

РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МАКРОУДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ УЗКОЛИСТНОГО ЛЮПИНА НА ПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОАКТИВНЫМ ЦЕЗИЕМ*

Л. А. Воробьева, кандидат сельскохозяйственных наук

В. А. Анищенко

В. Н. Адамко, кандидат сельскохозяйственных наук

*Новозыбковская СХОС – филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»,
п. Опытная Станция Новозыбковского городского округа Брянской обл., Россия
ngsos-vniia@yandex.ru*

Изложен итог исследований, полученных в краткосрочном полевом опыте, проводимом на почвах легкого гранулометрического состава, подвергшихся радиоактивному загрязнению. Анализирована результативность применения калийных удобрений в разных дозах и видах на урожай зеленой массы, удельную активность радиоцезия и кормовую ценность люпина узколистного. Из результатов, полученных в экспериментальных условиях нашего опыта, видно, что вариант с дозой макроудобрений $P_{45}K_{150}$ идеален для получения наибольшей урожайности зеленой массы. В варианте опыта с применением только P_{45} отмечено самое высокое накопление радиоактивного цезия. Выяснено, что для получения зеленой массы с удельной активностью цезия-137 ниже допустимого уровня целесообразно применение макроудобрений в дозах не ниже $P_{45}K_{210}$. Наибольший сбор переваримого протеина в урожае зеленой массы люпина был при применении максимальной дозы минеральных удобрений $P_{45}K_{210}$.

Ключевые слова: люпин узколистный, калимаг, калий хлористый, урожайность, зеленая масса, протеин, кормовые единицы, обменная энергия, цезий-137.

Одной из распространенных в Нечерноземной зоне РФ бобовых культур является люпин. Неповторимость люпина состоит в многофункциональности его применения. Люпин используют как кормовую культуру (зеленый корм, силос, зернофураж), так и в качестве сидерата для повышения плодородия почвы. В современном животноводстве растет потребность в кормовом белке, а люпин является незаменимым компонентом при получении сбалансированных кормов [1; 2; 3]. Приоритетный показатель качества люпина — содержание белка в его про-

*Работа выполнена при поддержке проекта N 075-15-2021-541 (внутренний номер 09.ССЦ.21.0008) по теме: Реализация направлений, соответствующих программе создания и развития «Центра по кормовым культурам для создания и внедрения в агропромышленный комплекс современных технологий на основе собственных разработок Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса» (ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»)».

дукции: люпин является одним из основных источников пополнения белка в кормах [4].

Важным фактором биологизации земледелия является зеленая масса и пожнивно-корневые остатки люпина, которые обогащают запасы азота и органического вещества в почве [5]. Основным достоинством люпина является его биологическая способность хорошо расти и развиваться на очень бедных дерново-подзолистых песчаных почвах легкого механического состава [6]. На загрязненных радионуклидами дерново-подзолистых почвах Брянской области применение люпина ограничено, из-за повышенного накопления ^{137}Cs . В условиях современного ведения сельскохозяйственного производства на низкоплодородных дерново-подзолистых песчаных почвах, для увеличения урожайности сельскохозяйственных культур, требуется применение удобрений. Важная задача производителей — это снижение накопления радионуклидов в растениях. Комплекс применения макроудобрений значительно влияет на поступление радиоцезия в растения и его накопление в урожае [7]. Применение удобрений на почвах, загрязненных радионуклидами, должно способствовать значительному снижению их поступления в растения [8; 9; 10].

Цель исследований: изучение влияния макроудобрений на урожай зеленой массы и качество люпина узколистного, возделываемого на дерново-подзолистой песчаной почве, загрязненной радиоактивным изотопом цезия.

Методика исследований. Исследования проводились на Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции (филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса») в краткосрочном стационарном опыте 2015–2017 гг.

Закладка опытов, полевые, лабораторные, аналитические исследования проводили с использованием общепринятых методов; для статистической обработки данных применяли дисперсионный анализ [11; 12; 13]. Объектом исследований служил сорт люпина узколистного Белозерный 110.

Агрохимические показатели плодородия почвы: содержание органического вещества — 1,6 %; pH_{KCl} — 4,87; сумма поглощенных оснований — 2,59 экв./100 г почвы; содержание подвижных форм фосфора и калия (по Кирсанову) — 32,1 мг и 11,1 мг/100 г почвы. В результате техногенной Чернобыльской катастрофы содержание радионуклидов в почве — 1937–2131 Бк/кг, плотность загрязнения почвы ^{137}Cs составляет 562–618 кБк/м².

В качестве макроудобрений под люпин использовали простой гранулированный суперфосфат (22 % фосфора), калий хлористый (56 % калия) и калимаг (35 % калия). Удобрения вносили весной под предпо-

севную обработку почвы. Опыт проводился в трехкратной повторности. Общая площадь опытной делянки — 36 м², учетная — 30 м². Агротехника возделывания и система защиты люпина — общепринятая для Нечерноземной зоны РФ.

Варианты опыта: 1 — контроль, 2 — P₄₅, 3 — P₄₅K₉₀ (KCl), 4 — P₄₅K₁₅₀ (KCl), 5 — P₄₅K₂₁₀ (KCl), 6 — P₄₅K₉₀ (KMg), 7 — P₄₅K₁₅₀ (KMg), 8 — P₄₅K₂₁₀ (KMg).

Результаты исследований. На дерново-подзолистых низкоплодородных песчаных почвах, подвергшихся техногенному загрязнению радиоактивными элементами, изучали экологическую реакцию люпина на условия окружающей среды и применения макроудобрений. Контрастное различие климатических условий вегетационных периодов по увлажнению и теплообеспеченности в годы проведения опыта сказались на продуктивности люпина, в частности, весенне-летний период 2017 г. характеризуется высокой температурой воздуха и нехваткой осадков в первой половине роста люпина. В связи с этим урожайность люпина узколистного значительно варьировала в годы проведения полевого опыта. В варианте опыта без использования макроудобрений в неблагоприятный год сбор зеленой массы был самый низкий и составлял 9,4 т/га, наибольший урожай — 26,7 т/га получен в более благоприятный вегетационный сезон.

Урожайность зеленой массы узколистного люпина представлена в таблице 1. При анализе данных урожайности по годам исследований и в среднем за три года видно, что средняя урожайность в контрольном варианте, без применения макроудобрений, составила 16,5 т/га. В варианте опыта с использованием только фосфорного удобрения в дозе 45 кг/га существенного увеличения урожайности не наблюдалось, прослеживалась тенденция к увеличению продуктивности люпина.

В условиях опыта при использовании калийных удобрений (калий хлористый и калимаг) в дозе K₉₀, которые применялись совместно с фосфорным удобрением (P₄₅), урожай увеличился в 1,2 раза. Доза калия 150 кг/га (в том и другом виде макроудобрений) на 25 % повысила сбор зеленой массы. Дальнейшее наращивание доз калийных удобрений до 210 кг/га не дало ожидаемого повышения урожая зеленой массы, поскольку прибавка урожайности была в пределах ошибки опыта, но отмечена стабильная тенденция к увеличению урожайности (в сравнении с дозой 150 кг/га). В сравнении с вариантом без применения макроудобрений урожай зеленой массы повысился на 29 и 31 %.

На основании проведенного эксперимента выяснено, что предпочтительная доза макроудобрения для получения повышенного урожая люпина узколистного — P₄₅K₁₅₀ (в обоих видах калийных удобрений). Дальнейшее увеличение дозы калийного удобрения было не целесообраз-

разно, так как существенной разницы в сборе зеленой массы не наблюдалось. По всем дозам применения калийного удобрения в виде калимага прослеживалась устойчивая тенденция к повышению урожайности зеленой массы люпина в сравнении с этими же дозами другого вида калийного удобрения (KCl).

1. Воздействие макроудобрений на урожайность зеленой массы люпина узколистного сорта Белозерный 110, т/га

Вариант	2015 г.	2016 г.	2017 г.	В среднем за три года	Прибавка	
					общая	от К
Контроль	26,7	13,3	9,4	16,5	—	—
P ₄₅	28,9	15,0	10,0	18,0	1,5	—
P ₄₅ K ₉₀ (KCl)	30,5	17,3	11,3	19,7	3,2	1,7
P ₄₅ K ₁₅₀ (KCl)	30,9	21,0	12,9	21,6	5,1	3,6
P ₄₅ K ₂₁₀ (KCl)	32,4	22,9	14,1	23,1	6,6	5,1
P ₄₅ K ₉₀ (KMg)	30,0	17,9	11,4	19,8	3,3	1,8
P ₄₅ K ₁₅₀ (KMg)	30,4	22,2	13,3	22,0	5,5	4,0
P ₄₅ K ₂₁₀ (KMg)	32,5	24,5	14,3	23,8	7,3	5,8
НСР ₀₅				2,4		

Примечание: расшифровка вариантов приведена в тексте.

Одним из важных показателей качества и кормовой ценности люпина является содержание сырого протеина (белка) и алкалоидов. В зеленой массе в контрольном варианте содержание белка составило 15,89 % (табл. 2), в вариантах с внесением макроудобрений содержание белка увеличивалось до 17,95 %, наибольшее его содержание было в варианте P₄₅K₂₁₀ (KMg).

Так как зеленую массу люпина используют на корм животным, необходим контроль содержания алкалоидов. В нашем опыте в контрольном варианте (0,014 %) существенного влияния макроудобрений на содержание алкалоидов не прослежено.

При ведении сельскохозяйственного производства на почвах, подвергшихся техногенному загрязнению радиоактивным изотопом цезия, первостепенная задача — это получение сельскохозяйственной продукции с низким содержанием ¹³⁷Cs, соответствующим требованиям ВП 13.5.13/06–01 (для зеленой массы — 100 Бк/кг) [14].

2. Воздействие макроудобрений на показатели качества зеленой массы люпина узколистного, сорт Белозерный 110 (среднее за 3 года)

Вариант	Содержание				Выход	
	сырого протеина, %	алкалоидов, %	обменной энергии, ГДж/га	¹³⁷ Cs в зеленой массе, Бк/кг	переваримого протеина, т/га	кормовых единиц, тыс.
Контроль	15,89	0,014	23,05	223	0,35	1,78
P ₄₅	16,74	0,015	23,84	248	0,38	1,85
P ₄₅ K ₉₀ (KCl)	16,83	0,015	25,50	163	0,41	1,98
P ₄₅ K ₁₅₀ (KCl)	16,60	0,015	27,80	111	0,48	2,20
P ₄₅ K ₂₁₀ (KCl)	16,83	0,015	28,97	84	0,52	2,25
P ₄₅ K ₉₀ (KMg)	16,57	0,016	25,50	152	0,44	2,02
P ₄₅ K ₁₅₀ (KMg)	17,08	0,014	27,70	102	0,48	2,20
P ₄₅ K ₂₁₀ (KMg)	17,95	0,012	30,88	79	0,56	2,44

Анализируя проведенный нами эксперимент, можно отметить, что содержание цезия-137 в зеленой массе люпина в варианте без применения удобрений в 2,2 раза превышает нормативно допустимый уровень (табл. 2). Самое высокое содержание радионуклида фиксировалось в варианте фосфорного удобрения (на 11 % выше, чем в контрольном варианте). Минимальная и средняя доза калия (90 и 150 кг/га) совместно с фосфорным удобрением (в обоих изучаемых видах калийных удобрений) снижали удельную активность радиоцезия, но она была также выше нормативного уровня. При использовании в нашем опыте повышенной дозы калийного удобрения (210 кг/га совместно с P₄₅) накопление ¹³⁷Cs в зеленой массе было ниже нормативно допустимого уровня. Исходя из полученных данных, следует отметить, что при применении максимальных доз макроудобрений получаемую сельскохозяйственную продукцию можно использовать на корм животным без всяких ограничений.

На основании экспериментальных данных, полученных в условиях полевого опыта, можно сказать, что на низкоплодородных дерново-подзолистых песчаных почвах, загрязненных радиоцезием, для получения зеленой массы люпина с содержанием ¹³⁷Cs ниже допустимого уровня необходимо применение макроудобрений в дозе не менее P₄₅K₂₁₀.

Показатели кормовой ценности зеленой массы люпина узколистного представлены в таблице 2. Как видно из табличных данных, сбор кормовых единиц в зеленой массе люпина узколистного в контрольном варианте составил 1,78 тыс./га. За счет применения макроудобрений

существенно увеличивалась урожайность зеленой массы и, следовательно, повышался сбор кормовых единиц. Самый высокий сбор кормовых единиц был в варианте с внесением $P_{45}K_{210}$ при применении калимага (КМg): прибавка составила 0,66 т/га.

Сбор переваримого протеина в варианте без применения удобрений (контроль) составил 0,35 т/га. Макроудобрения (фосфорно-калийные) заметно увеличивали урожай зеленой массы люпина и повышали содержание сырого протеина в ней, соответственно увеличивался и сбор протеина (на 0,21 т/га в варианте с повышенными дозами макроудобрений).

В ходе изучения полученных данных видно, что за счет использования макроудобрений обменная энергия в зеленой массе люпина узколистного увеличивалась: с 23,05 ГДж в контрольном варианте до 30,88 ГДж в варианте с внесением $P_{45}K_{210}$ (КМg).

Подводя итог вышеизложенным экспериментальным данным, следует отметить, что для получения наибольшего урожая зеленой массы люпина узколистного целесообразно внесение макроудобрений в дозе $P_{45}K_{150}$ (независимо от вида калийного удобрения). Путем эксперимента выяснено, что при применении двух видов калийных удобрений существенной разницы между ними по влиянию на урожайность зеленой массы не прослеживалось. От применения калимага наметилась стабильная тенденция к повышению сбора зеленой массы люпина узколистного. Установлено, что для того, чтобы получить зеленую массу люпина узколистного с удельной активностью радиоцезия ниже нормативно допустимого уровня, рационально применять макроудобрения в повышенной дозе — $P_{45}K_{210}$.

Литература

1. Саввичев И. К., Лихач Б. С. Селекция люпина желтого на Брянщине // Кормопроизводство. – 2012. – № 5. – С. 29–31.
2. Яговенко Г. Л., Белоус Н. М., Яговенко Л. Л. Люпин в земледелии центрального региона России: влияние на агрохимические свойства серой лесной почвы и продуктивность севооборотов. – Брянск, 2011. – 182 с.
3. Зернобобовые культуры и однолетние бобовые травы: биология и технология возделывания / Н. М. Белоус, В. Е. Ториков, И. Я. Моисеенко, О. В. Мельникова. – Брянск, 2010. – 151 с.
4. Привалов Ф. И., Шор В. Ч. Перспективы возделывания, селекции и семеноводства люпина в Беларуси // Весці нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. – 2015. – № 2. – С. 47–53.
5. Кононов А. С. Технология выращивания современных сортов люпина // Кормопроизводство. – 2001. – № 2. – С. 19–21.
6. Такунов И. П. Люпин в земледелии России. – Брянск : Придесенье, 1996. – 372 с.

7. Влияние минеральных удобрений и препарата Эпин Экстра на урожайность и качество зерна люпина узколистного при радиоактивном загрязнении агроценозов / В. В. Пашутко, В. Ф. Шаповалов, Н. М. Белоус [и др.] // *Агрехимический вестник*. – 2017. – № 3. – С. 19–22.
8. Коренев В. Б., Воробьева Л. А., Белоус И. Н. Урожайность кормовых и зерновых культур и накопление ^{137}Cs в зависимости от внесения возрастающих доз калийных удобрений // *Вестник Брянской ГСХА*. – 2013. – № 5. – С. 3–6.
9. Чернобыль: радиационный мониторинг сельскохозяйственных угодий и агрохимические аспекты снижения последствий радиоактивного загрязнения почв (к 30-летию техногенной аварии на Чернобыльской АЭС) / В. Г. Сычев, М. И. Лунев, П. М. Орлов, Н. М. Белоус. – Москва : ВНИИА, 2016. – 183 с.
10. Оценка эффективности комплексного применения средств химизации при возделывании люпина узколистного на радиоактивно загрязненной почве в отдаленный период после аварии на ЧАЭС / В. В. Пашутко, Е. Н. Селиванов, Н. М. Белоус [и др.] // *Кормопроизводство*. – 2018. – № 10. – С. 16–22.
11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
12. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. Ч. 1. Особенности закладки и проведения длительных опытов в различных условиях – М. : ВИУА, 1975. – 167 с.; Ч. 2. Программа и методы исследования почв. – М. : ВИУА, 1983 – 171 с.; Ч. 3. Анализ растений. – М. : ВИУА, 1985. – 131 с.
13. Методические указания по определению естественных радионуклидов в почвах и растениях. – М. : ЦИНАО, 1985. – 22 с.
14. Ветеринарно-санитарные требования к радиационной безопасности кормов, кормовых добавок, сырья кормового. Допустимые уровни содержания стронция-90, цезия-137. Ветеринарные правила и нормы ВП 13.5.13/09-00. Утверждены Министром сельского хозяйства Российской Федерации 19.12.2000 г.

EFFICIENCY OF APPLICATION OF MACROFERTILIZERS IN CULTIVATION OF NARROW-LEAVED LUPINE ON SANDY SOILS CONTAMINATED WITH RADIOACTIVE CESIUM

L. A. Vorobyova, V. A. Anishchenko, V. N. Adamko

This paper presents the results of the research obtained in a short-term field experiment conducted on light-textured soils exposed to radioactive contamination. The effectiveness of using potash fertilizers in different doses and types on the yield of green mass, the specific activity of radiocesium and the forage value of narrow-leaved lupine is analyzed. From the results obtained in the experimental conditions of our experiment it is evident that the variant with the dose of macrofertilizers — $P_{45}K_{150}$ is ideal for obtaining the highest yield of green mass. In the variant of the experiment using only P_{45} , the highest accumulation of radioactive cesium is observed. It was found that in order to obtain green mass with the specific activity of cesium-137 below the permissible level, it is advisable to use macrofertilizers in doses not lower than $P_{45}K_{210}$. The highest collection of digestible protein in the yield of green mass of lupine was achieved with the use of the maximum dose of mineral fertilizers $P_{45}K_{210}$.

Keywords: narrow-leaved lupine, potassium mag, potassium chloride, yield, green mass, protein, feed units, exchange energy, cesium-137.