

## Литература

1. Новоселов Ю.К., Оляшев А.И. Состояние и аспекты развития полевого кормопроизводства // Кормопроизводство, 2002, № 7. – С. 4-8.
2. Храмой В.К., Ивасюк Е.В., Ивасюк Н.М. Продуктивность люцерны изменчивой в чистом виде и смешанных посевах при двух и трехукосном использовании // Кормопроизводство, 2013, № 3. – С. 13-14.
3. Лазарев Н.Н., Стародубцева А.М., Пятинский Д.В. Урожайность люцерны изменчивой (*Medicago varia martvni.*) в одновидовых посевах и травосмесях с бобовыми и злаковыми травами // Кормопроизводство, 2013, № 11. – С. 10-12.
4. Агладзе Г.А., Тортладзе Л.А., Чебуклани М.И., Хевлашвили Г.А. Многолетние травы на мелиорированных землях Колхидской низменности // Кормопроизводство, 2010, № 9. – С. 31-34.
5. Косолапов В.М., Трофимов И.А., Трофимова Л.С. Кормопроизводство важнейшее направление в экономике сельского хозяйства России // АПК: Экономика, управление, 2011, № 1. – С. 22-27.
6. Санжарова Н.И. Изменение радиационной обстановки в сельском хозяйстве после аварии на Чернобыльской АЭС // Агрехимический вестник, 2010, № 2. – С. 6-9.
7. Анишина Ю.А. Эффективность возделывания многолетних мятликовых трав в одновидовых посевах на радиоактивно загрязненных пойменных лугах (на примере Брянской области): автореф. дисс. к.с.-х.н. – Брянск, 2012. – 20 с.
8. Богдевич И.М., Подоляк А.Г., Шмигельская И.Д. Защитные агрохимические мероприятия в АПК Республики Беларусь // Агрехимический вестник, 2006, № 2. – С. 13-19.
9. Белоус Н.М., Харкевич Л.П., Шаповалов В.Ф., Кротова Е.А. Влияние минеральных удобрений и приемов поверхностного улучшения почвы на урожай и качество многолетних трав // Кормопроизводство, 2010, № 4. – С. 15-18.
10. Белоус Н.М., Сычев В.Г., Шаповалов В.Ф., Белоус И.Н. Влияние длительного применения средств химизации на продуктивность плодосменного севооборота и плодородие дерново-подзолистой почвы в условиях радиоактивно загрязнения // Плодородие, 2013, № 3 (72). – С. 1-3.
11. Шаповалов В.Ф., Белоус Н.М., Белоус И.Н., Иванов Ю.И. Продуктивность и качество одновидовых и смешанных посевов кормовых культур в условиях радиоактивного загрязнения // Агрехимический вестник, 2015, № 5. – С. 29-31.
12. Белоус Н.М., Драганская М.Г., Белоус И.Н., Бельченко С.А. Эффективность технологий возделывания сельскохозяйственных культур в севооборотах юго-запада Нечерноземной зоны России: монография. – Брянск: Изд-во БГСХА, 2012. – 241 с.
13. Косьянчук В.П., Мальцев В.Ф., Белоус Н.М., Ториков В.Е. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур: учебное пособие. – Брянск: Изд-во БГСХА, 2004. – 170 с.
14. Методические указания по определению естественных радионуклидов в почвах и растениях. – М., ЦИНАО, 1985. – 22 с.
15. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. – М.: ВИУА, 1985. – 175 с.
16. Сычев В.Г., Лунев 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.
17. Современные проблемы радиологии в сельскохозяйственном производстве: монография. – под общей ред. Ю.А. Мажайского. – Рязань: ФГОУ ВПО РГАТУ, 2010. – 362 с.

УДК 631.82:631.55.3:633.36:631.442.1:632.118

DOI 10.24411/0235-2516-2019-10041

## ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЛЮПИНА ЖЕЛТОГО, ВОЗДЕЛЫВАЕМОГО НА ЛЕГКИХ ПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

<sup>1</sup>Л.А. Воробьева, к.с.-х.н., <sup>1</sup>В.Б. Корнев, к.с.-х.н., <sup>2</sup>В.М. Никифоров, к.с.-х.н.,  
<sup>3</sup>Г.Л. Яговенко, д.с.-х.н., <sup>3</sup>Т.В. Яговенко, к.б.н.

<sup>1</sup>Новозыбковская СХОС – филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», e-mail: ngsos-vniia@yandex.ru

<sup>2</sup>Брянский государственный аграрный университет, e-mail: bgsha@bgsha.com

<sup>3</sup>ВНИИ люпина – филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», e-mail: lupin\_mail@mail.ru

*В полевом опыте на дерново-подзолистой песчаной почве, загрязненной радионуклидами, изучена эффективность доз фосфорно-калийных удобрений на накопление <sup>137</sup>Cs урожайность, и энергетическую ценность люпина желтого. Установлено, что для получения повышенной урожайности зеленой массы и зерна люпина оптимальная доза фосфорно-калийных удобрений составляет P<sub>45</sub>K<sub>90-120</sub>, для снижения накопления <sup>137</sup>Cs в зеленой массе доза составляет P<sub>45</sub>K<sub>150</sub>, в зерне – P<sub>45</sub>K<sub>210</sub>.*

**Ключевые слова:** песчаные почвы, радиоактивные загрязнения, фосфорно-калийные удобрения, люпин желтый, урожайность, качество, накопление <sup>137</sup>Cs в зеленой массе и зерне.



## INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS ON THE PRODUCTIVITY AND QUALITY OF YELLOW LUPINE CULTIVATED ON LIGHT SANDY SOILS IN THE CONDITIONS OF RADIOACTIVE CONTAMINATION

<sup>1</sup>Ph.D. L.A. Vorobyova, <sup>1</sup>Ph.D. V.B. Korenev, <sup>2</sup>Ph.D. V.M. Nikiforov,

<sup>3</sup>Dr.Sci. G.L. Yagovenko, <sup>3</sup>Ph.D. T.V. Yagovenko

<sup>1</sup>Novozybkov AES – branch of FSC «All-Russian Forage Institute named after V.R. Williams»,  
e-mail: ngsos-vniia@yandex.ru

<sup>2</sup>Bryansk state agricultural university, e-mail: bgsha@bgsha.com

<sup>3</sup>VNI of lupine – branch of FSC «All-Russian Forage Institute named after V.R. Williams»,  
e-mail: lupin\_mail@mail.ru

*In field experiment at soddy-podzolic sandy soil polluted by radionuclides the efficiency of doses of phosphorus-potassium fertilizers accumulation of <sup>137</sup>Cs on productivity and power value of a lupine yellow is studied. It is established that for obtaining the increased productivity of green material and grain of a lupine the optimum dose of phosphorus-potassium fertilizers makes P45K90-120, for decrease in accumulation <sup>137</sup>Cs in green material the dose makes P45K150, in grain – P45K210.*

**Keywords:** sandy soils, radioactive pollution, phosphorus-potassium fertilizers, lupine yellow, productivity, quality, accumulation of <sup>137</sup>Cs in green material and grain.

Люпин – ценная бобовая культура, используемая на зеленый корм, силос, зернофураж и в качестве сидерата [1-6]. Высоким биологическим и экономическим потенциалом люпин обладает особенно в условиях Нечерноземной зоны России, где он должен стать базовой кормовой культурой [5-7], так как люпин является одним из основных источников пополнения белка в кормах. Использование люпина на корм обогащает рацион и снижает затраты на производство молока и мяса, вместе с тем повышенное накопление <sup>137</sup>Cs на загрязненных радионуклидами почвах Брянской области ограничивает его применение. Система применения удобрений существенно влияет на поступление радионуклидов в растения и их накопление в урожае. Поэтому использование удобрений, в том числе и в сочетании с другими мероприятиями, должно способствовать уменьшению поступления в растения радионуклидов [8-11].

**Цель исследований** – агроэкологическая оценка люпина желтого при возделывании на дерново-подзолистой песчаной почве, загрязненной радионуклидами.

**Объекты и методы.** Исследования проводили на опытном поле Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции на дерново-подзолистой песчаной почве. Мощность пахотного горизонта составляет 20-22 см. Агрохимические показатели пахотного слоя до закладки опыта: гумус (по Тюрину) 1,6%; рН<sub>KCl</sub> 4,87; гидролитическая кислотность (по Каппену-Гильковицу) 2,41 мг-экв/100 г почвы; сумма обменных оснований (по Каппену-Гильковицу) 2,59 мг-экв/100 г; содержание подвижных форм фосфора и калия (по Кирсанову) 321 и 111 мг/кг почвы. Удельная активность почвы опытного участка 2900-3200 Бк/кг, плотность загрязнения почвы <sup>137</sup>Cs в результате Чернобыльской катастрофы составляет 777 кБк/м<sup>2</sup>.

Под люпин вносили простой гранулированный суперфосфат и калий хлористый 56% весной под культивацию. Опыт проводили в трехкратной повторности, общая площадь опытной делянки 36 м<sup>2</sup>, учетная – 30 м<sup>2</sup>. Технология возделывания люпина общепринятая, рекомендованная для зоны.

Опыт включает в себя следующие варианты: 1 – Контроль; 2 – P<sub>45</sub>; 3 – P<sub>45</sub>K<sub>60</sub>; 4 – P<sub>45</sub>K<sub>90</sub>; 5 – P<sub>45</sub>K<sub>120</sub>; 6 – P<sub>45</sub>K<sub>150</sub>; 7 – P<sub>45</sub>K<sub>180</sub>; 8 – P<sub>45</sub>K<sub>210</sub>.

Полевой опыт, лабораторно-аналитические работы и статистический анализ проводили по методикам [12, 13].

**Результаты.** Погодные условия в годы исследований существенно различались по увлажнению и теплообеспеченности. Так, 2013 г. был засушливым и отличался низким запасом продуктивной влаги в почве, неравномерным распределением весенне-летних осадков и высокой температурой воздуха в первой половине вегетации растений. Поэтому урожайность люпина желтого колебалась по годам исследований.

Результаты показали, что урожайность зеленой массы люпина желтого (в среднем за 3 года) в контроле составила 384 ц/га (табл. 1). Применение фосфорных удобрений в дозе 45 кг/га дало тенденцию к повышению урожайности. Внесение калийных удобрений в дозе K<sub>60</sub> в дополнение к P<sub>45</sub> незначительно увеличило урожай в дозе K<sub>90</sub> и K<sub>120</sub> урожайность зеленой массы на 15 и 18%. Дальнейшее повышение дозы калийных удобрений увеличивало урожайность зеленой массы практически одинаково – до 25%. Из этого следует, что по результатам нашего опыта оптимальная доза минерального удобрения, для получения максимального урожая зеленой массы люпина желтого составляет P<sub>45</sub>K<sub>120</sub>, последующее повышение дозы существенного влияния не оказывало.



### 1. Влияние минеральных удобрений на урожайность зеленой массы и зерна люпина желтого сорта Надежный, 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	
1	384	–	–	11,4	–	–
2	397	13	–	12,1	0,7	–
3	426	42	29	13,1	1,7	1,0
4	454	70	57	14,2	2,8	2,1
5	468	84	71	14,7	3,3	2,6
6	480	96	83	14,6	3,2	2,5
7	488	104	91	14,9	3,5	2,8
8	496	112	99	15,2	3,8	3,1
НСР <sub>05</sub>	27	–	–	1,8	–	–
P, %	3,4	–	–	4,3	–	–

Примечание. Расшифровка вариантов приведена в тексте.

### 2. Влияние минеральных удобрений на содержание <sup>137</sup>Cs в зеленой массе и зерне люпина желтого сорта Надежный, среднее за 2012-2014 гг.

Вариант	Зеленая масса		Зерно	
	<sup>137</sup> Cs Бк/кг	Кн	<sup>137</sup> Cs Бк/кг	Кн
1	179	0,092	1026	0,511
2	166	0,086	906	0,455
3	126	0,065	755	0,380
4	118	0,071	687	0,347
5	108	0,055	610	0,306
6	100	0,051	487	0,249
7	80	0,042	485	0,244
8	70	0,036	431	0,219

Примечание: ВП-13.5.13./06-01 для зеленой массы – 100 Бк/кг, <sup>137</sup>Cs ПДУ для зерна – 180 Бк/кг, ТРТС 015/2011 от 9 декабря 2011 г. № 874.

### 3. Влияние минеральных удобрений на содержание NPK и алкалоидов в люпине желтом сорта Надежный, среднее за 2012-2014 гг.

Вариант	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Алкалоиды
	%				
Зеленая масса					
1	2,91	0,63	2,96	0,94	0,017
2	2,87	0,63	2,71	0,97	0,016
3	2,98	0,63	2,61	1,00	0,015
4	2,91	0,63	3,45	0,85	0,015
5	2,79	0,67	2,87	0,98	0,015
6	2,92	0,65	3,34	0,93	0,015
7	2,85	0,64	3,20	1,03	0,016
8	2,98	0,62	3,30	1,06	0,018
Зерно					
1	6,73	0,87	0,72	0,45	0,058
2	6,60	0,86	0,71	0,48	0,062
3	6,84	0,84	0,71	0,48	0,063
4	6,76	0,86	0,71	0,48	0,067
5	6,86	0,82	0,72	0,47	0,065
6	6,83	0,85	0,71	0,45	0,070
7	6,98	0,86	0,72	0,48	0,071
8	6,88	0,86	0,75	0,49	0,072

Примечание: ВП-13.5.13./06-01 для зеленой массы – 100 Бк/кг, <sup>137</sup>Cs ПДУ для зерна – 180 Бк/кг, ТРТС 015/2011 от 9 декабря 2011 г. № 874.

Урожайность зерна люпина в среднем за 3 года на абсолютном контроле (табл. 1) составила 11,4 ц/га, фосфорные удобрения, вносимые в дозе 45 кг/га, не влияли на урожайность. Калийные удобрения в минимальной дозе – 60 кг/га, вносимые в сочетании с фосфорными (P<sub>45</sub>), также не оказывали влияния на урожайность зерна. Применение доз калия от 90 до 210 кг/га достоверно увеличивало урожайность зерна (от 18 до 28%), но существенной разницы между вариантами с этими дозами не наблюдалось.

Анализируя результаты (в среднем за 3 года), можно отметить, что для получения максимальной урожайности зерна люпина желтого достаточно внесения дозы P<sub>45</sub>K<sub>90</sub>.

Важным показателем качества сельскохозяйственных культур в зоне радиоактивного загрязнения является содержание <sup>137</sup>Cs в конечной продукции растениеводства, соответствующей требованиям ВП-13.5.13./06-01 – для зеленой массы 100 Бк/кг.

В среднем за 3 года данные таблицы 2 показывают, что содержание <sup>137</sup>Cs в зеленой массе люпина в контроле в 1,8 раза превышает нормативный допустимый уровень, на варианте фосфорных удобрений отмечено снижение радионуклида на 10%. Применение калийного удобрения совместно с фосфорным в дозах от 60 до 120 кг/га снизило накопление радиоцезия, но его количество также превышало допустимый уровень. Фосфорно-калийные удобрения с дозами калия от 150 до 210 кг/га снижали накопление <sup>137</sup>Cs ниже допустимого уровня, что соответствует нормативным требованиям ВП-13.5.13./06-01 – для зеленой массы 100 Бк/кг. Из результатов исследований видно, что для получения нормативно «чистой» зеленой массы люпина по содержанию радионуклидов необходимо вносить минеральные удобрения в дозе не менее P<sub>45</sub>K<sub>150</sub>.

Удельная активность цезия в зерне люпина в контроле в 6 раз превышает нормативно допустимый уровень. Фосфорно-калийные удобрения снижали накопление радионуклидов на варианте с дозами P<sub>45</sub>K<sub>210</sub> до 431 Бк/кг, что также значительно превышало ПДК радионуклидов для использования зерна на корм животным.

Данные таблицы 3 показывают, что минеральные удобрения практически не влияли на содержания N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и алкалоидов в зеленой массе люпина. В содержании K<sub>2</sub>O и Ca наблюдалось изменения, но четкой зависимости от минеральных удобрений не прослеживалось. Содержание алкалоидов в зерне люпина желтого колебалось по вариантам опыта от 0,058 до 0,072%, что относится к низкому количеству (0,025-0,099%) [14].



#### 4. Влияние минеральных удобрений на энергетическую ценность люпина желтого сорта Надежный, среднее за 2012-2014 гг.

Вариант	ВЭ, МДж	ОЭ, МДж	Корм.е д.	Перев. прот. (пП), г	Сбор с 1 га			
					Корм.ед., ц/га	пП, ц/га	ОЭ, ГДж	ВЭ, ГДж
Зеленая масса								
Контроль	18,36	9,01	0,65	102,6	39,2	6,5	55,98	118,36
P <sub>45</sub>	18,46	8,87	0,63	100,0	38,0	6,4	54,62	117,83
P <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	18,62	9,06	0,67	108,9	42,3	7,5	59,50	125,54
P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	18,34	8,94	0,64	102,8	44,2	8,0	62,91	133,38
P <sub>45</sub> K <sub>120</sub>	18,34	9,02	0,66	103,6	45,7	7,8	64,90	136,90
P <sub>45</sub> K <sub>150</sub>	18,53	9,14	0,67	107,9	49,7	8,6	69,98	147,62
P <sub>45</sub> K <sub>180</sub>	18,32	8,96	0,64	102,6	49,7	8,6	69,98	148,78
P <sub>45</sub> K <sub>210</sub>	18,29	8,97	0,64	107,3	46,7	8,9	67,18	143,08
Зерно								
Контроль	20,67	12,84	1,32	342,3	14,6	3,8	14,42	23,60
P <sub>45</sub>	20,65	12,85	1,32	334,7	15,3	4,0	15,34	25,16
P <sub>45</sub> K <sub>60</sub>	20,76	13,01	1,35	348,2	17,3	4,4	16,86	27,28
P <sub>45</sub> K <sub>90</sub>	20,75	12,92	1,33	343,9	18,8	4,8	18,29	29,46
P <sub>45</sub> K <sub>120</sub>	20,79	12,96	1,35	349,7	19,4	4,9	18,85	30,61
P <sub>45</sub> K <sub>150</sub>	20,75	12,95	1,34	348,0	19,2	4,9	18,72	30,35
P <sub>45</sub> K <sub>180</sub>	20,79	12,95	1,34	353,2	19,8	5,1	19,16	31,02
P <sub>45</sub> K <sub>210</sub>	20,79	12,86	1,32	350,6	19,9	5,2	19,46	31,70

Энергетическая ценность зеленой массы и зерна люпина желтого представлена в таблице 4. Сбор кормовых единиц с одного гектара в зеленой массе люпина желтого в контроле составил 39,2 ц/га, максимальное (10,5 ц/га) увеличение было в вариантах 6 и 7. Сбор переваримого протеина с 1 га в контроле составил 6,5 ц/га, фосфорно-калийные удобрения увеличивали урожайность зеленой массы люпина и соответственно сбор протеина до 8,9 ц/га корм.ед. Обменная энергия в зеленой массе люпина желтого по вариантам увеличивалась с 55,98 до 69,98 ГДж.

Применение удобрений увеличивало сбор переваримого протеина в зерне от 3,8 до 5,2 ц/га, а об-

менную энергию – на 5,04 ГДж.

*Таким образом, для получения максимального урожая зеленой массы люпина желтого оптимальная доза минеральных удобрений составляет P<sub>45</sub>K<sub>120</sub>, для зерна – P<sub>45</sub>K<sub>90</sub>. Зеленая масса люпина желтого с содержанием радионуклидов ниже нормативно допустимого уровня получена на вариантах минерального удобрения (P<sub>45</sub>K<sub>150</sub>) и выше. Минимальное содержание радионуклидов в зерне люпина было на варианте (P<sub>45</sub>K<sub>210</sub>), что превышало пре дельно допустимый уровень, следовательно зерно можно использовать в качестве высокобелковой добавки к зерну культуры с низким содержанием <sup>137</sup>Cs.*

#### Литература

1. Саввичева И.К., Лихачев 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: монография. – Брянск, 2011. – 182 с.
3. Белоус Н.М., Ториков В.Е., Моисеенко И.Я., Мельникова О.В. Зернобобовые культуры и однолетние бобовые травы: биология и технология возделывания: монография. – Брянск, 2010. – 151 с.
4. Такунов И.П. Люпин в земледелии России: монография. – Брянск: «Придесенье», 1996. – 372 с.
5. Такунов И.П., Слесарева Т.Н. Безгербицидная ресурсосберегающая технология возделывания люпина и злаковых культур в смешанных посевах: научно-практическое руководство. – Брянск: Изд-во «Читай-город», 2007. – 60 с.
6. Белоус И.Н., Смольский Е.В., Яговенко Г.Л. Биоэнергетическая оценка выращивания люпина в севооборотах различного назначения // Зерновое хозяйство России, 2011, № 5(17). – С. 63-68.
7. Яговенко Г.Л., Белоус И.Н. Экономическая оценка выращивания люпина в различных севооборотах // Достижения науки и техники АПК, 2011, № 8. – С. 78-80.
8. Нестеров И.А. Продуктивность и качество люпина при использовании удобрений и биопрепаратов на радиоактивно загрязненной супесчаной почве: автореф. дисс. к.с.-х.н. – М.: ВИУА, 2000. – 18 с.
9. 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.
10. Корнев В.Б., Воробьева Л.А., Белоус И.Н. Урожайность кормовых и зерновых культур, и накопление <sup>137</sup>Cs в зависимости от внесения возрастающих доз калийных удобрений // Вестник Брянской ГСХА, 2013, № 5. – С. 3-6.
11. Сычев В.Г., Лунев 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.
12. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. Ч. 1. – М.: ВИУА, 1975. – 167 с.; Ч. 2. – М.: ВИУА, 1983. – 173 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. – Клинцы: Гортипография, 2006. – 576 с.