

**ДЕЙСТВИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА
ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЛЮПИНА БЕЛОГО
ВОЗДЕЛЫВАЕМОГО НА ПОЧВАХ
ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ**

*Воробьева Людмила Алексеевна, к.с.-х.н., ведущий научный сотрудник лаборатории биологического земледелия, Новозыбковская сельскохозяйственная опытная станция – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса»
E-mail: ngsos-vniia@yandex.ru*

Аннотация: *Представлены результаты исследований, проведенных на опытном поле Новозыбковской СХОС, на дерново-подзолистой песчаной почве, загрязненной радионуклидами, по изучению эффективности доз фосфорно-калийных удобрений на урожайность, накопление радиоцезия и энергетическую ценность люпина белого. Результаты исследований показали, что оптимальные дозы фосфорно-калийных удобрений для получения повышенной урожайности зеленой массы люпина - $P_{45}K_{120}$ и зерна – $P_{45}K_{150}$, для снижения накопления ^{137}Cs в зеленой массе - $P_{45}K_{150}$, в зерне - $P_{45}K_{210}$.*

Ключевые слова: *люпин белый, минеральные удобрения, урожайность, качество, радиоактивное загрязнение, накопление ^{137}Cs , дерново-подзолистая песчаная почва.*

Значение люпина в современном земледелии объективно возрастает, высокий биологический и экономический потенциал люпина делает возможным его выращивание и использование во многих регионах России [1-3]. Люпин является важной зернобобовой культурой на дерново-подзолистых песчаных почвах легкого механического состава. Зеленая масса люпина и пожнивно-корневые остатки важный фактор биологизации земледелия, энерго- и ресурсосбережения [4]. Зерно люпина рассматривается как источник сбалансированного, легкоусвояемого и экологически чистого белка в рационе кормления всех видов животных [5,6]. Вместе с тем, повышенное накопление ^{137}Cs на загрязненных радионуклидами почвах Брянской области ограничивает его применение. Снижение накопления радионуклидов в растениях является важнейшей задачей. Система применения удобрений существенно влияет на поступление радионуклидов в растения и их накопление в урожае. Поэтому, использование удобрений должно способствовать уменьшению поступления в растения радионуклидов [7-10].

Исследования проводились на опытном поле Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции. Почва опытного участка дерново-подзолистая песчаная. Агрохимические показатели плодородия почвы пахотного слоя до закладки опыта: гумус (по Тюрину) – 1,6%, рНксл – 4,87; гидролитическая кислотность (по Каппену–Гильковицу) – 2,41 мг-экв./100 г.п.; сумма обменных оснований (по Каппену-Гильковицу) – 2,59 экв./100 г.п.; содержание подвижных форм фосфора (по Кирсанову) – 32,1 мг/100 г почвы, содержание подвижных форм калия (по Кирсанову) – 11,1 мг/100 г почвы.

Удельная активность почвы опытного участка 2600-2900 Бк/кг, плотность загрязнения почвы ¹³⁷Cs в результате Чернобыльской катастрофы составляет 777 кБк/м².

Под люпин вносили минеральные удобрения в виде: простого гранулированного суперфосфата, калия хлористого 56%, весной под культивацию.

Опыт включает в себя следующие варианты: 1. Контроль, 2. P₄₅, 3. P₄₅K₆₀, 4. P₄₅K₉₀, 5. P₄₅K₁₂₀, 6. P₄₅K₁₅₀, 7. P₄₅K₁₈₀, 8. P₄₅K₂₁₀.

Полевой опыт, лабораторно-аналитические работы и статистический анализ проводились по методикам [11-13].

Результаты. Проведенные исследования показали, что минимальная урожайность зеленой массы люпина белого (в среднем за 3 года) была в контрольном варианте, без внесения минеральных удобрений, и составила 415 ц/га (Таблица 1). Применение в вариантах опыта фосфорных удобрений в дозе 45 кг/га существенно не влияло на продуктивность зеленой массы люпина.

Таблица 1 – Влияние минеральных удобрений на урожайность зеленой массы и зерна люпина белого, сорт «Дега», средняя за 2012 - 2014 гг.

Вариант	Зеленая масса			Зерно		
	урожайность, ц/га	прибавка, ц/га		урожайность, ц/га	прибавка, ц/га	
		общая	от калия		общая	от калия
Контроль	415	–	–	20,0	–	–
P ₄₅	425	10	–	21,1	1,1	–
P ₄₅ K ₆₀	471	56	46	23,0	3,0	1,9
P ₄₅ K ₉₀	500	85	75	24,3	4,3	3,2
P ₄₅ K ₁₂₀	515	100	90	25,5	5,5	4,4
P ₄₅ K ₁₅₀	542	127	117	26,8	6,8	5,7
P ₄₅ K ₁₈₀	551	136	126	27,2	7,2	6,1
P ₄₅ K ₂₁₀	567	152	142	27,7	7,7	6,6
НСР _{05,ц/га}	98			1,6		
P, %	6,5			2,2		

Примечание. Расфигурка вариантов приведена в тексте.

Внесение калийных удобрений в дозе K₆₀ и K₉₀, в сочетании с P₄₅, дало тенденцию к увеличению сбора зеленой массы. Калийные удобрения в дозах

120 - 210 кг/га увеличивали урожайность зеленой массы люпина белого от 24 до 37%.

По результатам нашего опыта оптимальная доза минерального удобрения для получения максимального урожая зеленой массы люпина белого - $P_{45}K_{120}$, последующее повышение доз калийных удобрений существенного влияния на урожайность зеленой массы не оказывало.

Урожайность зерна люпина, в среднем за 3 года, в варианте абсолютного контроля (Таблица 1) составила 20,0 ц/га, фосфорные удобрения, вносимые в дозе 45 кг/га, не влияли на урожайность зерна, как и на урожайность зеленой массы. Калийные удобрения в минимальной дозе – 60 кг/га, вносимые в сочетании с фосфорными удобрениями (P_{45}), увеличили урожай зерна на 15%. Применение других доз калия - от 90 до 210 кг/га также достоверно увеличивало урожайность зерна (от 22 до 39%).

Анализируя проведенные нами исследования, можно отметить, что для получения максимальной урожайности зерна люпина белого, в среднем за 3 года, было достаточно внесения минерального удобрения в дозе $P_{45}K_{150}$, дальнейшее увеличение доз калийных удобрений существенного влияния на урожайность не оказывало.

В условиях радиоактивного загрязнения территории важным показателем качества сельскохозяйственных культур является содержание ^{137}Cs в конечной продукции растениеводства соответствующей требованиям ВП – 13.5.13./ 06 – 01 – для зеленой массы 100 Бк/кг [14].

Содержание ^{137}Cs и алкалоидов в зеленой массе и зерне люпина белого, в среднем за 3 года, представлено в таблице 2.

Таблица 2 - Влияние минеральных удобрений на удельную активность ^{137}Cs и алкалоидность, в зеленой массе и зерне люпина белого, сорт «Дега», среднее за 2012-2014 гг.

Вариант	Зеленая масса			Зерно		
	^{137}Cs Бк/кг	Кн	алкалоиды, %	^{137}Cs Бк/кг	Кн	алкалоиды, %
Контроль	481	0,246	0,051	2693	1,377	0,176
P_{45}	445	0,229	0,053	2091	1,084	0,136
$P_{45}K_{60}$	415	0,214	0,055	1960	1,019	0,140
$P_{45}K_{90}$	325	0,168	0,051	1662	0,871	0,145
$P_{45}K_{120}$	307	0,158	0,041	1591	0,830	0,140
$P_{45}K_{150}$	278	0,143	0,044	1353	0,705	0,126
$P_{45}K_{180}$	285	0,146	0,046	1298	0,675	0,144
$P_{45}K_{210}$	281	0,145	0,049	1276	0,664	0,142

Примечание: ВП – 13.5.13./ 06 – 01 – для зеленой массы 100 Бк/кг, ^{137}Cs ПДУ – для зерна 180 Бк/кг, ТРТС 015 / 2011 от 9 декабря 11г №874.

Примечание: низкое содержание алкалоидов (0,025 – 0,099%) среднее содержание алкалоидов (0,100 – 0,399%) [15]. Кн – коэффициент накопления ^{137}Cs .

Удельная активность ^{137}Cs в зеленой массе люпина на контрольном варианте в 4,8 раза превышает нормативный допустимый уровень, в варианте применения фосфорных удобрений отмечено снижение радионуклида на 7%.

Из результатов проведенных нами исследований видно, что применение фосфорно-калийных удобрений в дозах $P_{45}K_{60-210}$ снижало вынос ^{137}Cs с урожаем зеленой массы люпина белого, по всем вариантам применения, максимальное снижение в 1,7 раза, но его содержание превышало допустимый уровень.

Содержание цезия в зерне люпина на контрольном варианте в 15 раз превышает нормативно допустимый уровень. Фосфорно-калийные удобрения, применяемые в схеме опыта, снижали накопления радионуклидов, максимальное снижение на варианте с дозами $P_{45}K_{210}$ в 2,1 раза, что так же значительно превышало предельно допустимую концентрацию радионуклидов для использования зерна на корм животным.

Минеральные удобрения, вносимые по вариантам опыта, практически не влияли на содержания алкалоидов в зеленой массе люпина. Содержание алкалоидов в зерне люпина белого колебалось по вариантам опыта от 0,126 до 0,176%.

Энергетическая ценность зеленой массы и зерна люпина белого представлена в таблице 4. Сбор кормовых единиц с одного гектара в зеленой массе люпина белого на контрольном варианте составил 45,5 ц/га, максимальное увеличение сбора кормовых единиц было в варианте $P_{45}K_{210}$ - на 25,1 ц/га к.ед.

Таблица 3 – Влияние минеральных удобрений на энергетическую ценность зеленой массы люпина белого, сорт «Дега», среднее за 3 года (2012 - 2014 гг.)

Вариант	Зеленая масса, Сбор с 1 га				Зерно, Сбор с 1 га			
	к.ед., ц/га	пП, ц/га	ОЭ ГДж	ВЭ ГДж	к.ед., ц/га	пП, ц/га	ОЭ ГДж	ВЭ ГДж
Контроль	45,5	6,1	61,77	124,09	31,1	6,3	27,88	42,51
P_{45}	47,5	6,4	64,57	128,27	32,0	6,6	29,07	44,64
$P_{45}K_{60}$	54,1	6,7	72,40	140,72	34,8	7,3	32,39	48,40
$P_{45}K_{90}$	51,9	7,1	71,92	143,36	37,3	7,8	34,06	51,49
$P_{45}K_{120}$	58,1	8,0	77,02	148,85	39,1	8,2	35,34	54,37
$P_{45}K_{150}$	61,8	8,7	81,58	157,53	41,0	8,4	37,03	57,00
$P_{45}K_{180}$	62,7	8,5	84,03	163,51	41,8	8,7	37,51	57,74
$P_{45}K_{210}$	70,6	9,4	90,44	170,96	43,1	8,8	38,71	58,95

Сбор переваримого протеина с 1 га на контрольном варианте 6,1 ц/га. Минеральные удобрения (фосфорно-калийные) увеличивали урожайность зеленой массы люпина и соответственно сбор протеина до 9,4 ц/га.

Исходя из экспериментальных данных, можно отметить, что обменная энергия в зеленой массе люпина белого увеличивалась по вариантам опыта с 61,77 до 90,44 ГДж.

Минеральные удобрения, применяемые по вариантам опыта, увеличивали сбор переваримого протеина в зерне люпина белого с 1 га до 8,8 ц.

Обменная энергия в зерне за счет применения минеральных удобрений увеличилась на 10,83 ГДж.

Таким образом, исходя из экспериментальных данных, можно отметить, что для получения максимального урожая люпина оптимальные дозы минеральных удобрений: для зеленой массы - $P_{45}K_{120}$, для зерна было достаточно внесения минеральных удобрений в дозе $P_{45}K_{150}$.

В результате исследований было установлено, что зеленая масса люпина белого с содержанием радионуклидов ниже нормативно допустимого уровня, не была получена, максимальное снижение радионуклидов было на вариантах минерального удобрения - $P_{45}K_{150}$. В проведенных нами исследованиях минимальное содержание радионуклидов в зерне люпина было на варианте - $P_{45}K_{210}$, что так же превышало предельно допустимый уровень. Зерно можно использовать в качестве высокобелковой добавки к зерну культур с низким содержанием ^{137}Cs .

Библиографический список

1. Лихачев, Б.С. Стратегия и приоритеты в селекции люпина / Б.С. Лихачев //Тез.докл. IVМеждународ. научн. конференции «Биологический азот в растениеводстве». СОИСаФ. М. 1996. - С. 121-123.
2. Агеева, П.А. Селекция люпина узколистного и создание нового поколения агроэкоципов сортов /П.А. Агеева // Научные основы создания моделей агроэкоципов сортов и зональных технологий возделывания зернобобовых и крупяных культур для различных регионов России. Орел. 1997. - С. 110-114.
3. 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: монография. – Брянск, 2011. – 182 с.
4. Такунов И.П. Энергосберегающая роль люпина в современном сельскохозяйственном производстве/ Кормопроизводство. 2001. № 1. с. 3-4.
5. Такунов И.П., Слесарева Т.Н. Безгербицидная ресурсосберегающая технология возделывания люпина и злаковых культур в смешанных посевах. Научно-практическое руководство. – Брянск: из-во «Читай-город», 2007. – 60 с.
6. Привалов Ф.И., Шор В.Ч. Перспективы возделывания, селекции и семеноводства люпина в Беларуси/ Весці нацыянальнай акадэмі навук Беларусі. 2015. № 2. с 47-53.
7. Пашутко В.В., Шаповалов В.Ф., Белоус Н.М., Бельченко С.А., Никифоров М.И. Влияние минеральных удобрений и препарата Эпин-Экстра на урожайность и качество зерна люпина узколистного при радиоактивном загрязнении агроценозов // Агрохимический 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. Сычев В.Г., Лунёв В.И., Орлов П.М., Белоус Н.М. Чернобыль: радиационный мониторинг сельскохозяйственных угодий и агрохимические аспекты снижения последствий радиоактивного загрязнения почв (к 30-летию техногенной аварии на Чернобыльской АЭС). – М.: ВНИИА, 2016. – 184 с.

10. Яговенко Г.Л., Белоус И.Н. Экономическая оценка выращивания люпина в различных севооборотах // Достижение науки и техники АПК, 2011, № 8. – С. 78-80.

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. ВИУА. 1975. 167 с.; Ч.2. М.: ВИУА. 1983 с.; Ч. 3. М.: ВИУА. 1985. – 131 с.

13. Методические указания по определению естественных радионуклидов в почвах и растениях. – М.: ЦИНАО, 1985. – 22 с.

14. Купцов Н.С., Такунов И.П. Люпин – генетика, селекция, гетерогенные посевы. – Брянск, 2006. – 576 с.

Effects of mineral fertilizers on the productivity and quality of white lupine cultivated on soils contaminated with radionuclides

Vorobieva L.A., PhD in Agricultural Sciences

Novozybkovskaya agricultural experimental station – branch of the Federal Scientific Center for Forage Production and Agroecology named after V.R.Williams

243020, Russia, Bryansk region, Novozybkovsky district, settlement Experimental station

Abstract: *The article presents the results of studies carried out on the experimental field of the Novozybkovskaya SCHOS, on sod-podzolic sandy soil contaminated with radionuclides, to study the effectiveness of doses of phosphorus-potassium fertilizers on yield, radiocaesium accumulation and energy value of white lupine. The research results showed that the optimal doses of phosphorus-potassium fertilizers to obtain increased productivity of green mass of lupine - $P_{45}K_{120}$ and grain - $P_{45}K_{150}$, to reduce the accumulation of ^{137}Cs in green mass - $P_{45}K_{150}$, in grain - $P_{45}K_{210}$.*

Key words: *white lupine, mineral fertilizers, productivity, quality, radioactive contamination, accumulation of ^{137}Cs , soddy-podzolic sandy soil.*