

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ ФОРМ УДОБРЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА ЛЮПИНА БЕЛОГО

Г.Л. Яговенко, доктор сельскохозяйственных наук, директор, ORCID ID: 0000-0003-3205-230X;

Т.В. Яговенко, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник направления физиологии растений, lupin.labphys@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7398-320X;

Т.Н. Слесарева, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник направления технологии возделывания люпина, lupin.technology@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0146-8986;

Н.М. Зайцева, старший научный сотрудник научного направления физиологии растений, ORCID ID: 0000-0003-4952-529X;

Н.В. Мисникова, кандидат сельскохозяйственных наук, ученый секретарь, lupin_nvmsnikova@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-5746-6539

Всероссийский научно-исследовательский институт люпина – филиал ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»,

241524, Россия, г. Брянск, п/о Мичуринский, ул. Березовая, д. 2, e-mail: lupin_mail@mail.ru

Обоснование и разработка элементов технологии получения устойчивой урожайности зерна люпина является важной и актуальной задачей для расширения площадей под этой культурой. Приведены результаты исследований по влиянию удобрений Аквамикс СТ, Метаборат калия, Тиатон на показатели урожайности и качества зерна люпина белого. Исследования проводили в 2018–2019 гг. во ВНИИ люпина – филиале ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», в почвенно-климатических условиях юго-западной части Нечерноземной зоны. Цель исследований – изучение эффективности действия указанных микро- и макроудобрений нового поколения и способов их применения на ряд показателей, способствующих повышению продуктивности и качества зерна люпина белого. Применение удобрений Аквамикс СТ и Метаборат калия способствовало повышению урожая зерна люпина белого в среднем на 37,5 и 35,4%. Установлено увеличение содержания белка от 5,0 до 5,8% в зерне люпина белого сорта Пилигрим во всех вариантах внесения Аквамикса СТ. Применение Аквамикса СТ и Метабората калия по вегетирующим растениям снижало алкалоидность зерна люпина на 24,7–34,6%. Обработки посевов люпина белого в фазу бутонизации Аквамиксом СТ и Метаборатом калия увеличивали содержание каротина в зерне на 34,3 и 25,0% соответственно. Анализ данных показал, что максимальным количеством лизина и каротина характеризовался вариант, включающий предпосевную обработку семян Аквамиксом СТ и последующую обработку вегетирующих растений в фазе бутонизации. Отмечено, что применение микро- и макроудобрений приводило к росту кормовых единиц и переваримого протеина. Применение Аквамикса СТ, включающее предпосевную обработку семян и две обработки по вегетации, обеспечивало наибольший сбор переваримого протеина – 1,26 т/га, кормовых единиц – 6,0 т/га, обменной энергии – 54,8 ГДж/га. Метаборат калия, используемый для обработки вегетирующих растений в фазу бутонизации, показал практически такие же результаты. Более ценными в кормовом отношении были варианты, совмещающие высокую урожайность с высоким качеством зерна.

Ключевые слова: микроудобрения, люпин белый, урожайность, алкалоидность, белок, переваримый протеин, обменная энергия.

Для цитирования: Яговенко Г.Л., Яговенко Т.В., Слесарева Т.Н., Зайцева Н.М., Мисникова Н.В. Использование новых форм удобрений для повышения урожайности и качества зерна люпина белого // Зерновое хозяйство России 2022. № 1(79). С. 89–94. DOI: 10.31367/2079-8725-2022-79-1-89-94.



APPLICATION OF NEW FORMS OF FERTILIZERS TO IMPROVE PRODUCTIVITY AND GRAIN QUALITY OF WHITE LUPINE

G.L. Yagovenko, Doctor of Agricultural Sciences, director, ORCID ID: 0000-0003-3205-230X;

T.V. Yagovenko, Candidate of Biological Sciences, leading researcher of the direction for plant physiology, lupin.labphys@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-7398-320X;

T.N. Slesareva, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the direction for lupine cultivation technologies, lupin.technology@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0146-8986;

N.M. Zaitseva, senior researcher of the direction for plant physiology, ORCID ID: 0000-0003-4952-529X;

N.V. Misnikova, Candidate of Agricultural Sciences, scientific secretary, lupin_nvmsnikova@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-5746-6539

All-Russian Research Institute of Lupine – a branch of the FWRC FPA,

241524, Russia, Bryansk, v. of Michurinsky, Berzovaya Str., 2; e-mail: lupin_mail@mail.ru

Substantiation and development of technology elements for obtaining a sustainable productivity of lupine grain is an important and urgent task for expanding the area under this grain crop. There have been considered the study results of the effect of fertilizers 'Aquamix ST', 'Metaborat Kaliya', 'Tiaton' on productivity and grain quality of white lupine. The study was carried out at the All-Russian Research Institute of Lupine – a branch of the FWRC FPA, in the

soil and climatic conditions of the southwestern part of the Non-Chernozem zone in 2018-2019. The purpose of the current study was to estimate the efficiency of these innovative micro- and macrofertilizers and the methods of their application on a number of indicators that improve productivity and grain quality of white lupine. The application of fertilizers 'Aquamix ST' and 'Metaborat Kaliya' contributed to an increase of white lupine grain productivity on 37.5 and 35.4%. There has been determined protein increase from 5.0 to 5.8% in grain of the white lupine variety 'Pilgrim' in all application variants of 'Aquamix ST'. The use of 'Aquamix ST' and 'Metaborat Kaliya' in the vegetation period of plants reduced alkaloid content of lupine grain on 24.7-34.6%. Application of 'Aquamix ST' and 'Metaborat Kaliya' in white lupine budding stage increased carotene content in grain on 34.3 and 25.0%, respectively. The analysis of the data showed that the variant including pre-seeding treatment with 'Aquamix ST' and subsequent treatment in the budding stage of plants was characterized by the maximum amount of lysine and carotene. There was noted that the application of micro- and macrofertilizers resulted in an increase in feed units and digestible protein. Application of 'Aquamix ST', including pre-seeding treatment and two treatments in the vegetation period of plants provided the largest yield of digestible protein (1.26 t/ha), 6.0 t/h of feed units, and 54.8 GJ/ha of exchangeable energy. 'Metaborat Kaliya', used in the treatment of plants in their budding phase, showed almost the same results. The options that combined high productivity with high grain quality were more valuable according their feed value.

Keywords: microfertilizers, white lupine, productivity, alkaloid content, protein, digestible protein, exchangeable energy.

Введение. В последнее десятилетие повышается актуальность экологических, ресурсосберегающих подходов в производстве продукции растениеводства. Большое значение приобретает использование многокомпонентных микроудобрений и регуляторов роста для внекорневых подкормок сельскохозяйственных культур (El-Saeid et al., 2011) Дефицит белка в мире в настоящее время оценивается в 20–25% от общей потребности. Одним из путей решения проблемы является возделывание люпина белого (*Lupinus albus* L.), будет обеспечивать потребности как в кормовом, так и в пищевом белке. Современные сорта люпина белого содержат в семенах до 40,0%, а в зеленой массе – до 23,0% белка. Урожайность этой культуры достаточно высока – 4,0–6,0 т/га, но не всегда стабильна по годам выращивания, поэтому использование новых форм микроудобрений, позволяющих при минимальных дозах, стабилизировать этот признак, является актуальным.

Реализация генетического потенциала зернобобовых культур возможна лишь в условиях полного удовлетворения биологических потребностей, что может быть осуществлено благоприятным сочетанием почвенно-климатических и технологических факторов (Радкевич, 2020). Лимитирующим фактором урожайности часто становится недостаточное обеспечение растений элементами питания на протяжении периода вегетации. В настоящее время оптимизация питания растений микроэлементами особенно актуальна. Отмечается, что применение в посевах люпина узколистного бора, молибдена, кобальта способствует формированию активных клубеньков, а марганца, меди и цинка – более активному совместному взаимодействию микро- и макросимбионтов (Вильдфлуш и др., 2015). В связи с этим необходимо находить новые препараты и приемы, обеспечивающие решение проблемы оптимизации питания люпина. В настоящее время появились новые микроудобрения в хелатной и органоминеральной форме, а также комплексные препараты на основе микроэлементов и регуляторов роста. По данным ВНИИ люпина (Слесарева и Вавуленкова, 2018), вне-

сение водорастворимого удобрения Акварина марки 13 в фазы стеблевания или бутонизации позволяет получать 4,01–4,24 т/га семян люпина белого. Достоверные прибавки по отношению к контрольному варианту находились на уровне 0,53–0,76 т/га. Внесение Акварина марок 13 и 15 во все изучаемые фазы увеличивает фиксацию атмосферного азота на 42,2–67,6 кг/га. Коэффициент азотфиксации после применения препарата возрос до 80,8–82,3%. Совместное использование препаратов Аквамикс Т и регулятора роста Циркон усиливало «стартовое» развитие растений люпина узколистного, что в конечном итоге отразилось на росте урожайности семян. Оптимизация системы питания растений люпина за счет применения микроудобрений и регуляторов роста оказывает положительное влияние практически на все стороны продукционного процесса этой культуры (Яговенко и Пигарева, 2019). Научнообоснованная обработка семян и вегетирующих растений удобрениями нового поколения позволит существенно улучшить рост и развитие растений, а также стабилизировать урожайность зернобобовых культур, в частности люпина белого. Одним из этапов в решении этой задачи является поиск для сортов люпина белого перспективных препаратов и методов их применения. В связи с чем, целью данных исследований стало изучение эффективности микро- и макроудобрений нового поколения – Аквамикс СТ, Тиатона, Метабората калия – и способов их применения в посевах люпина белого.

Материалы и методы исследований. Исследования выполняли в 2018, 2019 гг. в условиях опытного поля ВНИИ люпина – филиала ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса». Закладку, проведение полевых опытов и статистическую обработку данных проводили по методике Б.А. Доспехова (1985). Объектом исследований служил сорт люпина белого Пилигрим. Изучали препараты Аквамикс СТ (Cu – 0,53%, Zn – 0,53%, Mn – 2,57%, Ca – 2,57%, Fe (ЭДТА) – 2,1%, Fe (ДТПА) – 1,74%, Mo – 0,13%, B – 0,52%), Тиатон (5% коллоидная сера), Метаборат калия (K₂O – 44,0%; B – 10,1%) в дозах согласно схеме опыта (табл. 1).

1. Схема опыта 1. Scheme of the field trial

Вариант	Норма применения	Примечание
Контроль	–	–
Аквамикс СТ	150 г/т	Обработка семян
Аквамикс СТ	150 г/т + 500 г/л	Обработка семян + опрыскивание в фазу бутонизации
Аквамикс СТ	150 г/т + 500 г/л + 500 г/л	Обработка семян + опрыскивание в фазу 2–4 листьев + опрыскивание в фазу бутонизации
Тиатон	5 л/га	Опрыскивание в фазу 2–4 листьев
Тиатон	5 л/га + 5 л/га	Опрыскивание в фазу 2–4 листьев + опрыскивание в фазу бутонизации
Метаборат калия	500 г/га	Опрыскивание в фазу 2–4 листьев
Метаборат калия	500 г/га	Опрыскивание в фазу бутонизации

Почва опытного участка серая лесная легкосуглинистая. Пахотный слой мощностью 22–24 см.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя: рН солевой вытяжки – 5,5; подвижного фосфора (по Кирсанову) – 12,5 и обменного калия (по Масловой) – 14,8 мг/100 г почвы, содержание гумуса – 2,53%. Норма высева семян люпина – 1,0 млн. всхожих семян на га, площадь деланки – 25 м², повторность 4-кратная, размещение деланок систематическое.

Метеорологические условия в годы проведения исследований (2018, 2019 гг.) отличались от среднемноголетних показателей как по температурному режиму, так и по количеству осадков. Сумма активных температур за период вегетации люпина белого превышала среднемноголетнюю: в 2018 году – на 353,1 °С, в 2019 г. – на 189,9 °С. Количество осадков в 2018 году было меньше нормы на 75,9% (ГТК – 1,00), в 2019 году – на 29,3% от нормы (ГТК – 1,21). Периоды с обильными осадками (ГТК – 3,90; 5,95) чередовались с периодами с минимальным количеством осадков (ГТК – 0,06; 0,08; 0,10). Оценка метеоусловий по периодам развития люпина белого дает основание считать, что они не в полной мере отвечали требованиям благоприятного развития растений исследуемой культуры и прежде всего из-за недостаточного увлажнения в отдельные фазы развития.

Семена были протравлены препаратом Витарос – 2 л/т, полусухим способом с расходом воды 10 л/т семян. Химические анализы зерна – по общепринятым методикам биохимического исследования (Косолапов и др., 2019), алкалоидность – по методике, изложенной в Методических рекомендациях по количественному определению алкалоидов в люпине (Артюхов и др., 2012). Элементы структуры урожая – по методике Г.Ф. Никитенко (1982).

Результаты и их обсуждение. В результате проведенных исследований установлено, что применение микро- и макроудобрений способствовало росту урожайности зерна люпина белого сорта Пилигрим. Плодообразующий потенциал люпина белого в среднем за годы исследований в контрольном варианте составил 47,8%. Применение микроудобрения Аквамикс СТ повышало этот показатель. Его наибольшее значение (58,6%) наблюдалось в варианте с предпосевной обработкой и опрыскиванием вегетирующих растений в фазы 2-4 листьев и бутонизации. Это способствовало формированию максимального урожая зерна в этом варианте, урожайность превышала контроль на 37,5%. При внесении Метабората калия в фазу бутонизации урожайность увеличивалась на 35,4% (табл. 2).

2. Влияние макро- и микроудобрений на урожайность и качество зерна люпина белого сорта Пилигрим (среднее за 2018–2019 гг.) 2. The effect of macro- and microfertilizers on productivity and grain quality of the white lupine variety 'Pilgrim' (average in 2018–2019)

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю, т/га	Содержание, % на абсолютно сухое вещество			Каротин, мг/кг
			сырой протеин	алкалоиды	лизин	
Контроль	2,88	–	34,2	0,081	1,92	3,20
Аквамикс СТ, обработка семян	3,50	+ 0,62	36,2	0,076	2,00	3,35
Аквамикс СТ, обработка семян + опрыскивание в фазу бутонизации	3,68	+ 0,80	35,9	0,057	2,10	4,30
Аквамикс СТ, обработка семян + опрыскивание в фазу 2–4 листа+ опрыскивание в фазу бутонизации	3,96	+ 1,08	36,1	0,053	2,06	3,66
Тиатон, опрыскивание в фазу стеблевания	3,12	+ 0,24	34,5	0,088	1,96	3,58
Тиатон, опрыскивание в фазу 2–4 листьев + опрыскивание в фазу бутонизации	3,23	+ 0,35	34,9	0,085	1,96	3,66
Метаборат калия, опрыскивание в фазу 2–4 листьев	3,52	+ 0,64	35,2	0,061	2,04	3,45
Метаборат калия, опрыскивание в фазу бутонизации	3,90	+ 1,02	35,6	0,053	2,07	4,00
НСР ₀₅	1,06	–	–	–	–	–

Оценка эффективности действия препаратов включала анализ их влияния на качество получаемой продукции. Для люпина основными показателями кормовой ценности являются содержание в зерне белка и алкалоидов (Vishnyakova et al., 2020). Во всех вариантах внесения Аквамикса СТ установлено увеличение содержания белка в зерне. Превышение над контролем варьировало от 5,0 до 5,8%. Поскольку содержание алкалоидов в семенах является важным показателем его кормовой безопасности и зависит от генотипа, почвенно-климатических условий, агротехники выращивания, то качество кормового зерна в большей мере определяется уровнем его содержания. В среднем за годы исследований применение Аквамикса СТ и Метабората калия по вегетирующим растениям снижало алкалоидность зерна люпина белого сорта Пилигрим. В этих вариантах снижение этого признака находилось в пределах 24,7–34,6%.

Современное протеиновое питание невозможно представить без рассмотрения роли отдельных аминокислот. Даже при общем положительном протеиновом балансе организм животного может испытывать недостаток протеина. Это связано с тем, что усвоение отдельных аминокислот взаимосвязано друг с другом, недостаток или избыток одной аминокислоты может приводить к недостатку другой. Результаты исследований показали, что в зерне люпина белого сорта Пилигрим содержание незаменимой аминокислоты – лизина – варьировало в вариантах опыта от 1,92 до 2,10%. Во всех вариантах опыта его содержание было

выше, чем в контрольном. Наибольший эффект от применения этого препарата наблюдался в вариантах с применением Аквамикса СТ в качестве внекорневой подкормки в фазу бутонизации. При таком способе внесения количество лизина возрастало на 9,3%.

По количеству каротина в зерне люпина значительно превосходит другие зернобобовые культуры. В зерне сорта Пилигрим его содержалось от 3,20 до 4,30 мг/кг. Обработка посевов люпина белого в фазу бутонизации Аквамиксом СТ и Метаборатом калия увеличивало содержание каротина в зерне на 34,3–25,0% соответственно. Анализ данных показал, что максимальным количеством лизина и каротина характеризовался вариант, включающий предпосевную обработку семян Аквамиксом СТ и последующую обработку вегетирующих растений в фазе бутонизации.

Применение микро- и макроудобрений в изучаемых дозах оказывало положительное влияние на элементы структуры урожая, прежде всего, на линейный рост растений, обработанных Метаборатом калия (табл. 3). Высота этих растений увеличилась на 24,8–20,6%. Этот показатель по сравнению с контрольным вариантом повышался на 19,1%. Менее других влиял на высоту растений Аквамикс СТ, при всех изучаемых способах превышение над контролем составляло 6,8–10,3%.

При применении Аквамикса СТ в варианте с тремя обработками отмечено увеличение завязываемости и сохранности бобов на растении на 19,1%.

3. Действие удобрений на хозяйственно-ценные признаки люпина белого сорта Пилигрим (среднее за 2018–2019 гг.)

3. The effect of fertilizers on economically valuable traits of the white lupine variety 'Pilgrim' (average in 2018–2019)

Вариант	Высота растений, см	Продуктивность, г/растение	Количество бобов, шт.	Количество семян, шт.	Масса 1000 семян, г
Контроль	45,5	5,56	6,8	23,0	241,7
Аквамикс СТ, обработка семян	48,6	6,28	7,2	26,2	239,7
Аквамикс СТ, обработка семян + опрыскивание в фазу бутонизации	49,3	5,87	7,9	26,8	241,6
Аквамикс СТ, обработка семян + опрыскивание в фазу 2–4 листьев + опрыскивание в фазу бутонизации	50,2	6,31	8,1	24,3	259,4
Тиатон, опрыскивание в фазу стеблевания	52,5	7,30	5,7	23,4	309,6
Тиатон, опрыскивание в фазу 2–4 листьев + опрыскивание в фазу бутонизации	51,2	6,50	6,6	21,7	300,9
Метаборат калия, опрыскивание в фазу 2–4 листьев	54,9	5,30	4,6	16,8	314,9
Метаборат калия, опрыскивание в фазу бутонизации	56,8	7,00	5,4	19,8	352,6
НСР ₀₅	3,08	0,28	–	–	–

В вариантах с использованием Тиатона и Метабората калия наблюдалось увеличение массы 1000 семян, что свидетельствует о лучшей выполненности зерна в этих вариантах (Bing et al., 2010).

Анализируя влияние разных препаратов и способов их применения на формиро-

вание урожайности зерна люпина белого, следует, что сохранность растений к уборке зависела от многих факторов, главным из которых являлось физиологическое состояние растений в течение всего периода вегетации. Выживаемость растений в среднем за годы исследований находилась в пределах 71,8–85,9%

на фоне естественного плодородия (контроль). Использование изучаемого набора удобрений на ранних этапах развития способствовало повышению этого показателя на 0,75–9,3%.

В среднем за годы исследований применения микро- и макроудобрений приводило к росту кормовых единиц и переваримого протеина с урожаем зерна люпина. Более ценными в кормовом отношении были варианты, совмещающие высокую урожайность с высоким качеством зерна. Установлено, что с увеличением кратности обработок препаратом Аквамикс СТ отмечен рост выхода переваримого про-

теина, кормовых единиц, обменной энергии с 1 га. Наибольший сбор переваримого протеина 1,26 т/га (на 60,0% по отношению к контролю), кормовых единиц 6,06 т/га (на 44,9% по отношению к контролю) и обменной энергии 54,8 ГДж/га (на 41,2% по отношению к контролю) обеспечивал этот препарат в варианте с предпосевной обработкой семян и двумя обработками по вегетации (табл. 4). Метаборат калия, используемый для обработки вегетирующих растений в фазу бутонизации, показал практически такие же результаты.

4. Кормовая ценность зерна люпина белого сорта Пилигрим (среднее за 2018–2019 гг.) 4. Feed nutrition 4. Feed grain value of the white lupine variety 'Pilgrim' (average in 2018–2019)

Вариант	Выход		
	переваримого протеина, т/га	кормовых единиц, т/га	обменной энергии, ГДж/га
Контроль	0,79	4,18	38,8
Аквамикс СТ, обработка семян	1,02	5,36	48,3
Аквамикс СТ, обработка семян + опрыскивание в фазу бутонизации	1,06	5,37	50,0
Аквамикс СТ, обработка семян + опрыскивание в фазу 2–4 листа + опрыскивание в фазу бутонизации	1,26	6,06	54,8
Тиатон, опрыскивание в фазу стеблевания	0,86	4,84	43,4
Тиатон, опрыскивание в фазу 2–4 листьев + опрыскивание в фазу бутонизации	0,91	4,91	44,5
Метаборат калия, опрыскивание в фазу 2–4 листьев	0,99	5,32	48,3
Метаборат калия, опрыскивание в фазу бутонизации	1,11	6,08	54,4

Выводы. Проведенные исследования позволили установить, что микро- и макроэлементы, используемые в различные фазы развития люпина белого сорта Пилигрим, увеличивали урожайность в среднем на 37,5 и 35,4%. При этом повышалось качество получаемого зерна, а именно: увеличивалось содержание сырого протеина в среднем на 5,0–5,8 и 24,7–34,6% снижалась алкалоидность зерна. Увеличение выхода переваримого протеина, кормовых единиц и обменной энер-

гии в вариантах опыта находилось в пределах от 9,0 до 60,0%; от 15,8 до 45,4%; от 11,8 до 41,2% соответственно, что особенно важно в условиях дефицита белка в кормлении. Наиболее высокие показатели отмечались при комплексном применении препарата Аквамикс СТ, содержащего микроэлементы в хелатной форме (Cu, Zn, Mn, Ca, Fe, Mo, B) и Метабората калия (K₂O, B) для внекорневой обработки в фазу бутонизации.

Библиографические ссылки

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
2. Косолапов В.М., Чуйков В.А., Худякова Х.К., Косолапова В.Б. Минеральные элементы в кормах и методы их анализа: монография. М.: ООО «Угрешская типография», 2019. 272 с. DOI 10.33814/monography_1654.
3. Никитенко Г.Ф. Опытное дело в полеводстве. М.: Изд-во «Россельхозиздат», 1982. 190 с.
4. Радкевич М.Л. Агронимическая, энергетическая и экономическая оценка условий питания при возделывании люпина узколистного на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Вестник Белорусской ГСХА. 2020. № 2. С. 96–100.
5. Слесарева Т.Н., Вавуленкова С.Ю. Влияние внекорневой подкормки комплексными удобрениями марки Акварин на азотфиксирующую способность белого люпина // Агрэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы научно-практической конференции. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. Вып. 15. С. 681–685.
6. Яговенко Т.В., Пигарева С.А. Оценка эффективности действия Циркона и Аквамикса в посевах люпина узколистного // Агрэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы научно-практической конференции. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. Вып. 16. С. 364–370.
7. Bing L., Xiao-bing L., Cheng W., Jian J., Herbert S.J. Endogenous hormones in seed, leaf, and pod wall and their relationship to seed filling in soybeans // Crop Pasture Sci. 2010. V. 61(2). pp. 103–110.
8. El-Saeid H., Abouziena H., AbdAlla M. Effect of some bioregulators on white lupine (*Lupinus termis*) seed yield and its components and on endogenous hormones content in seeds // EJPAU. 2011. V. 14(4), #02. Available Online: <http://www.ejpau.media.pl/volume14/issue4/art-02.html/>
9. Vishnyakova M.A., Kushnareva A.V., Shelenga T.V., Egorova G.P. Alkaloids of narrow-leaved lupine as a factor determining alternative ways of the crop's utilization and breeding // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2020. V. 24(6). pp. 625–635. DOI 10.18699/VJ20.656/

References

1. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta [Methodology of a field trial]. M.: Agropromizdat, 1985. 351 s.
2. Kosolapov V.M., CHujkov V.A., Hudyakova H.K., Kosolapova V.B. Mineral'nye elementy v kormah i metody ih analiza [Mineral elements in feed and methods for their analysis]: monografiya. M.: OOO «Ugreshskaya tipografiya», 2019. 272 s. DOI 10.33814/monography_1654.
3. Nikitenko G.F. Opytnoe delo v polevodstve [Trials in the field work]. M.: Izd-vo «Rossel'hozizdat», 1982. 190 s.
4. Radkevich M.L. Agronomicheskaya, energeticheskaya i ekonomicheskaya ocenka uslovij pitaniya pri vozdeleyvanii lyupina uzkolistnogo na dernovo-podzolistoj legkosuglinistoj pochve [Agronomic, energy and economic estimation of nutritional conditions in the cultivation of narrow-leaved lupine on soddy-podzolic light loamy soil] // Vestnik Belorusskoj GSKHA. 2020. № 2. S. 96–100.
5. Slesareva T.N., Vavulenkova S.YU. Vliyaniye vnekornevoj podkormki kompleksnymi udobreniyami marki Akvarin na azotfiksiruyushchuyu sposobnost' belogo lyupina [The effect of foliar top dressing with complex fertilizers 'Aquarin' on the nitrogen-fixing ability of white lupine] // Agroekologicheskie aspekty ustojchivogo razvitiya APK: materialy nauchno-prakticheskoy konferencii. Bryansk: Izd-vo Bryanskij GAU, 2018. Vyp. 15. S. 681–685.
6. YAgovenko T.V., Pigareva S.A. Ocenka effektivnosti dejstviya Cirkona i Akvamiksa v posevah lyupina uzkolistnogo [Estimation of the efficiency of 'Zircon' and 'Aquamix' in the narrow-leaved lupine sowings] // Agroekologicheskie aspekty ustojchivogo razvitiya APK: materialy nauchno-prakticheskoy konferencii. Bryansk: Izd-vo Bryanskij GAU, 2019. Vyp. 16. S. 364–370.
7. Bing L., Xiao-bing L., Cheng W., Jian J., Herbert S.J. Endogenous hormones in seed, leaf, and pod wall and their relationship to seed filling in soybeans // Crop Pasture Sci. 2010. V. 61(2). pp. 103–110.
8. El-Saeid H., Abouzienna H., AbdAlla M. Effect of some bioregulators on white lupine (*Lupinus termis*) seed yield and its components and on endogenous hormones content in seeds // EJPAAU. 2011. V. 14(4), #02. Available Online: <http://www.ejpau.media.pl/volume14/issue4/art-02.html/>
9. Vishnyakova M.A., Kushnareva A.V., Shelenga T.V., Egorova G.P. Alkaloids of narrow-leaved lupine as a factor determining alternative ways of the crop's utilization and breeding // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2020. V. 24(6). pp. 625-635. DOI 10.18699/VJ20.656/

Поступила: 23.03.21; принята к публикации: 12.05.21.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Яговенко Г.Л., Яговенко Т.В., Слесарева Т.В. – концептуализация исследований; Яговенко Т.В., Слесарева Т.В. – подготовка и выполнение полевых опытов, интерпретация полученных данных, подготовка рукописи; Зайцева Н.М. – выполнение биохимических анализов, выполнение полевых опытов; Мисникова Н.В. – выполнение статистической обработки данных, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.