ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И БИОПРЕПАРАТА ЭПИН-ЭКСТРА НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АГРОЦЕНОЗОВ

Е.Н. Селиванов (научный руководитель – профессор **Н.М. Белоус**, д.с.-х.н.)
Брянский государственный аграрный университет, e-mail: cit@bgsha.com

Представлены результаты оценки эффективности минеральных удобрений и биопрепарата Эпин-Экстра на дерново-подзолистой легкосуглинистой радиоактивно загрязненной почве при возделывании люпина узколистного на зерно. Исследования проведены на опытном поле Новозыбковского филиала Брянского ГАУ в 2017-2019 гг. Установлено, что максимальная урожайность зерна (2,21 т/га) люпина сорта Кристалл формировалась при применении $N_{60}P_{90}K_{120}$ в комплексе с биопрепаратом Эпин-Экстра. От применения биопрепарата Эпин-Экстра урожайность зерна в среднем увеличивалась на 24,2%. Содержание белка в зерне в зависимости от фона удобренности и действия биопрепарата Эпин-Экстра изменялось от 31,54 до 40,72%. При применении различных систем удобрений затраты совокупной энергии варьировали в пределах 13,76-25,36 ГДж/га, валовая энергия (ВЭ) составляла 19,60-46,19 ГДж/га, обменная энергия (ОЭ) изменялась от 11,59 до 25,50 ГДж/га. Самый высокий выход кормовых единиц (0,900 т/га), переваримого протеина (0,778 т/га) и приращения валовой энергии получены при применении минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{90}K_{120}$ и биопрепарата Эпин-Экстра. Энергетический коэффициент (ЭК) и коэффициент энергетической эффективности (КЭЭ) варьировали в пределах 1,42-1,97 и 0,80-1,19 соответственно. Применение минеральных удобрений и биопрепарата Эпин-Экстра способствовало уменьшению удельной активности ^{137}Cs в зерне люпина узколистного от 1,05 до 1,61 раз, составляя в этих вариантах 221-216 Бк/кг.

Ключевые слова: почва, узколистный люпин, минеральные удобрения, урожайность, биопрепарат Эпин-Экстра, качество зерна, ^{137}Cs , Брянская область.

INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS AND BIOPREPARATION EPIN-EXTRA ON YIELD AND QUALITY OF LUPINE NARROW-LEAVED GRAIN IN CONDITIONS OF RADIOACTIVE CONTAMINATION OF AGROCOENOSIS

E.N. Selivanov (scientific supervisor – professor, Dr.Sci. **N.M. Belous**)
Bryansk State Agrarian University, e-mail: cit@bgsha.com

The presents results of three-year researches to assess the effectiveness of mineral fertilizers and the biopreparation Epin-Extra biologics in the cultivation of narrow-leaved lupine for grain, depending on the level of intensification of chemical agents at soddy-podzolic light loamy radioactively contaminated soil. The field experiments were conducted on the experimental field of the Novozybkov branch of the Bryansk State Agrarian University in 2017-2019. The researches have reliably established that the maximum grain yields (2.21 t/ha) of narrow-leaved lupine of the variety Kristall was formed when using the $N_{60}P_{90}K_{120}$ fertilizer system in combination with the biopreparation Epin-Extra. The average grain yields increased by 24.2% due to the application of the biopreparation Epin-Extra. On average, over the years of researches, the protein content of narrow-leaved lupine grain changed from 31.54 to 40.72% depending on the background of fertilization and the action of the biopreparation Epin-Extra. When using different fertilizer systems, the total energy consumption varied in the range of 13.76-25.36 GJ/ha, the gross energy (GE), depending on the degree of saturation of the fertilizer systems, was 19.60-46.19 GJ/ha, and the exchange energy (EE) varied from 11.59 to 25.50 GJ/ha. The highest feed units output (0.900 t/ha), digestible protein (0.778 t/ha) and gross energy increments were obtained with the complex application of mineral fertilizer at a dose of $N_{60}P_{90}K_{120}$ and the biopreparation Epin-Extra. The energy coefficient (EC) and the energy efficiency coefficient (CEE) varied in the range of 1.42-1.97 and 0.80-1.19, respectively. The complex application of mineral

fertilizers and the biopreparation Epin-Extra contributed to a decrease in the specific activity of ^{137}Cs in the grain of narrow-leaved lupine from 1.05 to 1.61 times, amounting in these variants 221-216 Bq/kg.

Keywords: soddy-podzolic soil, narrow-leaved lupine, mineral fertilizers, yields, biopreparation Epin-Extra, grain quality, ^{137}Cs , the Bryansk region.

При возрастающих темпах развития животноводства в России необходимо создание стабильно развивающейся кормовой базы для получения сбалансированных по белку энергонасыщенных кормов [1-3]. Наиболее полноценный корм для сельскохозяйственных животных обеспечивают бобовые кормовые культуры, среди разнообразия которых значительный интерес представляет люпин узколистый, возделываемый на зеленую массу, зерносеяж, зернофураж [4, 5], который также служит хорошей средоулучшающей культурой [6]. Кормовые сорта люпина в почвенно-климатических условиях юго-запада Центрального региона России характеризуются наиболее высоким содержанием белка в зерне, которое в зависимости от видовых, сортовых особенностей и условий выращивания может достигать 35-47% и эффективно использоваться при производстве энергонасыщенных и сбалансированных по белку комбикормов [7-9]. Следует также иметь в виду, что люпин признан важнейшим источником биологического азота для поддержания бездефицитного баланса элементов питания, особенно для почв дерново-подзолистого типа легкого гранулометрического состава [10-15]. Нельзя не отметить возрастающую роль люпина как одного из факторов биологизации и интенсификации земледелия при комплексном применении средств химизации [16-18]. В условиях радиоактивного загрязнения агроландшафтов в результате аварии на Чернобыльской АЭС долгоживущими радионуклидами являются ^{137}Cs и ^{90}Sr . Необходимо отметить, что реально сохраняется проблема получения продукции растениеводства несоответствующей санитарно-гигиеническому нормативу по содержанию в ней радионуклидов, где основным агрохимическим приемом снижения их удельной активности в товарной продукции сельскохозяйственных культур служит внесение повышенных доз калия [19, 20].

Цель работы – изучить влияние минеральных удобрений и биопрепарата Эпин-Экстра на продуктивность и качество зерна люпина узколистого при радиоактивном загрязнении агроценозов.

Методика исследований. Полевые опыты выполняли в 2017-2019 гг. на опытном поле Новозыбковского филиала Брянского ГАУ. Почва полевого стационара дерново-подзолистая, легкосуглинистая с содержанием органического вещества (по Тюрину) – 2,32-2,63%, подвижного фосфора и обменного калия (по Кирсанову) – соответственно 348-512 и 146-155 мг/кг почвы, рН_{KCl} 5,28-5,48. Плотность загрязнения почвы ^{137}Cs 216-248 кБк/м².

Схема опыта включала 14 вариантов, описанных в таблицах далее.

Объект исследований – узколистый люпин сорта Кристалл. Агротехника возделывания общепринятая для зоны, предшественник овес. Минеральные удобрения вносили под предпосевную обработку почвы вручную вразброс. Повторность опыта трехкратная, расположение делянок систематическое. Общая площадь опытной делянки 60 м², учетная 50 м². Препарат Эпин-Экстра (производитель – ННПП «НЭСТ-М») применяли, обрабатывая вегетирующие растения люпина перед фазой бутонизации из расчета 50 мл/га, совмещая с обработкой против сорняков и болезней. Действующее вещество препарата – эпибрасинолид, принадлежит к классу брассиностероидов, природных гормонов растений. Эпин-Экстра обладает широким спектром стимулирующего и защитного действия, что приводит к увеличению и повышению качества сельскохозяйственной продукции.

Учет урожая зерна люпина проводили сплошным методом в фазе спелого боба с последующим пересчетом на 14% влажность и 100% чистоту.

Лабораторно-аналитические исследования проводили по общепринятым в агрохимической службе методикам в Центре коллективного пользования научным и приборным оборудованием Брянского ГАУ.

Удельную активность ^{137}Cs в зерне определяли, используя измерительный комплекс УСК «Гамма Плюс» с программным обеспечением Прогресс в геометрии «Маринелли». Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли по методике Б.А. Доспехова (1985).

Агрохимический анализ почвы: содержание органического вещества определяли по методу Тюрина (ГОСТ 26213-91); рН_{KCl} – ионометрически (ГОСТ 24483-84); содержание P₂O₅ и K₂O – по Кирсанову (ГОСТ 26207-84).

Определяли химический состав зерна: жир – по ГОСТ 13495-97; сырую золу – по ГОСТ 26226-95; сырую клетчатку – по ГОСТ 31765-2012; БЭВ – расчетом; азот – по ГОСТ 13496.4-93; сырой белок расчетом (общий азот, % x 6,25) – по ГОСТ 32343-2013.

Погодные условия вегетационных периодов в годы исследований различались. Наиболее благоприятными по условиям увлажнения и температуре воздуха для яровых зерновых и зернобобовых культур были 2018-2019 гг. первая половина периода вегетации 2017 г. характеризовалась как слабозасушливая.

Результаты исследований. Самый низкий урожай зерна люпина по вариантам опыта формировался в 2017 г. (табл. 1). В контроле урожайность по годам исследований изменялась от 0,88 до 0,98 т/га, составляя в среднем 0,93 т/га, а по вариантам варьировала в пределах 0,93-2,21 т/га.

Применение фосфорного удобрения в дозах 60 и 90 кг/га д.в. обеспечило увеличение урожайности зерна люпина относительно контроля в среднем на 20,4-26,9%, а внесение калийного удобрения (K_{90} и K_{120}) повышало урожайность в среднем на 26,9-52,7% соответственно. Применение фосфорно-калийного удобрения $P_{60}K_{90}$ обеспечило повышение урожайности по сравнению с контролем на 36,5%. При увеличении дозы до $P_{90}K_{120}$ урожайность зерна люпина в сравнении с вариантом $P_{60}K_{90}$ повысилась на 40,2%, а относительно контроля на 91,4%.

Внесение $N_{30}P_{60}K_{90}$ и $N_{60}P_{90}K_{120}$ повышало урожайность относительно контроля на 48,4-104,3%.

Обработка посевов люпина биопрепаратом Эпин-Экстра на фоне фосфорного удобрения в дозе 90 кг/га д.в. повышала урожайность зерна по сравнению с вариантом без его применения на 0,27 т/га (48,1%), а в сравнении с контролем на 0,52 т/га, или на 55,9%.

Обработка посевов люпина на фоне применения калия в дозе 120 кг/га с биопрепаратом Эпин-Экстра повышала урожайность зерна в сравнении с контролем на 0,86 т/га, при величине прибавки от биопрепарата Эпин-Экстра 0,37 т/га, или 39,8%. При обработке посевов биопрепаратом Эпин-Экстра на фоне $P_{90}K_{120}$ прибавка урожая достигала 0,23 т/га. Максимальная (2,21 т/га) урожайность зерна узколистного люпина в среднем за годы исследований отмечена в варианте $N_{60}P_{90}K_{120}$ в комплексе с биопрепаратом Эпин-Экстра.

Прибавка урожая в сравнении с контролем составляла 1,28 т/га, а относительно варианта $N_{60}P_{90}K_{120}$ – 0,31 т/га, или 31,9%.

1. Влияние средств химизации на урожайность зерна узколистного люпина

Вариант	Урожайность, т/га				Прибавка, т/га		Окупаемость удобрений прибавкой урожая, кг/га
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	средняя	к контролю	от Эпин-Экстра	
1. Контроль (без удобрений)	0,88	0,93	0,98	0,93	-	-	-
2. P_{60}	1,09	1,16	1,12	1,12	0,19		3,17
3. K_{90}	1,16	1,20	1,19	1,18	0,25		2,78
4. $P_{60}K_{90}$	1,18	1,28	1,36	1,27	0,34		2,27
5. $N_{30}P_{60}K_{90}$	1,29	1,42	1,43	1,38	0,45		2,50
6. P_{90}	1,13	1,20	1,20	1,18	0,25		2,78
7. K_{120}	1,38	1,51	1,37	1,42	0,49		3,87
8. $P_{90}K_{120}$	1,46	2,09	1,79	1,7	0,85		4,05
9. $N_{60}P_{90}K_{120}$	1,84	1,98	1,87	1,90	0,97		3,59
10. Контроль + Эпин-Экстра	1,18	1,21	1,22	1,20	0,27	0,27	-
11. P_{90} + Эпин-Экстра	1,41	1,52	1,43	1,45	0,52	0,27	5,78
12. K_{120} + Эпин-Экстра	1,78	1,98	1,62	1,79	0,86	0,37	7,17
13. $P_{90}K_{120}$ + Эпин-Экстра	1,89	2,18	1,95	2,01	1,08	0,23	5,14
14. $N_{60}P_{90}K_{120}$ + Эпин-Экстра	2,12	2,32	2,18	2,21	1,28	0,31	4,74
НСР ₀₅	0,13	0,10	0,13				

2. Влияние средств химизации на качество зерна люпина узколистного

Вариант	Содержание сырого протеина, %			Среднее	Сбор сырого протеина, т/га
	2017 г.	2018 г.	2019 г.		
1	31,57	32,0	31,06	31,54	0,321
2	32,15	32,19	32,00	32,12	0,360
3	32,75	32,26	34,37	33,13	0,391
4	33,65	33,11	34,40	33,62	0,427
5	34,13	34,18	34,52	34,09	0,470
6	32,67	32,50	32,69	32,62	0,385
7	33,01	33,08	33,82	33,30	0,423
8	36,92	41,25	36,62	38,26	0,681
9	37,40	38,81	41,87	39,36	0,748
10	31,90	31,36	32,31	31,92	0,383
11	32,48	32,50	32,62	32,46	0,471
12	33,67	33,52	33,70	33,63	0,602
13	38,28	43,56	32,94	38,26	0,769
14	38,89	43,87	39,40	40,72	0,900
НСР ₀₅	4,72	4,28	4,06	-	-

Примечание: расшифровка вариантов дана в таблице 1.

3. Влияние средств химизации на биохимический состав зерна узколистного люпина (2017-2019 гг.)

Вариант	Содержание в воздушно-сухом веществе, %			
	сырая зола	сырая клетчатка	сырой жир	БЭВ
1	3,22	14,11	3,25	36,68
2	3,54	14,59	3,34	35,11
3	3,56	14,95	3,38	33,68
4	3,65	15,43	3,49	32,41
5	3,76	15,45	3,62	31,68
6	3,68	15,06	3,51	29,83
7	3,71	15,12	3,52	33,05
8	3,80	15,52	3,66	27,46
9	3,89	15,91	3,71	25,73
10	3,35	15,31	3,32	34,90
11	3,70	15,46	3,55	33,53
12	3,73	15,52	3,57	32,25
13	3,83	15,95	3,78	26,88
14	3,95	16,32	3,83	23,78
НСР ₀₅	0,44	0,78	0,41	-

Увеличение доз удобрений приводило к снижению их окупаемости прибавкой урожая зерна. Наиболее высокий уровень окупаемости удобрений прибавкой 7,17 кг/га получен при применении калийного удобрения 120 кг/га д.в. в комплексе с био-препаратом Эпин-Экстра.

Минеральные удобрения способствовали оптимизации минерального питания люпина, что благоприятствовало улучшению показателей биохимического состава зерна. Содержание сырого протеина в зерне в среднем по вариантам изменялось от 31,54 до 40,72%, а величина его сбора с единицы площади возрастала с 0,321 до 0,900 т/га (табл. 2). Наибольшее влияние на изменение содержания сырого протеина в зерне отмечено при внесении полного минерального удобрения, при этом повышение дозы NPK способствовало повышению содержания сырого протеина в зерне в среднем с 34,09 до 39,36%. Применение биопрепарата Эпин-Экстра способствовало повышению белковости зерна узколистного люпина. Самое высокое содержание сырого протеина в зерне люпина (40,72%) и сбор его с 1 га посева (0,900 т/га) отмечен в варианте (N₆₀P₉₀K₁₂₀ + Эпин-Экстра). Повышение сбора сырого белка с 1 га в сравнении с контролем составило 0,579 т/га, или 180%.

Содержание сырой золы в зерне люпина по вариантам опыта в среднем изменялось в пределах 3,22-3,95%, при максимуме в варианте N₆₀P₉₀K₁₂₀ + Эпин-Экстра. Наиболее высокое содержание сырой золы в зерне люпина в среднем было отмечено в относительном по урожайности варианте N₆₀P₉₀K₁₂₀ в комплексе с биопрепаратом Эпин-Экстра. Увеличение зольности зерна в этом варианте в сравнении с контролем составило 0,93%. Содержание сырой клетчатки в контроле в среднем составляло 14,11%. Наиболее высокое содержание сырой клетчатки в зерне отмечено при применении N₆₀P₉₀K₁₂₀ на фоне

обработки посевов люпина препаратом Эпин-Экстра (табл. 3).

Системы удобрения, применяемые как отдельно, так и в комплексе с препаратом Эпин-Экстра в среднем повышали содержание сырого жира в зерне люпина с 3,25 (контроль) до 3,83% в варианте N₆₀P₉₀K₁₂₀ + Эпин-Экстра, а также снижали содержание безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) в зерне.

Наименьшие затраты совокупной энергии отмечены в контроле (без удобрений) в среднем – 13,76 ГДж/га (табл. 4). Применение удобрения как при отдельном внесении, так и в комплексе с био-препаратом Эпин-Экстра увеличивало затраты совокупной энергии с 13,76 ГДж/га (контроль) до 25,36 ГДж/га совокупной энергии в варианте N₆₀P₉₀K₁₂₀. Применение препарата Эпин-Экстра как отдельно, так и в комплексе с минеральными удобрениями заметно увеличивало выход обменной энергии (ОЭ). Максимально высокий выход обменной энергии 25,50 ГДж/га получен в варианте N₆₀P₉₀K₁₂₀ + Эпин-Экстра. Сбор кормовых единиц с урожаем зерна узколистного люпина возрастал под влиянием систем удобрения при максимальном значении (2,82 т/га) в варианте N₆₀P₉₀K₁₂₀ – Эпин-Экстра. Приращение валовой энергии (ВЭ) изменялось от 5,84 до 20,83 ГДж/га при наиболее высоком его значении в варианте N₆₀P₉₀K₁₂₀ + Эпин-Экстра.

Значение энергетического коэффициента (ЭК) в зависимости от систем удобрений варьировало от 1,42 до 1,82. Наиболее высокое (1,97), отмечено при применении калийного удобрения в комплексе с препаратом Эпин-Экстра, что свидетельствует о значимой роли калия в минеральном питании люпина на почвах дерново-подзолистого легкого гранулометрического состава. Коэффициент энергетической эффективности (КЭЭ) изменялся в пределах от 0,8 до 1,19, достигая максимального значения в варианте K₁₂₀ + Эпин-Экстра.

4. Продуктивность узколистного люпина, возделываемого на зерно (2017-2019 гг.)

Вариант	Затраты своёкупной энергии, ГДж/га	Выход с 1 га					Прира- щение ВЭ, ГДж	ЭК	КЭЭ
		сухого веще- ства, т	корм. ед., т	перевари- мого про- теина, т	ВЭ, ГДж	ОЭ, ГДж			
1. Контроль (без удобрений)	13,76	0,93	1,16	0,233	19,60	11,59	5,84	1,42	0,84
2. P ₆₀	15,34	1,12	1,38	0,289	22,70	13,03	7,36	1,48	0,91
3. K ₉₀	17,52	1,18	1,45	0,316	23,90	14,66	6,38	1,36	0,84
4. P ₆₀ K ₉₀	18,46	1,27	1,55	0,345	25,81	15,70	7,35	1,40	0,85
5. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	21,45	1,38	1,70	0,383	28,27	17,18	6,82	1,32	0,80
6. P ₉₀	17,81	1,18	1,43	0,310	23,85	14,53	6,04	1,34	0,81
7. K ₁₂₀	18,51	1,42	1,72	0,382	28,77	17,48	10,26	1,55	0,94
8. P ₉₀ K ₁₂₀	22,52	1,78	2,09	0,456	34,65	20,95	12,13	1,54	0,93
9. N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀	23,76	1,90	2,30	0,574	35,86	23,32	12,10	1,51	0,98
10. Контроль + Эпин-Экстра	14,31	1,20	1,47	0,308	24,26	14,87	9,95	1,69	1,04
11. P ₉₀ + Эпин-Экстра	18,56	1,45	1,76	0,385	29,45	17,88	10,89	1,59	0,96
12. K ₁₂₀ + Эпин-Экстра	18,48	1,79	2,17	0,487	36,46	22,03	17,98	1,97	1,19
13. P ₉₀ K ₁₂₀ + Эпин Экстра	23,78	2,01	2,53	0,655	41,76	25,18	19,98	1,76	1,06
14. N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + Эпин-Экстра	25,36	2,21	2,82	0,778	46,19	25,50	20,83	1,82	1,01

5. Удельная активность ¹³⁷Cs в зерне узколистного люпина в зависимости от применяемых средств химизации (2017-2019 гг.)

Вариант	Удельная активность, Бк/кг			Среднее	Кратность снижения, раз
	2017 г.	2018 г.	2019 г.		
1. Контроль (без удобрений)	347	351	344	347	-
2. P ₆₀	334	321	341	331	1,05
3. K ₉₀	314	300	331	316	1,10
4. P ₆₀ K ₉₀	302	284	326	304	1,14
5. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	316	320	338	325	1,07
6. P ₉₀	306	308	305	306	1,13
7. K ₁₂₀	288	293	281	287	1,21
8. P ₉₀ K ₁₂₀	274	281	269	275	1,26
9. N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀	282	293	276	284	1,22
10. Контроль + Эпин-Экстра	318	326	321	322	1,08
11. P ₉₀ + Эпин-Экстра	291	283	274	283	1,23
12. K ₁₂₀ + Эпин-Экстра	220	225	219	221	1,57
13. P ₉₀ K ₁₂₀ + Эпин Экстра	218	214	216	216	1,61
14. N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + Эпин-Экстра	246	242	248	295	1,92
НСР ₀₅	16	18	12		

При радиоактивном загрязнении сельскохозяйственных угодий первостепенным и наиболее важным показателем качества товарной сельскохозяйственной продукции служит ее соответствие санитарно-гигиеническим нормативам по удельной активности радионуклидов. Поэтому важнейшая задача сельхозпроизводителей – получение экологически безопасной продукции.

Внесение возрастающих доз фосфорных и особенно калийных удобрений способствовало уменьшению удельной активности ¹³⁷Cs в зерне узколистного люпина (табл. 5). Следует отметить, что азотное удобрение в составе NPK увеличивало удельную активность ¹³⁷Cs в зерне. От применения фосфорных удобрений удельная активность ¹³⁷Cs снижалась в среднем в 1,05-1,13 раза, калийных – в 1,10-1,21 раза. Под влиянием фосфорно-калийного удобрения она снижалась в среднем в 1,14-1,26 раза на фоне NPK.

Обработка посевов люпина препаратом Эпин-Экстра уменьшала удельную активность в сравнении с контролем в среднем в 1,08 раза, на фоне фосфорного удобрения в 1,05-1,13 раза, на фоне калийного – в 1,10-1,21 раза, на фоне фосфорно-калийного – в 1,14-1,26 раз, на фоне NPK – в 1,07-1,22 раза. В среднем за годы проведения опытов удельная активность ¹³⁷Cs в зерне узколистного люпина в зависимости от средств химизации варьировала в пределах 347-216 Бк/кг, при нормативе 60 Бк/кг, что исключает возможность использования полученного зерна на кормовые цели в чистом виде. Выращенное зерно может быть использовано в качестве составной части при производстве комбинированных кормов с другими зерновыми культурами в соотношении 1:5 или 1:6.

Таким образом, наиболее высокий урожай зерна узколистного люпина (2,21 т/га) формировался при применении N₆₀P₉₀K₁₂₀ в комплексе с препаратом Эпин-Экстра, прибавка от которого

составила 24,2%. Под влиянием средств химизации содержание сырого белка в зерне люпина изменялось от 31,54 до 40,72% с максимальной величиной сбора в варианте $N_{60}P_{90}K_{120}$ + Эпин-Экстра – 0,900 т/га. Применение минеральных удобрений как отдельно, так и в комплексе с препаратом Эпин-Экстра способствовало увеличению затрат совокупной энергии при одновременном повышении выхода товарной продукции, обменной (ОЭ) и валовой энергии (ВЭ), кормовых единиц, переваримого протеина. Энергетический коэффициент (ЭК) и коэффициент энергетической эффективности (КЭЭ) изменялись по вариантам опыта от 1,32 до 1,97 и от 0,80 до 1,19 соответственно. Наиболее высокое уменьшение

уровня удельной активности ^{137}Cs в зерне узколистного люпина обеспечило внесение калийного удобрения в последовательно возрастающих дозах при отдельном применении, так и в составе фосфорно-калийного удобрения. В среднем за годы исследований удельная активность ^{137}Cs по вариантам опыта изменялась в пределах 347-216 Бк/кг, что превышало санитарно-гигиенический норматив в 5,8-3,6 раза. Зерно, полученное в оптимальных по удельной активности ^{137}Cs вариантах (K_{120} + Эпин-Экстра и $P_{90}K_{120}$ + Эпин Экстра), пригодно для производства комбикормов с добавлением зерна злаковых культур (озимая рожь, пшеница, овес, ячмень, кукуруза) в соотношении 1:5 и 1:6.

1. Косолапов В.М., Трофимов И.А. Проблемы и перспективы развития кормопроизводства // Кормопроизводство, 2011, № 5. – С. 4-7.
2. Зотиков В.И., Наумкина Т.С., Сидоренко В.В. Производство зернобобовых и крупяных культур в России: состояние проблемы, перспективы // Земледелие, 2016, № 4. – С. 3-5.
3. Белоус И.Н., Смольский Е.В., Яговенко Г.Л. Биоэнергетическая оценка выращивания люпина в севооборотах различного назначения // Зерновое хозяйство России, № 5(17). – С. 63-68.
4. Бунякин Н.И., Красноперов А.Г. Научные основы ресурсосберегающего производства кормов в смешанных посевах озимых и яровых бобово-злаковых культур // Кормопроизводство, 2014, № 5. – С. 24-27.
5. Кононов А.С. Люпин: технология возделывания в России. – Брянск: ВНИИ люпина, 2003. – 211 с.
6. Иванов Ю.И. Эффективность возделывания люпино-злаковых травосмесей в условиях радиоактивного загрязнения // Вестник РУДН, серия агрономия и животноводство, 2015, № 3. – С. 37-46.
7. Такунов И.П. Люпин в земледелии России. – Брянск: Придесенье, 1996. – 372 с.
8. Зотиков В.И., Наумкина Т.С., Сидоренко В.С. Зернобобовые культуры в экономике России // Земледелие, 2014, № 4. – С. 4-8.
9. Агеева П.А., Почутина Н.А., Клименко А.А. Люпин узколистный в обеспечении производства растительного белка // Кормопроизводство, 2012, № 5. – С. 20-21.
10. Чирков Е.П. Экономика и организация кормопроизводства (теория, практика, региональный уровень): монография. – Брянск: Брянское областное полиграфическое объединение, 2008. – 192 с.
11. Ториков В.В., Мальцев В.Ф., Белоус Н.М., Квитко Б.И., Резунова М.В. Информационно-консультационная служба в сельском хозяйстве зарубежных стран и России: учебное пособие. – Брянск: Изд-во БГСХА, 2004. – 268 с.
12. 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: Изд-во БГСХА, 2011. – 182 с.
13. Кузнецов И.Ю. Эффективность возделывания одновидовых и смешанных посевов однолетних кормовых культур с участием люпина узколистного // Агро XXI, 2014, № 7-9. – С. 37-39.
14. Персикова Т.Ф., Радкевич М.Л. Сортовая отзывчивость люпина узколистного на условиях питания при возделывании на дерново-подзолистых почвах северо-востока Беларуси // Агрохимический вестник, 2015, № 4. – С. 9-12.
15. Царева М.В. Влияние условий питания на азотфиксирующую способность люпина в чистых и смешанных посевах // Агрохимический вестник, 2008, № 1. – С. 27-29. 15. Бондаренко А.Н. Эффективность применения микробиологических препаратов и стимуляторов роста при возделывании зернобобовых культур в орошаемых условиях северо-западного Прикаспия // Агро XXI, 2015, № 4-6. – С. 31-33.
16. Царева М.В., Цыганова А.А. Динамика развития яровой пшеницы и люпина и их урожайность в чистых и смешанных посевах в зависимости от уровня азотного питания и биопрепаратов / Материалы Международной научной экологической конференции «Совместенные посевы полевых культур в севообороте агроландшафта» (Краснодар, 29-30 марта 2016 г.). / под. ред. И.С. Белюченко. – Краснодар: КубГАУ им. И.Т. Трубилина, 2016. – С. 322-329.
17. 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 люпина узколистного при радиоактивном загрязнении агроценозов // Агрохимический вестник, 2017, № 3. – С. 19-22.
18. Белоус Н.М., Шаповалов В.Ф., Смольский Е.В. Система удобрения полевого и лугового производства в условиях радиоактивного загрязнения территории // Плодородие, 2016, № 5. – С. 34-38.
19. Пашутко В.В., Селиванов Е.Н., Белоус Н.М., Кабанов М.М., Кубышкин А.В., Шаповалов В.Ф. Эффективность применения средств химизации при возделывании люпина узколистного в условиях радиоактивного загрязнения агроценозов // Вестник БГСХА, 2018, № 4(68). – С. 21-30.
20. Белоус Н.М., Белоус И.Н., Бельченко С.А., Дубенок Н.Н., Драганская М.Г., Захаров В.А., Кононова Н.Г., Ильинский А.В., Коршунова О.А., Корнев В.Б., Мажайский Ю.А., Морозов А.Е., Прудников П.В., Талызин В.В., Томин Ю.А., Туровец В.М., Шаповалов В.Ф., Богдевич И.М., Жученко Ю.М., Персикова Т.Ф. Современные проблемы радиологии в сельскохозяйственном производстве / под. ред. Ю.А. Мажайского. Рязань: РГАТУ. 2010. – 362 с.