of the growing season (HTC 0.90) were created by sowing on spring grain treated (Vitaros VSK) seeds with a norm of 1.6 million/ha against the background of the autumn application of $P_{60} K_{80}$ and protective measures. The latter, in addition to dressing, included the treatment of the field with the soil herbicide Camelot, SE or Lazurit, SP, and also twice during the growing season - tank mixtures of the fungicide Spirit, SK with the Miura graminicide (2-3 pairs of true leaves) and the fungicide with the Borey Neo insecticide (budding - the beginning of flowering), to which liquid microfertilizers of an organic nature of an anti-stress and stimulating nature were added, containing a complex of amino acids, peptides and trace elements, including molybdenum and boron, as well as copper and zinc. The increase in grain yield, protein harvest and energy to similar values without their use under similar moisture conditions was 73, 105 and 82%, respectively.*

Keywords: Non-Chernozem, narrow-leaved determinant lupin, nitrogen fixation, productivity, plant protection, fertilizer, weather, foliar fertilizing.

Детерминантный тип люпина узколистного, благодаря скороспелости и высокому содержанию сырого белка в зерне (33-36%) наряду с горохом и яровой викой, составляет основу производства высокобелковых концентрированных кормов для животноводства в Нечерноземной зоне Российской Федерации.

Зерновая продуктивность его сортов в конкурсном сортоиспытании и на полях сельскохозяйственных предприятий Нечерноземья небольшая и в последние 10-15 лет изменяется в диапазоне от 11-15 ц/га до 20-25 ц/га [1-3].

Основные сдерживающие факторы – нарушение положений агротехнологии с одной стороны и глобальные климатические изменения – с другой. Об этом свидетельствуют результаты полевых экспериментов научно-исследовательских учреждений региона, где величины урожайности на оптимальных вариантах элементов агротехнологии в разных гидротермических условиях не опускались ниже 30 ц/га [4-5].

Ухудшение условий формирования продуктивности люпина узколистного при несоблюдении технологической дисциплины в изменяющихся метеорологических условиях первой половины вегетационного периода (2-3 пары настоящих листьев – «зеленый боб») отрицательно влияет на становление и функционирование бобово-ризобияльного симбиоза – основного источника азотного питания растений семейства бобовых.

Когда ошибки технологического характера накладываются на неблагоприятные метеорологические условия (избыточное увлажнение, засуха, пониженный или повышенный температурный режим), то азотфиксация уменьшается или приостанавливается, а растение переходит на автотрофный тип питания азотом. Такой переход занимает от нескольких дней до 2-3 недель. В это время рост растений замедляется, снижается темп накопления биомассы, вегетационный период удлиняется, а урожайность падает.

В целях снижения или преодоления отрицательного влияния отмеченного комплекса факторов наукой предлагается использование небольших (30-45 кг/га) «стартовых» доз азота перед посевом. Предполагается, что их внесение в кризисных ситуациях будет заменять азотфиксацию в качестве источника азотного питания, а при установлении благоприятных метеоусловий симбиотрофный тип питания азотом восстановится (Милащенко и др. 1999; Дебелый, 2009). Поскольку российская метеорология до настоящего времени не имеет возможности для разработки достоверного долгосрочного прогноза погоды, то прием с предпосевным внесением «стартовых» доз азота под зернобобовые культуры прочно укоренился в системе удобрения. Между тем, практика его использования указывает на отсутствие прямой корреляции с обеспеченностью растений азотом, уровнем урожайности и

качества зерна. Это связано с различным влиянием азотного удобрения на течение нитрификации в корнеобитаемом слое почвы.

Если в начале указанного временного интервала погода благоприятствует нитрификации и в почве образуются высокие (более 100-150 кг/га) запасы нитратного азота, то они ингибируют рост и развитие клубеньков, активность нитрогеназы и азотфиксация уменьшается [6]. В условиях пониженного температурного режима и высокого уровня увлажнения или при засухе нитрификация в почве замедляется, запасы N-NO₃ существенно снижаются (40-50 кг/га), а азот удобрений в указанных дозах помогает растению справиться с недостатком этого элемента и азотфиксация частично восстанавливается [7].

В последние 15-20 лет в науке и практике активно используется и другой агроприем, преследующий ту же благую цель, а именно – применение по вегетации некорневых подкормок жидкими микроудобрениями и азотом в форме минеральных или органических соединений, легко проникающих внутрь листа и обладающих выраженным ростостимулирующим и антистрессовым эффектом. Изучается также эффективность использования гуматизированных микроудобрений, как при предпосевной обработке семян, так и при некорневых подкормках зернобобовых культур [8-11].

Исследований эффективности комплексного использования средств защиты растений, удобрений и листовых подкормок микроудобрением люпина узколистного детерминантного типа на дерново-подзолистых почвах Центрального Нечерноземья недостаточно для включения в технологический процесс.

Цель исследования – изучение влияния комплекса агротехнических факторов на азотфиксацию, урожайность и зерновую продуктивность люпина при разных метеорологических условиях в течение формирования и активного функционирования бобово-ризобиального симбиоза.

Материалы и методика исследований

Исследования проводили в 2018-2022 годах в краткосрочных полевых опытах на опытном поле ФИЦ «Немчиновка», расположенном в Новой Москве неподалеку от аэропорта «Внуково». Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая, с глубины 60-80 см подстилаемая суглинистой мореной. В годы исследований содержание гумуса в пахотном (0-20 см) слое варьировало от 1,4-1,6% до 1,8-2,1%. Величины рН и Нг изменялись в более широком интервале: 5,3-6,7 и 0,94-2,70 мг-экв/100 г (2018-2021 гг.), 4,6-4,9 и 2,70-3,34 мг-экв/100 г (2022 г).

Содержание подвижного фосфора в 0,2n HCl вытяжке (по Кирсанову) соответствовало высокой, подвижного калия – повышенной и высокой обеспеченности по принятым в настоящее время градациям (табл. 1).

Таблица 1

Агрохимическая характеристика почвы в годы проведения эксперимента. Слой 0-20 см. Весна-начало лета

Год	Агрохимические показатели				
	рН _{KCl}	Нг, мг-экв/100 г	Гумус, %	P ₂ O ₅	K ₂ O
				мг/кг	
2018	5,7-6,7	1,40-1,90	1,6-1,8	165-240	140-180
2019	5,3-6,7	0,94-2,62	1,5-1,7	160-300	130-220
2020	5,3-5,8	2,50-2,70	1,8-2,1	190-220	130-180
2021	5,2-5,6	2,30-3,50	1,4-1,5	180-220	160-200
2022	4,6-4,9	2,70-3,34	1,8-2,1	250-350	180-220

Схемой трехфакторного опыта предусматривалось изучение влияния РК – и NPK – удобрений (фактор А), защитных мероприятий (фактор В) и норм высева (фактор С) на способность люпина к фиксации атмосферного азота и зерновую продуктивность. Дозы удобрений в годы исследований изменялись в широком диапазоне: P₂O₅ – от 30 до 100 кг/га, K₂O – от 30 до 150 кг/га и в среднем за 2018-2022 годы составляли P₆₀K₈₀. Их внесение с

осени под зябь после уборки предшественника поддерживало содержание подвижного фосфора и калия в почве на указанном уровне. Доза азота во все годы составляла 50 кг/га. Для внесения использовали как моноудобрение (суперфосфат двойной гранулированный, хлористый калий, аммиачная селитра, так и сложные – аммофос 12:52, РК (S) 20:20 (2) производства ООО «Фосагро» и концерна «Уралкалий».

Нормы высева люпина в разные годы варьировали от 1,4 до 2,0 млн/га с шагом 0,2 млн/га. В настоящее обобщение включены результаты, полученные в вариантах с нормами 1,6 и 1,8 млн/га, проходящими через весь пятилетний цикл исследований.

Система защитных мероприятий состояла из протравливания семян с использованием Фундазола, СП (2018-2019 гг.), ТМТД, ВСК + Табу, ВСК (2020-2021 гг.), Витарос, ВСК + Табу, ВСК (2022 г.), применения почвенных гербицидов Гезагард, КС и Гонор, КС в 2018 и 2019 годах, Камелот, СЭ в 2020-2021 годах, Лазурит, СП в 2022 году и двукратной обработки посева по вегетации баковой смесью пестицидов различного состава в зависимости от фазы развития растений. В начале вегетации (2-3 пары настоящих листьев) – гербициды Дясои, Пивот (2018-2019 гг.), граминицид Миура, КС (2020-2022 гг.). В бутонизацию-начале цветения – фунгициды Колосаль Про (2018-2021 гг.), Спирит, СК (2022 г.) и инсектициды Данадим, КЭ (2018 г.), Децис Профи, КЭ (2019 г.), Борей Нео, СК (2020-2022 гг.).

При протравливании семян и обработке посева по вегетации в баковые смеси в 2018-2020 годах добавляли препарат Гумистим Zn, В, обладающий ростостимулирующим и антистрессовым эффектом, для помощи растениям по выходу из стресса, обусловленного как использованием средств защиты, так и погодным фактором. В 2021 году его не применяли, а в 2022 году заменили на комплекс жидких микроудобрений органической природы германского производства «Lebosol GmbH» с аналогичным, но более выраженным эффектом. Этот комплекс включал: при добавлении к протравителю – препараты Аминозол (аминокислоты+пептиды+макро-и микроэлементы) и Лебозол – ЗаатгутМикс (макро- и микроэлементы). По вегетации в фазе 2-3 пары настоящих листьев – Лебозол - Молибден, в бутонизацию – начале цветения Лебозол – Бор. Во все сроки использования пестицидов и стимуляторов в качестве прилипателя использовали препарат Фульвитал Плюс (ФРГ) также органической природы.

В день посева семена обрабатывали ризоторфином, содержащим активный штамм N₂-фиксирующих бактерий производства ВНИИСХМ (г. Пушкин, Ленинградской обл.).

Посев проводили в лучшие агротехнические сроки (30 апреля - 7мая) сеялкой Amazone D9. Пестициды и агрохимикаты вносили навесным штанговым опрыскивателем Amazone с шириной захвата 12 м.

Для вычленения эффективности последних использовали результаты исследований 2021 года, полученные в близких гидротермических условиях по тем же пестицидам, но без использования микроудобрений. Повторность в опытах по вариантам удобрений и норм высева четырехкратная. Общая площадь делянки первого порядка 1152 м², второго – 576 м², третьего – 96 м². Предшественник – яровые зерновые.

При закладке и проведении полевых опытов использовали рекомендации, изложенные в методических руководствах «Опытное дело в полеводстве» (Никитенко, 1982), «Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (Федин, 1988), «Планирование полевого опыта и статистическая обработка его данных» (Доспехов, 1985), «Методические указания по оценке качества и питательности новых видов кормов» (Сычев, Лепешкин, 2009). Азотфиксацию изучали методом сравнения (Трепачев, 1999). В качестве культур сравнения в разные годы использовали яровую пшеницу (Злата, Агата), овес (Залп, Азиль), ячмень (Московский 86). Степень засоренности посева изучали весовым методом в двух площадках на делянке по 0,25 м² на двух повторениях.

Метеорологические условия вегетационного периода люпина от всходов до полной спелости зерна (1-я декада мая – 2-я декада августа) 2018-2022 годов имели существенные различия в сравнении со средними многолетними. Три года из пяти (2019, 2021, 2022) характеризовались проявлением засушливости (ГТК 0,80-0,92), 2020-й год – избыточным

увлажнением (ГТК 2,47). Только вегетационный период 2018 года по этому показателю приближался к средней многолетней величине (табл. 2).

Таблица 2

Гидротермические условия по периодам вегетации люпина узколистного, 2018-2022 гг.

Год	ГТК (по Селянинову)				
	Посев– всходы	Всходы– 2-3 пары настоящих листьев	2-3 пары настоящих листьев– «зеленый боб»	«Зеленый боб» – полная спелость	Всходы – полная спелость
2021	1,08	0,93	0,69	1,25	0,92
2019	2,77	0,24	1,39	0,73	0,92
2018	2,55	0,59	1,65	0,71	1,18
2020	0,79	4,25	2,29	0,44	2,47
2022	2,47	0,51	0,90	0,32	0,80
Среднее многолетнее	1,39	1,35	1,65	2,18	1,48

Результаты исследований

Детерминантный тип люпина узколистного вследствие отсутствия ветвления не способен активно противостоять сорному компоненту агрофитоценоза и для формирования максимальной продуктивности требует проведения защитных мероприятий комплексного характера, включающих как агротехнические меры (предшественник сплошного сева, культурная вспашка с оборотом пласта, довсходовое боронование), так и применение гербицидов.

К началу цветения люпина наибольшая сырая масса сорняков 564-820 г/м² наблюдалась в 2018-2020 годах (ГТК 1,39-2,29). Предпосевное внесение 50 кг/га N на фоне РК повышало ее с 564-680 г/м² до 660-820 г/м² (+17-33%). В засушливых условиях 2021-2022 годов (ГТК 0,69 и 0,90) при меньшей массе сорного компонента азотное удобрение повышало величину рассматриваемого показателя с 78-200 г/м² до 154-340 г/м² (+70-97%).

Применение почвенных гербицидов прометринового ряда, а по вегетации – на основе имазетапира в 2018-2019 годах обеспечивало снижение засоренности посева в среднем на 37%, в том числе по фону РК – на 22-42%, NPK – на 32-51%. Почвенные гербициды нового поколения Камелот, СЭ и Лазурит, СП, а по вегетации – граминицид Миура (АО «Август») были белее эффективны. В засушливых условиях первой половины вегетации люпина в 2021-2022 годах, избыточно влажных – 2020 года их использование приводило к уменьшению сырой массы сорняков на 93-100% (табл. 3).

Гербицидная защита, повышая конкурентную способность культурного компонента агрофитоценоза в борьбе за факторы жизнеобеспечения, с одной стороны – создавала предпосылки к увеличению продуктивности, с другой – оказывала определенное негативное влияние на азотфиксацию, очевидно за счет ингибирующего воздействия на метаболизм в растениях люпина несмотря на наличие антидота. Так, в засушливом 2021 году доля симбиотически связанного азота в общем потреблении люпином этого элемента на свободном от гербицидов фоне составила в среднем 50% (Кф=0,50), а при их применении уменьшилась до 40% (Кф=0,40) или на 20 относительных процентов.

При чем, азот удобрения способствовал смягчению отрицательного влияния этого фактора, стабилизируя величину Кф на уровне 0,43 или на 13 % выше, чем на фосфорно-калийном фоне. В сходных условиях увлажнения 2022 года тенденции влияния рассматриваемых агротехнических факторов на азотфиксацию в основном сохранялись, но были менее выраженными. Это связано с введением в технологический процесс жидких микроудобрений органической природы. Так, под влиянием применения гербицидов величина Кф уменьшилась только на 5% или в среднем с 0,63 до 0,60, а отрицательный

эффект от предпосевного внесения азотного удобрения и вовсе не проявился (Кф 0,58 и 0,57) соответственно (табл. 3).

Таблица 3

**Влияние удобрений и гербицидов на массу сорного компонента люпинового агрофитоценоза при разных погодных условиях 2018-2022 гг.
Среднее по нормам высева**

Элементы агротехнологии		ГТК за период 2-3 пары настоящих листьев – «зеленый боб»				
Применение гербицидов, +/-	Удобрение, кг/га	0,69	1,39	1,65	2,29	0,90
		Год				
		2021	2019	2018	2020	2022
Сырая масса сорняков, г/м ²						
–	P ₆₀ K ₈₀	200	680	615	564	78
	N ₅₀ P ₆₀ K ₈₀	340	810	820	660	154
+	P ₆₀ K ₈₀	28	395	480	0	0
	N ₅₀ P ₆₀ K ₈₀	23	395	560	0	0
Изменение засоренности, +/- $\frac{\text{г/м}^2}{\%}$						
–	P ₆₀ K ₈₀	–	–	–	–	–
	N ₅₀ P ₆₀ K ₈₀	+ $\frac{140}{70}$	+ $\frac{130}{19}$	+ $\frac{205}{33}$	+ $\frac{96}{17}$	+ $\frac{76}{97}$
+	P ₆₀ K ₈₀	– $\frac{172}{86}$	– $\frac{285}{42}$	– $\frac{135}{22}$	– $\frac{564}{100}$	– $\frac{78}{100}$
	N ₅₀ P ₆₀ K ₈₀	– $\frac{317}{93}$	– $\frac{415}{51}$	– $\frac{260}{32}$	– $\frac{660}{100}$	– $\frac{154}{100}$

При ГТК, близком к среднему многолетнему (2018-2019 гг.), размеры коэффициента N₂ – фиксации характеризовались высокими величинами. На фосфорно-калийном фоне питания в зависимости от нормы высева они варьировали в пределах 0,62-0,74. Азот, при предпосевном внесении в дозе 50 кг/га, снижал Кф на 76-89% или до 0,07-0,20, что указывает на основополагающую роль биологического азота в обеспечении азотного питания люпина при нормальных условиях увлажнения.

В избыточно влажном 2020 году Кф на фоне применения гербицидов в среднем составил 0,14, что было на 65% и 77% ниже в сравнении с аналогичными значениями в засушливых 2021 и 2022 годах. Под влиянием предпосевного внесения азота его величина уменьшалась с 0,20 на фоне РК до 0,07 или на 65% (табл. 4). В этих условиях азот почвы и удобрений становился основным источником азотного питания люпина.

Таблица 4

Азотфиксирующая способность люпина узколистного при разных гидротермических условиях первой половины вегетации

Элементы агротехнологии		Год					Среднее
Применение гербицидов, +/-	Удобрение, кг/га	2021	2019	2018	2020	2022	
				ГТК за период 2-3 пары настоящих листьев – «зеленый боб»			
		0,69	1,39	1,65	2,29	0,90	
Коэффициент N ₂ – фиксации (Кф)							
–	P ₆₀ K ₈₀	0,50	–	–	–	0,68	–
	N ₅₀ P ₆₀ K ₈₀	0,50	–	–	–	0,58	–
+	P ₆₀ K ₈₀	0,38	0,62	0,74	0,20	0,62	0,51
	N ₅₀ P ₆₀ K ₈₀	0,43	0,07	0,20	0,07	0,57	0,27

Отмеченные особенности влияния макро- и микроудобрений, гербицидной защиты растений на способность к фиксации атмосферного азота в разных метеорологических условиях первой половины вегетационного периода люпина оказывали влияние на урожайность зерна и продуктивность. При ГТК, близком к средним многолетним значениям (2018-2019 гг.), урожайность зерна в зависимости от элементов агротехнологии варьировала в диапазоне 2,34-3,64 т/га и в среднем составляла 3,01 т/га. Использование гербицидной защиты обеспечивало в среднем по удобрениям и нормам высева получение 3,30 т/га зерна или на 0,59 т/га (18%) выше, чем без ее применения.

Независимо от присутствия или отсутствия гербицидов в системе защиты люпина наиболее высокая урожайность зерна, в среднем равная 3,18 т/га, формировалась по фосфорно-калийному фону. Азот в составе полного минерального удобрения уменьшал величину ее до 2,83 т/га или на 11%.

Поскольку изучаемые нормы высева люпина (1,6-1,8 млн/га) в эти годы не оказывали достоверного влияния на ее величину, то в качестве оптимальной следует принять норму 1,6 млн/га, где по фону гербицидной защиты без дополнительного внесения азотного удобрения урожайность зерна достигла 3,44 и 3,49 т/га соответственно по годам (+34% и 31%) к аналогичным величинам в вариантах, свободных от гербицидов (табл. 5).

Сбор сырого протеина при этом составлял 1,16 и 1,18 т/га (+45% и +39%), а накопление обменной энергии 45,5 и 46,2 ГДж/га (+35 и +31%) или в расчете на 1 кг кормовых единиц 242 г и 239 г, 9,80 и 9,87 МДж соответственно (табл. 5).

В условиях избыточного увлажнения (ГТК 2,29) урожайность зерна в среднем по опыту уменьшилась до 2,53 т/га с колебаниями от 1,64 т/га до 3,46 т/га. Эффективность гербицидной защиты составила 72% или +1,34 т/га зерна. Азот удобрений, повышая массу сорняков без использования гербицидов, обеспечивал снижение урожайности в среднем с 1,98 т/га до 1,75 т/га (-12%), а с их применением оказывал положительное влияние, повышая урожайность в среднем на 15 % или от 2,98 т/га до 3,20 т/га. Максимальная величина ее 3,46 т/га была сопоставима с аналогичными значениями в предыдущие годы. Она создавалась при норме высева 1,6 млн/га по фону гербицидной защиты, но с внесением 50 кг/га азота перед посевом. На этом варианте сбор сырого протеина и накопление обменной энергии находились на уровне предыдущих лет исследования – 1,18 т/га и 45,8 ГДж/га. Близкой была и обеспеченность 1 кг кормовых единиц – 240 г сырого протеина и 9,33 МДж обменной энергии (табл. 5).

В засушливых условиях при ГТК 0,69 (2021 г) средняя урожайность зерна люпина в опыте составила 2,66 т/га с колебаниями от 2,30 т/га до 3,26 т/га. Как и в предыдущие годы использование гербицидной защиты приводило к росту ее в среднем с 2,42 т/га до 2,90 т/га или на 20%. На этом фоне также отмечалось положительное влияние предпосевного азотного удобрения + 27% к фону РК (3,24 т/га против 2,56 т/га) соответственно, в то время как без использования гербицидов проявлялась слабо выраженная тенденция его уменьшения (-2%).

Максимум урожайности зерна люпина 3,26 т/га получен при норме высева 1,6 млн/га по фону гербицидной защиты и дополнительном внесении азота в составе НРК. Прибавка к величине ее на аналогичном варианте без гербицидов составила 0,85 т/га или 35% (табл. 5).

В сопоставимых условиях увлажнения (2022 г.), при добавлении комплекса жидких микроудобрений с ростостимулирующим и антистрессовым эффектом производства ФРГ в смесь пестицидов для протравливания семян и использования по вегетации, урожайность зерна значительно возросла. В среднем по опыту она составила 4,01 т/га или +51% к аналогичной величине 2021 года. Эффективность гербицидной защиты находилась при этом в пределах 20%, а влияние азотного удобрения и норм высева не проявлялось. Близкий к максимальному уровень урожайности 4,37 т/га (96%) создавался нормой высева 1,6 млн/га при осеннем внесении фосфорно-калийного удобрения и использовании гербицидов и на 1,11 т/га (34%) превышал величину максимальной урожайности предыдущего года, но полученную в варианте $N_{50}P_{60}K_{80}$ без использования микроудобрений по вегетации (табл. 5).

**Урожайность зерна и продуктивность люпина узколистного
при разных погодных условиях в период формирования и налива зерна
(2-3 пары настоящих листьев – «зеленый боб»)**

Продуктивность	ГТК	Год	Гербицидная защита, -/+ (фактор А)							
			–				+			
			удобрение, кг/га (фактор В)							
			P ₆₀ K ₈₀		N ₅₀ P ₆₀ K ₈₀		P ₆₀ K ₈₀		N ₅₀ P ₆₀ K ₈₀	
			нормы высева, млн/га (фактор С)							
1,6	1,8	1,6	1,8	1,6	1,8	1,6	1,8			
Кормовые единицы, тыс.	0,69	2021	3,19	3,40	3,14	3,04	3,35	3,40	4,33	4,29
	0,90	2022	4,92	5,15	4,72	4,58	5,90	5,63	6,03	5,83
	1,39	2019	3,41	3,82	3,56	3,62	4,61	4,67	3,99	4,74
	1,65	2018	3,47	4,42	3,45	3,11	4,68	4,86	4,02	3,80
	2,29	2020	2,93	2,66	2,51	2,33	4,08	4,38	4,91	4,81
Сбор сырого протеина, т/га	0,69	2021	0,70	0,75	0,64	0,67	0,75	0,72	0,98	0,97
	0,90	2022	1,13	1,16	1,13	0,99	1,54	1,42	1,35	1,48
	1,39	2019	0,80	0,91	0,82	0,83	1,16	1,14	0,97	1,13
	1,65	2018	0,85	1,18	0,87	0,72	1,18	1,16	1,02	0,96
	2,29	2020	0,73	0,60	0,64	0,55	0,98	1,05	1,18	1,18
Накопление обменной энергии, ГДж/га	0,69	2021	31,6	33,8	29,8	33,5	31,7	30,3	42,8	42,4
	0,90	2022	48,7	50,8	46,8	45,4	57,6	55,6	60,0	57,6
	1,39	2019	33,7	37,7	35,3	35,8	45,5	46,1	39,4	46,8
	1,65	2018	35,2	43,6	34,0	30,8	46,2	48,0	39,6	37,4
	2,29	2020	27,3	24,9	24,0	21,7	38,1	40,8	45,8	48,8
Урожайность, т/га	0,69	2021	2,41	2,58	2,41	2,30	2,53	2,58	3,26	3,23
	0,90	2022	3,70	3,87	3,55	3,47	4,37	4,20	4,57	4,35
	1,39	2019	2,56	2,86	2,68	2,72	3,44	3,49	2,98	3,55
	1,65	2018	2,67	3,28	2,57	2,34	3,49	3,64	2,99	2,83
	2,29	2020	2,06	1,89	1,86	1,64	2,88	3,08	3,46	3,38
Фактор		A=	B=	C=	AB=	AC=	BC=	ABC=		
НСР ₀₅ , т/га	2021	0,25	0,25	0,35	0,35	0,43	0,43	0,61		
	2022	0,58	F _ф <F _т	F _ф <F _т	F _ф <F _т	F _ф <F _т	F _ф <F _т	F _ф <F _т		
	2019	0,40	0,26	0,32	0,45	0,48	0,45	0,55		
	2018	0,28	0,20	0,20	0,24	0,22	0,28	0,36		
	2020	0,28	0,28	0,34	0,39	0,49	0,49	0,69		

Прибавка урожая зерна от некорневых подкормок достигалась за счет повышения массы 1000 зерен со 120 г до 145 г (+21%), количества бобов на растении с 3,7 шт. до 6.1 шт. (+65%), массы зерна с растения с 1,05 г до 2,21 г (+110%). Отмеченное оптимальное сочетание защиты растений и удобрения обеспечивало максимальный за все годы (2018-2022 гг.) сбор сырого протеина 1,54 т/га (+57%) и близкое к максимальному накопление обменной энергии 57,6ГДж (табл. 5) или 261 г и 9,78 МДж в расчете на 1 кг кормовых единиц.

Полученные нами научные данные по эффективности применения некорневых подкормок люпина узколистного жидкими микроудобрениями с антистрессовым и ростостимулирующим эффектом убедительно свидетельствуют в пользу их использования в агротехнологии. Тем не менее, требуются дополнительные исследования поведения их в иных гидротермических условиях вегетационного периода, которые планируется проводить в последующие 2023-2026 годы.

Выводы

1. Наилучшие условия для азотфиксации, формирования урожайности зерна и продуктивности люпина узколистного сорта Ладный на дерново-подзолистой

среднесуглинистой почве центра Нечерноземной зоны РФ с содержанием подвижного фосфора и калия не ниже IV–V классов обеспеченности создавались при ГТК в первой половине вегетации 1,39-1,65 на фоне гербицидной защиты, осеннего внесения $P_{60}K_{80}$ и посева нормой высева 1,6 млн/га. Коэффициент N_2 – фиксации, урожайность зерна, сбор протеина и энергии при этом в среднем составляли 0,68, 3,30 т/га, 1,17 т/га 45,8 ГДж/га соответственно.

2. Недостаточное увлажнение (ГТК 0,69) снижало величины рассматриваемых показателей в среднем до 0,53, 2,66 т/га, 0,77 т/га, 34,5 ГДж/га (-22, 19, 34 и 25%). Негативное влияние погодного фактора усиливалось при избыточном увлажнении. Коэффициент N_2 – фиксация уменьшался до 0,14, урожайность зерна и показатели продуктивности – до 2,82 т/га, 0,86 т/га, 33,9 ГДж/га или на 79, 15, 26, и 26%.

3. Применение гербицидов и предпосевное внесение 50 кг/га N независимо от состояния погодного фактора, оказывало отрицательное влияние на азотфиксацию, снижая величины Кф в среднем с 0,56 до 0,39 (-30%) и с 0,56 до 0,45 (-20%) соответственно. Однако азот удобрений, в целом, положительно влиял на урожайность зерна и накопление обменной энергии (+1-7%) к аналогичным значениям на РК – фоне, но не изменял размера сбора сырого протеина. Прибавки от азота удобрений возрастали в аномальных условиях увлажнения – до 6-8% при засухе и до 4-20% при переувлажнении.

4. Внесение жидких микроудобрений органической природы с протравителем и в баковой смеси дважды за вегетацию со средствами защиты растений «по листу» в засушливых условиях стабилизировали величину Кф люпина на уровне 0,62, близком к аналогичным значениям при нормальном увлажнении. Урожайность зерна, сбор сырого протеина и энергии при этом достигали в среднем 4,37 т/га, 1,45 т/га и 57,7 ГДж/га или +51, 69 и 57 % к величинам без их применения.

5. Гербицидная защита люпина, повышая конкурентную способность культурного агрофитоценоза в борьбе за факторы жизнеобеспечения за счет снижения засоренности в разные годы от 32-51% до 100%, обеспечивала рост урожайности зерна в среднем по факторам, кроме изучаемого, на 28%, сбора протеина и энергии на 35% и 28%. Ее положительное влияние усиливалось при избыточном увлажнении до 72%, 75%, 77%.

6. Урожайность зерна, сбор протеина и энергии, близкие к достигнутым в опыте максимальным значениям, равные 4,37 т/га, 1,54 т/га и 57,6 ГДж/га в условиях умеренной засушливости (ГТК 0,90) создавались при норме высева люпина 1,6 млн/га на фоне гербицидной защиты, осеннего внесения фосфорно-калийных удобрений и использования жидких микроудобрений. Эффективность отмеченного сочетания элементов агротехнологии составляла 73%, 105% и 82%, соответственно по указанным показателям.

Литература

1. Агропромышленный комплекс России в 2019 году. – М: Росинформагротех, – 2019. – С. 121-125.
2. Меднов А.В., Крук Е.С. Результаты испытания зернобобовых культур в разных экологических зонах РФ // Современные тенденции в научном обеспечении агропромышленного комплекса - Иваново: ПресСто, 2020. – С. 192-196.
3. Корелина А.В., Батакова О.Б., Злобина И.В. Перспективы возделывания люпина узколистного в субарктической зоне России // Изв. ТСХА. – 2020. – №6. – С. 5-13.
4. Близнюк В.В. Влияние гербицидов на засоренность, физиологические параметры и урожайность детерминантных сортов узколистного люпина в условиях Центральные районов Нечерноземной зоны РФ // Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Москва – Немчиновка. – 2008. – 21с.
5. Лукашов В.Н., Исаков А.Н., Короткова Т.Н. Особенности формирования урожайности и качества зерна одновидовых посевов и двойных смесей кормовых культур на среднесуглинистых серых лесных почвах Калужской области // Научное обеспечение аграрного производства в современных условиях. Сб. материалов международной науч.- практич. конф. ч.1. Смоленск, ООО «Принт-Экспресс. – 2010. – С. 195-197.
6. Косиков А.О., Новикова Н.Е., Бобков С.В., Зеленов А.А. Некорневая подкормка удобрениями и их совместное использование с фиторегуляторами для повышения продуктивности и адаптивных свойств гороха. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 1. – С. 5-9.
7. Конончук В.В., Тимошенко С.М., Назарова Т.О., Штырхунов В.Д., Никиточкин Д.Н., 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. DOI 10. 24412/2309 – 348X – 2021 – 2 -104-114.

8. Слесарева Т.Н., Зайцева Н.М. Применение лигногумата марки АМ при выращивании люпина узколистного // Аграрная наука и развитие отраслей сельского хозяйства региона / Сб. науч. трудов по материалам науч.- практ. конф. с международным участием. Калуга. – 2020. – С. 62-65.

9. Клочкова О.В., Холодинский В.В. Эффективность обработки семян люпина узколистного защитно-стимулирующими составами с микроудобрениями // Вестник БСХА. – 2021. – № 1. – С. 121-125.

10. Радкевич М.Л. Влияние макро-, микроудобрений, регуляторов роста растений и бактериальных удобрений на урожайность и качество семян люпина узколистного. // Земледелие и растениеводство. – 2020 (5) – С. 31-35. Республика Беларусь.

11. Яговенко Г.Л., Яговенко Т.В., Трошина Л.В., Грибушенкова Н.В. Влияние регулятора роста «Циркон» и микроудобрения «Аква-микст СТ» на элементы продуктивного процесса люпина узколистного // Кормопроизводство. – 2021. – № 8. – С. 32-37.

References

1. Agropromyshlenniy kompleks Rossii v 2019 godu [Agro-industrial complex of Russia in 2019], Moscow, Rosinformagrotekh, 2019, pp. 121-125. (In Russian)

2. Mednov A.V., Kruk E.S. Rezul'taty ispytaniya zernobobovykh kul'tur v raznykh ekologicheskikh zonakh RF [The results of testing leguminous crops in different ecological zones of the Russian Federation] Modern trends in the scientific support of the agro-industrial complex - Ivanovo: Presso, 2020, pp. 192-196. (In Russian)

3. Korelina A.V., Batakova O.B., Zlobina I.V. Perspektivy vozdeystviya lyupina uzkolistnogo v subarkticheskoy zone Rossii [Prospects for the cultivation of narrow-leaved lupine in the subarctic zone of Russia]. *Izv. TSCA*, 2020, no.6, pp. 5-13. (In Russian)

4. Bliznyuk V.V. Vliyaniye gerbitsidov na zasorennost', fiziologicheskie parametry i urozhainost' determinantnykh sortov uzkolistnogo lyupina v usloviyakh Tsentral'nykh raionov Nечерноземной зоны RF [Influence of herbicides on weediness, physiological parameters and productivity of determinant varieties of narrow-leaved lupine in the conditions of the Central regions of the Nonchernozem zone of the Russian Federation]. PhD thesis (Agric.), Moscow, Nemchinovka, 2008, 21p. (In Russian)

5. Lukashov V.N., Isakov A.N., Korotkova T.N. Osobennosti formirovaniya urozhainosti i kachestva zerna odnovidovykh posevov i dvoynykh smesei kormovykh kul'tur na srednesuglinistykh serykh lesnykh pochvakh Kaluzhskoy oblasti [Features of the formation of productivity and grain quality of single-species crops and double mixtures of fodder crops on medium loamy gray forest soils of the Kaluga region]. Scientific support of agricultural production in modern conditions /Materials of the International scientific - practical. conf. part 1. Smolensk, OOO Print-Express, 2010, pp. 195-197. (In Russian)

6. Kosikov A.O., Novikova N.E., Bobkov S.V., Zelenov A.A. Nekornevaya podkormka udobreniyami i ikh sovmestnoye ispol'zovanie s fitoregulyatorami dlya povysheniya produktivnosti i adaptivnykh svoystv gorokha [Foliar top dressing with fertilizers and their combined use with phyto regulators to increase productivity and adaptive properties of peas]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. no. 1, 2019, pp. 5-9. (In Russian)

7. Kononchuk V.V., Timoshenko S.M., Nazarova T.O., Shtyrkhunov V.D., Nikitochkin D.N., Shurkin A.Yu., Kolotilina Z.M. Zernovaya produktivnost' i azotfiksiruyushchaya sposobnost' lyupina uzkolistnogo v zavisimosti ot norm vyseva, udobrenii i primeneniya gerbitsidov pri raznykh pogodnykh usloviyakh v Tsentre Nечерноземной зоны Rossii [Grain productivity and nitrogen-fixing ability of narrow-leaved lupine depending on seeding rates, fertilizers and herbicide application under different weather conditions in the Center of the Non-Chernozem zone of Russia]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. No.2 (38). 2021. pp. 104-114. DOI 10. 24412/2309 – 348X – 2021 – 2 -104-114.

8. Slesareva T.N., Zaitseva N.M. Primenenie lignogumata marki АМ pri vyrashchivaniy lyupina uzkolistnogo [The use of lignohumate brand АМ in the cultivation of narrow-leaved lupine]. Agrarian science and development of agricultural sectors of the region/Proc. scientific works based on the materials of scientific-pract. conf. with international participation. Kaluga. 2020, pp. 62-65. (In Russian)

9. Klochkova O.V., Kholodinsky V.V. Effektivnost' obrabotki semyan lyupina uzkolistnogo zashchitno-stimuliruyushchimi sostavami s mikroudobreniyami [Efficiency of seed treatment of narrow-leaved lupine with protective and stimulating compounds with microfertilizers]. *Vestnik BSHA*, 2021, no.1, pp. 121-125. (In Russian)

10. Radkevich M.L. Vliyaniye makro-, mikroudobrenii, regulyatorov rosta rastenii i bakterial'nykh udobrenii na urozhainost' i kachestvo semyan lyupina uzkolistnogo [The influence of macro-, microfertilizers, plant growth regulators and bacterial fertilizers on the yield and quality of narrow-leaved lupine seeds]. *Zemledelie i rasteniyevodstvo*. 2020 (5), pp.31-35. Republic of Belarus

11. Yagovenko G.L., Yagovenko T.V., Troshina L.V., Gribushenkova N.V. Vliyaniye regulyatora rosta «Tsirkon» i mikroudobreniya «Akva-mikst ST» na elementy produktivnogo protsessa lyupina uzkolistnogo [Influence of growth regulator "Zircon" and microfertilizer "Aqua-mixt ST" on the elements of the productive process of narrow-leaved lupine]. *Kormoproizvodstvo*, 2021, no. 8, pp. 32-37. (In Russian)