

Татьяна Николаевна Слесарева^{1✉}, Наталья Михайловна Зайцева²

^{1,2}Всероссийский научно-исследовательский институт люпина – филиал Федерального научного центра кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса», п. Мичуринский, Брянский р-н, Брянская обл., Россия

^{1,2}lupin.technology@mail.ru

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА АЗОТФИКСИРУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЛЮПИНА БЕЛОГО

Цель исследований – изучить влияние различных форм минеральных удобрений на азотфиксирующую способность, продуктивность и качество семян люпина белого. Исследования проведены на светло серых-лесных почвах Юго-Западной части Нечерноземной зоны России в Брянской области в 2018–2020 гг. Объектами исследований были люпин белый сорта Мичуринский и удобрения. Пахотный горизонт характеризовался низким содержанием гумуса, высокой обеспеченностью фосфором и повышенным содержанием калия. Результаты исследований показали наибольшую отзывчивость люпина белого на внесение калия в форме удобрения Калий маг. Калий в дозе 70 кг/га по действующему веществу способствовал увеличению накопления сухой надземной массы одного растения к фазе блестящий боб на 14,5 %, корневой системы – на 57,4 % по сравнению с контрольным вариантом. Доля связываемого азота атмосферы люпином белым при этом в общем поступлении на 6,9 % выше по сравнению с контрольным вариантом. Уровень прибавки урожайности составлял 0,95 т/га, содержание сырого протеина в семенах возросло на 7,0 % по сравнению с вариантом без внесения удобрений. Сочетание внесения Калий мага в качестве основного с комплексным удобрением Акварин по зеленому листу усиливало положительный эффект от данного приема. В опытах установлено положительное влияние на азотфиксирующую способность, продуктивность и качество продукции люпина белого внесения удобрений, содержащих в своем составе серу.

Ключевые слова: люпин белый, виды удобрений, азотфиксация, урожайность семян, качество продукции

Для цитирования: Слесарева Т.Н., Зайцева Н.М. Влияние различных форм минеральных удобрений на азотфиксирующую способность, урожайность и качество зерна люпина белого // Вестник КрасГАУ. 2023. № 10. С. 23–29. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-10-23-29.

Tatiana Nikolaevna Slesareva^{1✉}, Natalya Mikhailovna Zaitseva²

^{1,2}All-Russian Research Institute of Lupine – branch of the Federal Scientific Center for Forage Production and Agroecology named after V.R. Williams, Michurinsky village, Bryansk District, Bryansk Region, Russia

^{1,2}lupin.technology@mail.ru

EFFECT OF DIFFERENT MINERAL FERTILIZERS' FORMS ON THE ABILITY OF THE NITROGEN ACCUMULATION, YIELD AND GRAIN QUALITY OF WHITE LUPIN

Improving of technique of fertilizers' application at white lupin cultivation which aimed increase of symbiotic nitrogen accumulation, productivity and products quality is an actual task in solution of the problem of protein deficit. The tests have been done on light gray forest soils in the South-West part of the Non-Chernozem zone of Russia in Bryansk region in 2018–2020. The tests' objects were white lupin variety Michurinskyi and fertilizers. Arable horizon had low humus content, high phosphorus content and in-

creased potassium content. The tests' results demonstrated the highest response of white lupin to the potassium application as the fertilizer Kaliy mag. The potassium in the dose 70 kg/ha as active substance resulted in increase of accumulation of dry plant mass and root system per a plant to the brilliant pod stage by 14.5 % and 57.4% respectively compared to the standard variant. In this case a part of the atmospheric nitrogen fixed by the white lupin is by 6.9 % higher at total admission compared to the standard. The yield increase level made 0.95 t/ha; raw protein content in seeds increased by 7.0 % compared to the variant free of fertilizers. The combined application of Kaliy mag as the main one and the complex fertilizer Aquarin on the green leaves enhanced the positive effect of this technique. The application of the fertilizers with the sulfur in their content had the positive effect on the ability of the nitrogen accumulation, productivity and products quality of white lupin.

Keywords: white lupin, fertilizers species, nitrogen accumulation, seed yield, products' quality

For citation: Slesareva T.N., Zaitseva N.M. Effect of different mineral fertilizers' forms on the ability of the nitrogen accumulation, yield and grain quality of white lupin // Bulliten KrasSAU. 2023;(10): 23–29. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-10-23-29.

Введение. Люпин белый – перспективная культура в решении проблемы дефицита белка – начала возделываться в нашей стране только в конце девятнадцатых годов прошлого столетия. Это высокобелковая кормовая культура многоцелевого использования. В его семенах содержится в среднем от 36 до 40 % белка и от 8 до 12 % жира. При благоприятных почвенно-климатических условиях семенная продуктивность современных сортов люпина белого достигает 5,0–6,0 т/га, а урожайность зеленой массы – 60,0–100 т/га.

При разработке технологии возделывания люпина важным направлением является совершенствование системы применения макро- и микроэлементов с целью повышения продуктивности, плодородия почвы при снижении затрат на его производство. Люпин белый для формирования одной тонны семян потребляет азота 60–70, фосфора 15–20, калия 30–40 кг. Наряду с высоким уровнем потребления этих элементов многие исследователи в своих работах отмечают слабую отзывчивость всех видов люпина на внесение минеральных удобрений [1–3]. Однако в литературе нет единого мнения по вопросу отзывчивости люпина на внесение удобрений [4–7]. Наиболее дискуссионным является вопрос применения под люпин азотных удобрений [8–10]. Противоречивость литературных данных по вопросам удобрения люпина связана со многими факторами, в том числе и с их влиянием на эффективность бобово-ризобиального комплекса. Ранее исследования проводились на желтом и узколистом люпине и исследований о применении удобрений и их роли в повышении продуктивности люпина белого недостаточно.

Цель исследования – изучить влияние различных форм минеральных удобрений на азотфиксирующую способность, продуктивность и качество семян люпина белого.

Объекты и методы. Опыты проводились в полевом севообороте в 2018–2020 гг., почва светло-серая лесная, легкосуглинистая. Пахотный слой мощностью 22–24 см характеризовался следующими показателями: pH солевой вытяжки – 6,1–6,2; содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) – 19,4–25,1, обменного калия (по Масловой) – 16,4 – 16,9 мг/100 г почвы, гумуса – 2,47–3,38 %. Предшественник – озимые зерновые. Обработка почвы общепринятая для возделывания культуры. Размещение вариантов систематическое, повторность 4-кратная. Посевная площадь делянки 32 м², учетная – 25 м². Для посева использованы семена люпина белого сорта Мичуринский.

Посев производился сеялкой СН-16П. За три недели до посева семена протравливались препаратом Витарос из расчета 2,0 л/т. Норма внесения удобрений взята из расчета среднерекомендованной для вносимых элементов питания на люпине на основе литературных источников. Удобрения вносились перед посевом, под проход сеялки. Отмеренное количество удобрений на единицу площади разбрасывалось вручную на основании схемы опыта (табл. 1). Комплексное водорастворимое удобрение Акварин марки 15 вносилось по зеленому листу ранцевым опрыскивателем в фазу бутонизации из расчета 3 кг комплексного водорастворимого удобрения на 250 л/га воды. В таблице 2 представлено содержание микроэлементов в составе Акварина марки 15.

Схема опыта

Вариант опыта	Содержание N:P:K:S, %	Доза внесения, кг/га (физический вес)	Способ внесения
Контроль – без удобрений	–	–	–
Акварин 15	3:11:38:9	3	Внекорневая подкормка
Азофоска	16:16:16:0	200	Основное внесение весной
Сернокислый аммоний	21:0:0:24	150	Основное внесение весной
Простой суперфосфат	6: 11,3:0:9	300	Основное внесение весной
Калий маг	0:0:23,2:0	300	Основное внесение весной
Борофоска	0:10:16:0	300	Основное внесение весной
Азофоска; Акварин15	16:16:16:0; 3:11:38:9	200; 3	Основное внесение весной; внекорневая подкормка
Сернокислый аммоний; Акварин 15	21:0:0:24; 3:11:38:9	150; 3	Основное внесение весной; внекорневая подкормка
Простой суперфосфат; Акварин 15	6: 11,3:0:9; 3:11:38:9	300; 3	Основное внесение весной; внекорневая подкормка
Калий маг; Акварин 15	0:0:23,2:0:0; 3:11:38:9	300; 3	Основное внесение весной; внекорневая подкормка
Борофоска; Акварин 15	0:10:16:0; 3:11:38:9	300; 3	Основное внесение весной; внекорневая подкормка

Таблица 2

Содержание микроэлементов в удобрении «Акварин», %

Микроэлемент	Содержание
N	15
MgO	3,0
S	9,0
Fe	0,054
Zn	0,014
Cu	0,01
Mn	0,042
Mo	0,004
B	0,02

В вегетацию для защиты люпина от болезней проводились две обработки фунгицидами.

Погодные условия в годы проведения исследований были различными как по температуре воздуха, так и по сумме и характеру выпадения осадков.

Результаты и их обсуждение. Линейный рост растений люпина белого максимального значения достигал к фазе сизо-блестящего боба. Как показали исследования, изучаемые виды удобрений к этой фазе не оказывали существенного влияния на линейный рост растений люпина белого. В годы с недостаточным выпадением осадков отмечалось положительное

влияние на линейный рост удобрений с более высоким содержанием азота в своем составе (азофоска, сернокислый аммоний) в первую половину вегетации. К фазе блестящего боба этот показатель по всем вариантам опыта был на уровне контрольного варианта.

В результате проведенных исследований было отмечено положительное влияние минеральных удобрений Калий мага и Простого суперфосфата при внесении перед посевом и при сочетании их с внесением Акварина 15 в фазу бутонизации на накопление сухого вещества одного растения люпина белого. В среднем за годы исследований сухая надземная масса од-

ного растения на этих вариантах на 10,0–15,9 % была выше, чем на контрольном. Аналогичная тенденция установлена и по накоплению сухой массы корневой системы одного растения люпина белого. Сухая масса корневой системы к фазе блестящего боба на данных вариантах на 29,7–57,4 % была выше, чем у растений на контрольном варианте.

Важным показателем азотфиксирующей способности люпина является масса клубеньков на корнях растений. Применение удобрений перед посевом, а также их комплексное применение

оказывало положительное влияние на формирование симбиотического аппарата корневой системы растений люпина. Исключение составляли варианты с внесением борофоски. В состав борофоски входит кальций (около 20 %), который снижает поступление в растения люпина фосфора и отрицательно влияет на клубеньковые бактерии. Наибольшая масса клубеньков в фазу блестящего боба была отмечена на вариантах внесения Калий мага, простого суперфосфата и сернокислого аммония (табл. 3).

Таблица 3

Накопление сухого вещества и азота клубеньками к фазе блестящий боб на люпине белом (среднее за 2018–2020 гг.)

Вариант	Сухая масса клубеньков, г/растение	Накоплено сухой массы клубеньков, кг/га	Содержание азота в клубеньках, %	Накоплено азота в клубеньках, кг/га
Контроль – без удобрений	0,067	55,1	3,38	1,86
Акварин 15	0,072	62,8	3,12	1,96
Азофоска	0,068	58,9	3,26	1,92
Сернокислый аммоний	0,088	78,9	3,36	2,65
Простой суперфосфат	0,088	78,2	3,08	2,41
Калий маг	0,092	81,8	3,44	2,81
Борофоска	0,062	53,1	3,09	1,64
Азофоска; Акварин 15	0,072	65,0	3,09	2,00
Сернокислый аммоний; Акварин 15	0,090	77,0	2,88	2,22
Простой суперфосфат; Акварин 15	0,084	75,1	2,82	2,12
Калий маг; Акварин 15	0,088	70,3	3,24	2,28
Борофоска; Акварин 15	0,071	57,5	2,89	1,67

Как показали, проводимые исследования, Калий маг способствовал увеличению доли связываемого азота атмосферы люпина белого в общем поступлении на 6,9 % по сравнению с контрольным вариантом (табл. 4). Удобрения,

имеющие в своем составе серу, также усиливали процесс азотфиксации. При этом уровень эффекта зависел от содержания в удобрениях азота.

Таблица 4

Влияние удобрений на азотфиксирующую способность люпина белого (среднее за 2018–2020 гг.)

Вариант	Накоплено азота, кг/га		Коэффициент азотфиксации, %
	всего	из воздуха	
1	2	3	4
Контроль – без удобрений	301,8	180,4	59,8
Акварин 15	298,3	176,9	59,3
Азофоска	298,1	176,7	59,3
Сернокислый аммоний	308,2	186,8	60,6

1	2	3	4
Простой суперфосфат	335,7	214,3	63,8
Калий маг	365,1	243,7	66,7
Борофоска	232,0	110,7	47,7
Азофоска; Акварин 15	292,8	171,4	58,5
Сернокислый аммоний; Акварин 15	341,3	219,9	64,4
Простой суперфосфат; Акварин 15	319,3	197,9	62,0
Калий маг; Акварин 15	317,3	195,9	61,7
Борофоска; Акварин 15	265,8	144,4	54,3

Максимальная средняя урожайность за годы исследований была сформирована в вариантах применения сернокислого аммония, Калий мага перед посевом и Калий мага перед посевом и Акварина 15 в фазу бутонизации. Превышение этого показателя по отношению к контролю со-

ставило 0,79; 0,95; 0,87 т/га соответственно (табл. 5). В этих же вариантах отмечалась наибольшая масса 1000 семян.

Основными показателями качества получаемой продукции у люпина являются содержание сырого протеина и алкалоидов в семенах.

Таблица 5

**Влияние удобрений на урожайность и качество семян люпина белого
(среднее за 2018–2020 гг.)**

Вариант	Урожайность семян, т/га	Содержание сырого протеина в семенах, %	Содержание алкалоидов в семенах, %	Масса 1000 семян, г
Контроль – без удобрений	2,25	33,0	0,054	246,6
Акварин 15	2,57	32,9	0,052	244,2
Азофоска	2,72	31,4	0,060	284,7
Сернокислый аммоний	3,04	35,1	0,064	286,6
Простой суперфосфат	2,81	35,0	0,066	242,0
Калий маг	3,20	35,3	0,054	290,0
Борофоска	2,65	32,3	0,057	273,1
Азофоска; Акварин 15	2,91	33,2	0,063	270,8
Сернокислый аммоний; Акварин 15	2,92	35,4	0,076	260,2
Простой суперфосфат; Акварин 15	2,95	35,4	0,080	254,1
Калий маг; Акварин 15	3,12	35,6	0,059	291,3
Борофоска; Акварин 15	2,96	32,7	0,053	262,0
НСР ₀₅ :				
2018 г.	0,25			
2019 г.	0,20			
2020 г.	0,28			

Положительное влияние удобрений сернокислого аммония, Калий мага и простого суперфосфата на бактерии рода *Rhizobium lupini* увеличивало содержание сырого протеина в семенах на 6,1–7,0 % по сравнению с контрольным вариантом без внесения удобрений. Калий усиливал связывание азота в белки и тормозил об-

разование алкалоидов. Внекорневая подкормка на фоне применения данных удобрений имела тенденцию увеличения данных показателей.

При внесении азофоски наблюдалось снижение содержания сырого протеина в семенах в среднем за годы исследований на 4,8 % по отношению к контролю, что говорит о некотором

ингибирующем действии данного вида удобрений на клубеньковые бактерии. Возможно, это связано из-за содержания в нем азота, а также фосфора на фоне более низкого содержания в почве обменного калия. Из литературных источников известно, что малые дозы азота сдерживают образование клубеньков, а более высокое содержание в почве фосфора ингибирует поступление в растения калия. Снижение содержания сырого протеина установлено и при применении борофоски. Люпин, обладая растворяющей функцией корневой системы в избыточном количестве, поглощает кальций, находящийся в данном удобрении, в результате чего усиливается расход углеводов на процессы дыхания, а синтез белковых веществ снижается. Это подтверждается данными, полученными в результате проведения исследований.

Заключение. Для оптимизации питания и усиления азотфиксирующей способности люпина белого, получения большего урожая высокого качества при возделывании необходимо на светло-серых лесных почвах Юго-Западной части Нечерноземной зоны России внесение удобрений, имеющих в своем составе калий (удобрение Калий маг). Азот и кальций в удобрениях снижает азотфиксирующую способность люпина.

Список источников

1. Харкевич Л.П., Белоус Н.М. Влияние комплексного применения агрохимических средств на урожай и качество зеленой массы люпина // Агрохимический вестник. 2010. № 5. С. 12–14.
2. Привалов Ф.И., Шор В.Ч., Купцов Н.С. Состояние и перспективы возделывания люпина в Республике Беларусь // Земледелие и защита растений. 2013. № 3. С. 3–9.
3. Влияние удобрений на продукционный процесс и урожай люпина узколистного / В.В. Коломейченко [и др.] // Физиологические аспекты продуктивности растений: мат-лы науч.-метод. конф. Орел: ОРЛИК, 2004. Вып. 2. Ч. 1. С. 13–16.
4. Кадиров М.М. Удобрение люпина // Плодородие. 2007. № 1. С. 14–15.
5. Наумкин В.Н. Отзывчивость люпина на применение минеральных удобрений в Центрально-Черноземном регионе // Кормопроизводство. 2015. № 5. С. 14–17.

6. Слесарева Т.Н., Трошина Л.В. Эффективность внекорневой подкормки белого люпина комплексными удобрениями марки Акварин // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 2 (54). С. 48–52.
7. Влияние инокуляции семян, удобрений и регуляторов роста на продуктивность люпина белого / В.Н. Наумкин [и др.] // Земледелие. 2013. № 7. С. 36–38.
8. Резвякова С.В., Гурин А.Г. Влияние стартовых доз азотных удобрений на урожайность люпина узколистного на серой лесной почве // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 1 (17). С. 108–113.
9. Влияние минеральных удобрений на урожайность сортов фасоли обыкновенной и люпина белого в условиях Южного Зауралья / А.А. Халимуллина [и др.] // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 1. С. 27–30.
10. Бонн В.Л., Данилов М.Е. Люпин узколистный: влияние гербицидов и удобрений на продуктивность зеленой массы // Вестник КрасГАУ. 2020. № 5 (158). С. 73–79.

References

1. Harkevich L.P., Belous N.M. Vliyanie kompleksnogo primeneniya agrohimičeskikh sredstv na urozhaj i kachestvo zelenoj massy lyupina // Agrohimičeskij vestnik. 2010. № 5. S. 12–14.
2. Privalov F.I., Shor V.Ch., Kupcov N.S. Sostoyanie i perspektivy vozdelevaniya lyupina v Respublike Belarus' // Zemledelie i zaschita rastenij. 2013. № 3. S. 3–9.
3. Vliyanie udobrenij na produkcijnyj process i urozhaj lyupina uzkolistnogo / V.V. Kolomejchenko [i dr.] // Fiziologičeskie aspekty produktivnosti rastenij: mat-ly nauch.-metod. konf. Orel: ORLIK, 2004. Vyp. 2. Ch. 1. S. 13–16.
4. Kadirov M.M. Udobrenie lyupina // Plodorodie. 2007. № 1. S. 14–15.
5. Naumkin V.N. Otvzvčivost' lyupina na primeneniye mineral'nyh udobrenij v Central'no-Chernozemnom regione // Kormoproizvodstvo. 2015. № 5. S. 14–17.
6. Slesareva T.N., Troshina L.V. `Effektivnost' vnekornevoj podkormki belogo lyupina kompleksnymi udobreniyami marki Akvarin // Vestnik Bryanskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2016. № 2 (54). S. 48–52.

7. Vliyanie inokulyacii semyan, udobrenij i regulatorov rosta na produktivnost' lyupina belogo / V.N. Naumkin [i dr.] // Zemledelie. 2013. № 7. S. 36–38.
8. Rezvyakova S.V., Gurin A.G. Vliyanie startovyh doz azotnyh udobrenij na urozhajnost' lyupina uzkolistnogo na seroj lesnoj pochve // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2016. № 1 (17). S. 108–113.
9. Vliyanie mineral'nyh udobrenij na urozhajnost' sortov fasoli obyknovennoj i lyupina belogo v usloviyah Yuzhnogo Zaural'ya / A.A. Halimulina [i dr.] // Vestnik Kurganskoj GSHA. 2019. № 1. S. 27–30.
10. Bopp V.L., Danilov M.E. Lyupin uzkolistnyj: vliyanie gerbicidev i udobrenij na produktivnost' zelenoj massy // Vestnik KrasGAU. 2020. № 5 (158). S. 73–79.

Статья принята к публикации 27.03.2023 / The article accepted for publication 27.03.2023.

Информация об авторах:

Татьяна Николаевна Слесарева¹, ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук
Наталья Михайловна Зайцева², старший научный сотрудник

Information about the authors:

Tatiana Nikolaevna Slesareva¹, Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences
Natalya Mikhailovna Zaitseva², Senior Researcher

