

УДК 633.367:631.8:631.438

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО НА РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЁННОЙ ПОЧВЕ В ОТДАЛЁННЫЙ ПЕРИОД ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧАЭС

ПАШУТКО В. В.

СЕЛИВАНОВ Е. Н.

БЕЛОУС Н. М., доктор сельскохозяйственных наук

КАБАНОВ М. М., кандидат сельскохозяйственных наук

КУБЫШКИН А. В., кандидат экономических наук

ШАПОВАЛОВ В. Ф., доктор сельскохозяйственных наук

ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»

243365, Россия, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская, д. 2а

E-mail: cit@bgsha.com

В статье представлены результаты исследований (в 2013–2017 годах) урожайности и качества зелёной массы узколистного люпина в зависимости от применения средств химизации в комплексе с препаратом «Эпин-Экстра» на дерново-подзолистой радиоактивно загрязнённой почве. Исследования выполнены на стационарном полевом опыте Новозыбковского филиала Брянского ГАУ. Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая с содержанием органического вещества (по Тюрину) 2,02–2,63%, подвижного фосфора и обменного калия (по Кирсанову) — соответственно 348–512 и 76–155 мг/кг почва, pH_{KCl} — 5,28–5,48. Плотность загрязнения почвы ^{137}Cs — 216–248 кБк/м². Максимальная урожайность зелёной массы (37,6 т/га) отмечалась при внесении $N_{60}P_{90}K_{120}$ в комплексе с «Эпином-Экстра». Применение препарата «Эпин-Экстра» обеспечивало увеличение урожайности зелёной массы люпина на 20,4%. Содержание сырого белка в среднем за годы исследований по изучаемым вариантам изменялось от 16,1 до 18,3%. Затраты совокупной энергии от применения различных систем удобрения составляли от 13,82 до 24,58 ГДж/га, валовая энергия (ВЭ) варьировалась в пределах 56,33–131,62 ГДж/га, обменная энергия (ОЭ) — от 31,83 до 71,08 ГДж/га. Максимальный выход кормовых единиц (4,91 т/га), переваримого протеина (1,07 т/га) и приращение валовой энергии отмечены при применении препарата «Эпин-Экстра» на фоне $N_{60}P_{90}K_{120}$. Энергетический коэффициент (ЭК) и коэффициент энергетической эффективности (КЭЭ) изменялись в пределах 4,07–6,06 и 2,30–3,15 соответственно. При комплексном применении минеральных удобрений и препарата «Эпин-Экстра» удельная активность ^{137}Cs в зелёной массе узколистного люпина уменьшилась в 1,83–2,43 раза. В среднем за годы исследований удельная активность ^{137}Cs в зелёной массе не превышала зоотехнического норматива (400 Бк/кг).

Ключевые слова: узколистный люпин, зелёная масса, урожайность, сырой белок, кормовые единицы, переваримый протеин, валовая энергия, обменная энергия, ^{137}Cs .

В современных условиях высокопродуктивное кормопроизводство, основной задачей которого является полноценное сбалансированное кормление сельскохозяйственных животных, определяет темпы развития отечественного животноводства. Следует исходить из того, что необходимым условием его поступательного развития на данный период времени и в перспективе является обеспечение высокой рентабельности и конкурентоспособности (Косолапов, 2010; Трофимов, 2010; Лукашов, 2011; Малявко, 2014).

Известно, что основными факторами, препятствующими росту продуктивности молочного и мясного производства в Российской Федерации, являются невысокое качество, низкая питательность, несбалансированность кормов по протеину и постоянный дефицит растительного белка в рационах животных (Лищенко, 2011; Малявко, 2014; Кашеваров, 2013).

В основе стабильного успешного развития полевого кормопроизводства должна быть концепция совершенствова-

ния структуры посевов сельскохозяйственных культур, где велика доля посевных площадей, занятых высокопродуктивными кормовыми культурами с высоким протеиновым энергетическим потенциалом, экологически безопасных, способствующих поддержанию бездефицитного баланса органического вещества в почве (Косолапов, 2007; Исаков, 2008; Белоус, 2013; Шаповалов, 2015). Одним из факторов биологизации и интенсификации земледелия является расширение посевов зернобобовых культур, среди которых важная роль отводится люпину (Шаповалов, 2006; Дебелый, 2011; Агеева, 2012; Кузнецов, 2014; Персикова, 2015).

В условиях продолжающегося обострения экологической обстановки, связанного с увеличением антропогенной нагрузки на агроландшафты, основой которой является наращивание объёмов средств химизации, необходима разработка альтернативных агроприёмов, включающих использование новых агрохимических средств, ростовых и иммунорегуляторов, активаторов полезной микрофлоры, стимуляторов роста (Вакуленко, 2001; Пашутко, 2016;

Бондаренко, 2015; Пашутко, 2017). Использование регуляторов роста позволяет стабилизировать урожайность и повысить устойчивость к абиотическим стрессам сельскохозяйственных растений, а также оказывает благоприятное влияние на повышение их неспецифического иммунитета (Прусакова, 2005; Бельченко, 2016). При обширном радиоактивном загрязнении значительных территорий юго-запада Центрального региона России одной из приоритетных задач сельхозпроизводителей различных форм собственности является производство продукции растениеводства, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам по содержанию в них радионуклидов, где основным приёмом снижения их концентрации в урожае конечной продукции является применение повышенных доз калийных удобрений (Белоус, 2011; Малявко, 2013; Федоркова, 2014; Харкевич, 2011; Белоус, 2008; Яковлева, 2005).

Цель работы — изучить влияние минеральных удобрений и биопрепарата «Эпин-Экстра» на продуктивность и качество зелёной массы люпина узколистного при радиоактивном загрязнении территории.

Методика исследований. Исследования выполняли в 2014–2017 годах на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве Новозыбковского филиала Брянского ГАУ. Агрохимические показатели опытного поля: содержание органического вещества (по Тюрину) — 2,02–2,63%, подвижного фосфора и обменного калия (по Кирсанову) — соответственно 348–512 и 76–155 мг/кг почвы, pH_{kcl} — 5,28–5,48. Плотность загрязнения почвы ^{137}Cs — 216–248 кБк/м².

Схема опыта включала следующие варианты: без удобрений (контроль); P_{60} ; K_{90} ; $P_{60}K_{90}$; P_{90} ; K_{120} ; $P_{90}K_{120}$; $N_{60}P_{90}K_{120}$; контроль + «Эпин-Экстра»; P_{90} + «Эпин-Экстра»; K_{120} + «Эпин-Экстра»; $P_{90}K_{120}$ + «Эпин-Экстра»; $N_{60}P_{90}K_{120}$ + «Эпин-Экстра».

Объект исследований — узколистный люпин сорта Кристалл. Агротехника общепринятая для зоны, предшественник — овёс. Минеральные удобрения вносили под предпосевную обработку почвы вручную, вразброс. Повторность опыта трёхкратная, расположение делянок систематическое. Посевная площадь делянок — 60 м², учётная — 50 м². Препарат «Эпин-Экстра» (производитель ННПП «НЭСТ-М») применяли при опрыскивании вегетирующих растений перед фазой бутонизации из расчёта 50 мл/га, совмещая с обработкой против сорняков, вредителей и болезней. Действующее вещество препарата «Эпин-Экстра», эпибрасиналид, 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. Он является иммуномодулятором, повышает устойчивость растений к стрессу, фитопатогенам и болезням, регулирует рост растений и улучшает бутонизацию и плодообразование, влияет на обильное цветение.

Учёт урожайности зелёной массы проводили в фазу сизоблестящего боба сплошным поделаночным способом.

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

Агрохимический анализ почвы проводили по методикам, принятым в агрохимической службе: содержание гумуса — по Тюрину (ГОСТ 26213-91), pH_{kcl} — ионометрически (ГОСТ 24483-84), содержание P_2O_5 и K_2O — по Кирсанову (ГОСТ 26207-84). Удельную активность ^{137}Cs в зелёной мас-

се (воздушно-сухой) определяли, используя измерительный комплекс УСК «Гамма+» с программным обеспечением «Прогресс-2000» в геометрии «Маринелли».

Определение биохимического состава корма проводили по общепринятым методикам: жир — по ГОСТ 13496-15-97, сырую золу — по ГОСТ 26226-95, сырую клетчатку — по ГОСТ 31675-2012, безазотистые экстрактивные вещества — расчётом, азот — по ГОСТ 13496.4-93, сырой белок — расчётом (общий азот (%) × 6,25) по ГОСТ 32343-2013, кальций и магний — по ГОСТ 32343-2013. Статистическая обработка экспериментальных данных проведена по стандартной методике (Доспехов, 1985).

Погодные условия вегетационных периодов в годы проведения исследований различались. Наиболее благоприятными по условиям увлажнения и температурному режиму для узколистного люпина были 2013, 2014 и 2016 годы, 2015 год характеризовался как засушливый, а 2017 год — как засушливый в первую половину вегетации. Вегетационный весенне-летний период 2014 года отличался теплой погодой (табл. 1). Среднесуточная температура воздуха по месяцам была практически на уровне среднемноголетней. Осадков за апрель, май, июнь и июль выпало 215,8 мм при среднемноголетнем значении 244,2 мм. Среднесуточная температура воздуха по месяцам в течение вегетационного периода 2015 года превышала среднемноголетнюю, а количество осадков за этот период составило лишь 61% от среднемноголетнего значения. В 2016 году среднесуточная температура воздуха мая, июня и июля ненамного превышала среднемноголетнюю. Осадков за период активного роста и развития растений (апрель, май, июнь, июль) выпало 295,3 мм при среднемноголетнем количестве 244,2 мм. Следовательно, погодные условия в течение активной вегетации 2016 года были благоприятными для возделывания люпина узколистного. За весенне-летний период 2017 года выпало 236,8 мм осадков, что на 77,8 мм ниже норматива. Первая половина вегетации (апрель, май и июнь) по условиям влагообеспеченности была острозасушливой: за этот период выпало 42,7 мм осадков при среднемноголетнем количестве 164,9 мм. В июле и августе выпало 194,1 мм при среднемноголетнем количестве 149,7 мм. Среднесуточная температура воздуха периода вегетации составляла 16,7°C при среднемноголетней 15,8°C.

1. Метеорологические условия весенне-летнего периода вегетации

Год \ Месяц	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август
Среднесуточная температура, °C					
2014	10,4	18,3	18,9	23,0	21,2
2015	7,9	16,5	20,0	20,3	21,6
2016	10,1	16,5	20,0	20,8	20,8
2017	9,1	14,9	19,1	19,7	20,9
Среднемноголетняя	7,3	14,9	18,3	20,0	18,7
Осадки, мм					
2014	14,5	80,2	54,3	66,8	41,4
2015	18,4	47,4	38,5	45,6	28,8
2016	50,0	87,8	44,1	113,4	83,9
2017	12,7	13,4	16,6	157,0	37,1
Среднемноголетние	38,9	54,4	71,6	80,0	69,7

Результаты исследований. Урожайность зелёной массы узколистного люпина во многом зависела от погодных условий и применяемых средств химизации. В наших исследованиях наименьшая урожайность зелёной массы узколистного люпина формировалась в 2015 и 2017 годах (табл. 2). В среднем за 5 лет урожайность зелёной массы по изучаемым вариантам опыта изменялась в пределах 18,1–37,6 т/га.

Применение фосфорного удобрения в дозах P_{60} и P_{90} способствовало увеличению урожайности зелёной массы узколистного люпина в сравнении с контролем на 4,2–9,0 т/га, или на 23,2–49,7%; калийные удобрения в возрастающих дозах (K_{90} , K_{120}) повышали урожайность зелёной массы узколистного люпина на 5,3–10,2 т/га, или на 29,3–56,3% относительно абсолютного контроля. Совместное применение фосфорного и калийного удобрений в возрастающих дозах ($P_{60}K_{90}$, $P_{90}K_{120}$) способствовало повышению урожайности зелёной массы в сравнении с контролем на 54,1–87,3%. Эффективность применения азотного удобрения оказалась сравнительно невысокой. Применение азотного удобрения в дозах 30 и 60 кг/га д.в. в составе полного минерального удобрения ($N_{30}P_{60}K_{90}$ и $N_{60}P_{90}K_{120}$) увеличивало урожайность зелёной массы в сравнении с вариантами без внесения азота ($P_{60}K_{90}$ и $P_{90}K_{120}$) на 2,1–0,8 т/га, или на 7,5–2,4%. От применения полного минерального удобрения ($N_{30}P_{60}K_{90}$ и $N_{60}P_{90}K_{120}$) урожайность зелёной массы люпина в сравнении с абсолютным контролем увеличивалась на 11,9–15,8 т/га, или на 65,7–87,3%.

Обработка посевов люпина препаратом «Эпин-Экстра» способствовала повышению урожайности зелёной массы люпина на 3,7 т/га по сравнению с абсолютным контролем, или на 20,4%. Наибольшее влияние препарата «Эпин-Экстра» на увеличение урожайности зелёной массы люпина отмечено при применении его на фоне калийного удобрения (K_{90}) и полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{90}K_{120}$. Прибавка урожая зелёной массы от препарата «Эпин-Экстра» составляла соответственно 4,6 и 3,7 т/га,

то есть урожайность зелёной массы люпина по сравнению с аналогичными вариантами без применения препарата «Эпин-Экстра» повышалась на 16,3–10,9%.

В среднем за 5 лет проведения опытов максимальный урожай зелёной массы люпина (37,6 т/га) обеспечивало применение полного минерального удобрения ($N_{60}P_{90}K_{120}$) в комплексе с препаратом «Эпин-Экстра». Прибавка урожая по сравнению с абсолютным контролем составляла 19,5 т/га, или в 1,08 раза выше контрольного варианта.

В среднем за 5 лет исследования содержание сырого белка в зелёной массе (воздушно-сухой) узколистного люпина по изучаемым вариантам опыта изменялось от 16,1 до 18,3% (табл. 3).

Минеральные удобрения способствовали повышению содержания сырого белка в зелёной массе узколистного люпина и его сбора с единицы площади посева. Наибольшее содержание сырого белка отмечалось в варианте применения полного минерального удобрения (NPK). Применение препарата «Эпин-Экстра» также приводило к повышению белковости зелёного корма. Самое высокое содержание сырого белка в зелёной массе люпина (18,3%) и сбор его с 1 га посева (0,688 т) зафиксировано в варианте с комплексным применением средств химизации ($N_{60}P_{90}K_{120}$ + «Эпин-Экстра»).

В среднем за годы исследований наименьшие затраты совокупной энергии отмечены в контрольном варианте (без удобрений) — 13,82 ГДж/га (табл. 4). Применение удобрения как отдельно, так и в комплексе с препаратом «Эпин-Экстра» увеличивало затраты совокупной энергии. В то же время увеличивалась продуктивность узколистного люпина с 31,8 ГДж/га (в контроле) до 61,02 ГДж/га ОЭ в варианте с внесением полного минерального удобрения ($N_{60}P_{90}K_{120}$). Применение препарата «Эпин-Экстра» как отдельно, так и в комплексе с минеральными удобрениями увеличивало выход обменной энергии (ОЭ) с урожаем зелёной массы люпина.

2. Влияние минеральных удобрений и биопрепарата «Эпин-Экстра» на урожайность зелёной массы узколистного люпина, т/га (2013–2017 гг.)

Вариант \ Год	2013	2014	2015	2016	2017	средняя	Прибавка, т/га	
							к контролю	от применения «Эпина-Экстра»
Контроль	21,8	20,3	10,8	22,8	14,6	18,1	–	–
P_{60}	26,6	25,9	11,8	27,9	19,5	22,3	4,2	–
K_{90}	27,9	26,4	12,2	29,6	20,8	23,4	5,3	–
$P_{60}K_{90}$	32,6	31,6	13,1	35,3	26,7	27,9	9,8	–
$N_{30}P_{60}K_{90}$	33,4	32,5	13,8	39,3	30,9	30,0	11,9	–
P_{90}	33,8	33,6	14,2	32,3	21,8	27,1	9,0	–
K_{120}	34,6	35,0	15,6	33,6	22,5	28,3	10,2	–
$P_{90}K_{120}$	37,8	36,3	15,9	42,6	32,8	33,1	15,0	–
$N_{60}P_{90}K_{120}$	38,6	37,3	16,2	43,9	33,6	33,9	15,8	–
Контроль + «Эпин-Экстра»	24,6	25,4	13,5	26,9	18,4	21,8	3,7	3,7
P_{90} + «Эпин-Экстра»	37,1	36,5	18,2	36,6	26,4	31,0	12,9	3,9
K_{120} + «Эпин-Экстра»	39,4	38,2	20,3	37,7	28,2	32,9	14,8	4,6
$P_{90}K_{120}$ + «Эпин-Экстра»	41,2	39,8	20,7	45,3	34,5	36,3	18,2	3,2
$N_{60}P_{90}K_{120}$ + «Эпин-Экстра»	43,6	40,8	21,1	46,5	35,8	37,6	19,5	3,7
НСР ₀₅	1,1	1,5	0,6	1,7	1,5	–	–	–

Самый высокий выход обменной энергии — 71,08 ГДж/га — получен в варианте с комплексным применением средств химизации: $N_{60}P_{90}K_{120}$ + «Эпин-Экстра».

Выход кормовых единиц и переваримого протеина с урожаем зелёной массы люпина в среднем за годы исследований возрастал под влиянием применяемых средств химизации: максимальный сбор кормовых единиц (4,91 т/га) и переваримого протеина (1,07 т/га) получен в варианте применения полного минерального удобрения ($N_{60}P_{90}K_{120}$) в комплексе с препаратом «Эпин-Экстра».

Приращение валовой энергии (ВЭ) изменялось от 42,51 до 107,04 ГДж/га, достигая своего максимума в варианте $N_{60}P_{90}K_{120}$ + «Эпин-Экстра».

Энергетический коэффициент (ЭК) от применения различных систем удобрений изменялся в пределах 4,07–6,06. Самый высокий энергетический коэффициент отмечен при внесении калийного удобрения в комплексе с препаратом

«Эпин-Экстра» — 6,06, что свидетельствовало о значимости роли калия в минеральном питании люпина в условиях почв легкого гранулометрического состава. Коэффициент энергетической эффективности (КЭЭ) в зависимости от системы удобрений изменялся от 2,30 до 3,15 при максимальном значении в варианте K_{120} + «Эпин-Экстра».

При радиоактивном загрязнении агроландшафтов одним из определяющих показателей качества растениеводческой продукции является её соответствие санитарно-гигиеническим нормативам по удельной активности радионуклидов, в связи с этим важнейшая задача сельхозпроизводителей — получение экологически безопасной продукции растениеводства.

Минеральные удобрения в последовательно возрастающих дозах снижали удельную активность радиоцезия-137 в зелёной массе люпина (табл. 5). От применения фосфорных удобрений удельная активность ^{137}Cs снижалась

3. Влияние минеральных удобрений и препарата «Эпин-Экстра» на содержание и сбор сырого белка урожаем зелёной массы узколистного люпина, % (2013–2017 гг.)

Вариант	Год	2013	2014	2015	2016	2017	Средняя	Сбор белка, т/га
Контроль		15,2	16,5	16,0	16,0	16,7	16,1	0,291
P_{60}		16,4	16,7	16,5	16,2	17,4	16,6	0,370
K_{90}		16,8	16,9	16,6	16,7	17,6	16,9	0,429
$P_{60}K_{90}$		17,0	17,7	17,4	17,4	17,9	17,5	0,488
$N_{30}P_{60}K_{90}$		17,5	17,9	17,8	17,7	18,0	17,8	0,534
P_{90}		16,7	16,9	16,6	16,3	18,2	16,9	0,458
K_{120}		17,0	17,1	17,3	17,1	17,9	17,3	0,489
$P_{90}K_{120}$		17,9	18,1	17,7	17,9	18,1	17,9	0,592
$N_{60}P_{90}K_{120}$		18,1	18,2	18,2	18,3	18,2	18,2	0,617
Контроль + «Эпин-Экстра»		15,6	16,8	16,4	16,2	17,1	16,4	0,357
P_{90} + «Эпин-Экстра»		17,7	17,7	18,3	17,4	17,7	17,8	0,552
K_{120} + «Эпин-Экстра»		17,8	18,0	17,9	17,6	18,1	17,9	0,589
$P_{90}K_{120}$ + «Эпин-Экстра»		17,9	18,2	18,2	18,1	18,3	18,1	0,657
$N_{60}P_{90}K_{120}$ + «Эпин-Экстра»		18,2	18,3	18,3	18,3	18,5	18,3	0,688
HCP_{05}		0,6	0,88	0,94	0,86	0,89	—	—

4. Продуктивность узколистного люпина, возделываемого на зелёную массу (2013–2017 гг.)

Вариант	Затраты совокупной энергии, ГДж/га	Выход с 1 га					Приращение ВЭ, ГДж	ЭК	КЭЭ
		сухого вещества, т	корм. ед., т	переваримого протеина, т	ВЭ, ГДж	ОЭ, ГДж			
Контроль (без удобрений)	13,82	3,51	2,32	0,37	56,33	31,83	42,51	4,07	2,30
P_{60}	16,78	4,39	2,85	0,48	70,42	39,47	53,64	4,20	2,35
K_{90}	17,46	4,61	2,99	0,51	74,08	41,49	56,62	4,24	2,38
$P_{60}K_{90}$	18,52	5,33	3,41	0,63	85,71	47,60	67,19	4,63	2,57
$N_{30}P_{60}K_{90}$	21,32	6,07	3,89	0,74	97,79	54,08	76,47	4,59	2,54
P_{90}	17,84	5,37	3,44	0,59	86,13	48,11	68,29	4,83	2,70
K_{120}	18,56	5,60	3,58	0,64	89,94	50,12	71,38	4,85	2,70
$P_{90}K_{120}$	22,52	6,71	4,16	0,83	107,76	59,25	85,24	4,79	2,63
$N_{60}P_{90}K_{120}$	23,78	6,95	4,31	0,89	111,96	61,02	88,18	4,71	2,57
Контроль + «Эпин-Экстра»	14,22	4,30	2,80	0,46	68,97	38,70	56,75	4,85	2,69
P_{90} + «Эпин-Экстра»	18,56	6,27	4,01	0,74	101,01	55,99	82,45	5,44	3,02
K_{120} + «Эпин-Экстра»	18,94	6,69	4,28	0,79	114,73	59,67	95,79	6,06	3,15
$P_{90}K_{120}$ + «Эпин-Экстра»	23,86	7,47	4,56	0,95	120,04	65,44	96,18	5,03	2,74
$N_{60}P_{90}K_{120}$ + «Эпин-Экстра»	24,58	8,18	4,91	1,07	131,62	71,08	107,04	5,33	2,89

5. Действие минеральных удобрений и препарата «Эпин-Экстра» на изменение удельной активности ^{137}Cs в зелёной (воздушно-сухой) массе люпина, Бк/кг (2013–2017 гг.)

Вариант	Год	2013	2014	2015	2016	2017	Средняя	Кратность снижения, раз
Контроль (без удобрений)		263	339	406	342	374	345	—
P ₆₀		204	257	306	248	266	256	1,35
K ₉₀		172	238	300	231	193	227	1,52
P ₆₀ K ₉₀		167	218	363	220	154	224	1,54
N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀		202	278	349	267	298	279	1,24
P ₉₀		183	216	245	218	238	220	1,57
K ₁₂₀		154	188	208	188	172	182	1,89
P ₉₀ K ₁₂₀		123	183	235	176	148	173	1,99
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀		165	231	284	236	276	238	1,45
Контроль + «Эпин-Экстра»		224	272	352	296	344	298	1,16
P ₉₀ + «Эпин-Экстра»		166	196	218	188	170	188	1,83
K ₁₂₀ + «Эпин-Экстра»		132	153	165	162	156	154	2,24
P ₉₀ K ₁₂₀ + «Эпин-Экстра»		127	143	158	148	136	142	2,43
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀ + «Эпин-Экстра»		142	171	196	182	186	175	1,97
НСР ₀₅		13	10	12	10	11	—	—

в среднем в 1,35–1,57 раза, калийных — в 1,52–1,59 раза, фосфорно-калийного — в 1,54–1,99 раза, на фоне применяемых НРК — в 1,24–1,45 раза. Применение азотного удобрения в дополнение к фосфорно-калийному способствовало увеличению перехода радиоцезия из почвы в растения люпина. Обработка посевов люпина препаратом «Эпин-Экстра» уменьшала удельную активность ^{137}Cs в зелёной массе узколистного люпина в сравнении с абсолютным контролем в 1,16 раза, на фоне калийного — в 2,24 раза, на фоне фосфорно-калийного — в 2,43 раза, на фоне полного минерального удобрения (НРК) — в 1,97 раза. В среднем за годы проведения исследований удельная активность ^{137}Cs в зелёной массе узколистного люпина от применения систем удобрения варьировалась в пределах 345–142 Бк/кг, что не превышало установленный санитарно-гигиенический норматив (ВП 13.5.13/06-01) — 400 Бк/кг, что характеризует полученный зелёный корм как экологически безопасный, который может быть использован в рационах кормления сельскохозяйственных животных без ограничений.

Заключение. Наиболее высокая урожайность зелёной массы узколистного люпина (37,6 т/га) в среднем за годы исследований формировалась при применении полного минерального удобрения (N₆₀P₉₀K₁₂₀) в комплексе с препаратом «Эпин-Экстра». Прибавка от применения препарата составляла 3,7 т/га, или 20,4%.

Под влиянием изучаемых средств химизации содержание сырого белка в среднем по изучаемым вариантам воз-

растало с 16,1 до 18,3% с максимальным его сбором в варианте N₆₀P₉₀K₁₂₀ + «Эпин-Экстра» — 0,688 т/га.

Применение средств химизации в среднем за годы исследований как отдельно, так и в комплексе с препаратом «Эпин-Экстра» увеличивало затраты совокупной энергии при одновременном повышении выхода валовой продукции и обменной энергии, кормовых единиц, переваримого протеина с 1 га в варианте комплексного применения полного минерального удобрения и препарата «Эпин-Экстра». Наибольшее приращение валовой энергии отмечено в варианте N₆₀P₉₀K₁₂₀ + «Эпин-Экстра». Энергетический коэффициент и коэффициент энергетической эффективности изменялись от 4,07 до 6,06 и от 2,30 до 3,15 соответственно.

Наибольшее снижение удельной активности ^{137}Cs в зелёной массе узколистного люпина обеспечило внесение калийных удобрений в последовательно возрастающих дозах как отдельно, так и в составе фосфорно-калийного удобрения. Азотные удобрения в составе полного минерального удобрения (НРК) повышали удельную активность ^{137}Cs в корме. Наибольшее снижение удельной активности цезия-137 в зелёной массе люпина узколистного (в 1,83–2,43 раза) обеспечило применение минеральных удобрений в комплексе с препаратом «Эпин-Экстра». В среднем удельная активность ^{137}Cs в выращенной зелёной массе узколистного люпина, включая контрольный вариант, не превышало санитарно-гигиенический норматив (400 Бк/кг), следовательно, её можно использовать на корм сельскохозяйственным животным без ограничений.

Литература

1. Косолапов В.М. Кормопроизводство в экономике сельского хозяйства / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов // Вестник РАСХН. — 2010. — № 1. — С.31–32.
2. Трофимов И.А. Состояние и перспективы развития кормопроизводства в России / И.А. Трофимов // Кормопроизводство. — 2010. — № 8. — С.6–9.
3. Лукашов В.Н. Урожайность зерна и его качество в одновидовых посевах зернобобовых культур и их смесей в условиях Калужской области / В.Н. Лукашов, А.Н. Исаков // Кормопроизводство. — 2011. — № 4. — С.15–17.
4. Продуктивность одновидовых и смешанных посевов кормовых трав на радиоактивно загрязнённой дерново-подзолистой почве / Г.П. Малявко, В.Ф. Шаповалов, Л.П. Харкевич, О.А. Меркелов, Ю.И. Иванов // XI Международная научная конференция «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК». — Брянск, 2014. — С.294–298.

5. Лищенко П. Ю. Действие средств химизации на урожай и качество люпина в условиях радиоактивного загрязнения. Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК / П. Ю. Лищенко, В. Ф. Шаповалов // Материалы VIII Международной научной конференции. — Брянск, 2011. — С.219–223.
6. Продуктивность одновидовых и смешанных посевов кормовых трав на радиоактивно загрязнённой дерново-подзолистой почве / Г. П. Малявко, В. Ф. Шаповалов, Л. П. Харкевич, О. А. Меркелов, Ю. И. Иванов // XI Международная научная конференция «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК». — Брянск, 2014. — С.294–298.
7. Кашеваров Н. И. Многокомпонентные сенажные смеси в решении проблемы дефицита кормового растительного белка / Н. И. Кашеваров, В. С. Сапрыкин, В. Л. Данилов // Кормопроизводство. — 2013. — № 1. — С.3–6.
8. Косолапов В. М. Новый этап в развитии кормопроизводства в России / В. М. Косолапов // Кормопроизводство. — 2007. — № 5. — С.3–6.
9. Исаков А. Н. Рациональное использование кормовых угодий / А. Н. Исаков // Кормопроизводство. — 2008. — № 2. — С.9–11.
10. Влияние длительного применения средств химизации на продуктивность плодосменного севооборота и плодородие дерново-подзолистой почвы в условиях радиоактивного загрязнения / Н. М. Белоус, В. Г. Сычёв, В. Ф. Шаповалов, И. Н. Белоус // Плодородие. — 2013. — № 3. — С.1–3.
11. Продуктивность и качество одновидовых и смешанных посевов кормовых культур в условиях радиоактивного загрязнения / В. Ф. Шаповалов, Н. М. Белоус, И. Н. Белоус, Ю. И. Иванов // Агрохимический вестник. — 2015. — № 5. — С.29–31.
12. Шаповалов В. Ф. Экологическая оценка систем удобрения дерново-подзолистых песчаных почв Брянской области в отдалённый период после аварии на Чернобыльской АЭС: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.04. — М.: ВНИИА, 2006. — 40 с.
13. Дебелый Г. А. Результаты и перспективы использования детерминантных сортов люпина узколистного / Г. А. Дебелый, П. М. Конорев, А. В. Меднов // Агрохимический вестник. — 2011. — № 5. — С.25–27.
14. Агеева П. А. Люпин узколистный в обеспечении производства растительного белка / П. А. Агеева, Н. А. Почутина, А. А. Клименко // Кормопроизводство. — 2012. — № 5. — С.20–21.
15. Кузнецов И. Ю. Эффективность возделывания одновидовых и смешанных посевов однолетних кормовых культур с участием люпина узколистного / И. Ю. Кузнецов // Агро XXI. — 2014. — № 7–9. — С.37–39.
16. Персикова Т. Ф. Сортовая отзывчивость люпина узколистного на условия питания при возделывании на дерново-подзолистых почвах северо-востока Беларуси / Т. Ф. Персикова, М. Л. Радкевич // Агрохимический вестник. — 2015. — № 4. — С.9–12.
17. Вакуленко В. В. Регуляторы роста растений в сельскохозяйственном производстве / В. В. Вакуленко, О. А. Шаповал // Плодородия. — 2001. — № 2. — С.27–29.
18. Действие удобрений и препарата «Эпин-Экстра» на урожайность и качество зелёной массы люпина в условиях радиоактивного загрязнения / В. В. Пашутко, В. Ф. Шаповалов, С. А. Бельченко, Г. Л. Яговенко // Земледелие. — 2016. — № 8. — С.35–38.
19. Бондаренко А. Н. Эффективность применения микробиологических препаратов и стимуляторов роста при возделывании зернобобовых культур в орошаемых условиях Северо-Западного Прикаспия / А. Н. Бондаренко // Агро XXI. — 2015. — № 4–6. — С.31–33.
20. 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, С. А. Бельченко, М. И. Никифоров // Агрохимический вестник. — 2017. — № 3. — С.19–22.
21. Регуляторы роста растений с антистрессовыми и иммунопротекторными свойствами / Л. Д. Прусакова, Н. Н. Меленкова, С. Л. Белопухов, В. В. Вакуленко // Агрохимия. — 2005. — № 11. — С.76–86.
22. Технологии возделывания кормовых культур в условиях радиоактивного загрязнения и их влияние на содержание тяжёлых металлов и цезия-137 / С. А. Бельченко, В. Е. Ториков, В. Ф. Шаповалов, И. Н. Белоус // Вестник Брянской ГСХА. — 2016. — № 2 (54). — С.58–67.
23. Влияние систем удобрений и пестицидов на качественные показатели зелёной массы кормового люпина / Н. М. Белоус, В. Ф. Шаповалов, Л. П. Харкевич, В. В. Талызин // Агрохимический вестник. — 2011. — № 3. — С.3–5.
24. Малявко Г. П. Накопление тяжёлых металлов и радионуклидов в зелёной массе люпина узколистного при использовании средств химизации / Г. П. Малявко, Н. М. Белоус, В. Ф. Шаповалов, П. Ю. Лищенко // Достижения науки и техники АПК. — 2013. — № 11. — С.21–23.
25. Эффективность применения систем удобрения на радиоактивно загрязнённой дерново-подзолистой песчаной почве / М. В. Федоркова, Н. В. Белова, Е. П. Пахненко, В. Ф. Шаповалов, Н. В. Андреева // Агрохимия. — 2014. — № 11. — С.74–81.
26. Харкевич Л. П. Влияние средств химизации на урожайность и некоторые показатели качества зелёной массы люпина узколистного // Научные чтения, посвящённые выдающимся учёным академику Н. И. Вавилову и К. И. Саввичеву: сборник научных статей. — Брянск: Изд-во Брянской ГСХА, 2011. — С.35–37.
27. Мониторинг радиологического состояния агроэкосистем и их реабилитация / Н. М. Белоус, В. В. Талызин, Л. П. Харкевич, П. В. Прудников, В. Ф. Шаповалов // Научный вестник национального аграрного университета. — Киев, 2008. — С.29–41.
28. Яковлева С. Е. Влияние загрязнения на воспроизводительные качества русских рысистых лошадей / С. Е. Яковлева // Достижения науки и техники АПК. — 2005. — № 5. — С.28–29.

References

1. Kosolapov V. M. Kormoproizvodstvo v ekonomike selskogo khozyaystva / V. M. Kosolapov, I. A. Trofimov // Vestnik RASKhN. — 2010. — No. 1. — P.31–32.
2. Trofimov I. A. Sostoyanie i perspektivy razvitiya kormoproizvodstva v Rossii / I. A. Trofimov // Kormoproizvodstvo. — 2010. — No. 8. — P.6–9.
3. Lukashov V. N. Urozhaynost zerna i ego kachestvo v odnovidovykh posevakh zernobobovykh kultur i ikh smesey v usloviyakh Kaluzhskoy oblasti / V. N. Lukashov, A. N. Isakov // Kormoproizvodstvo. — 2011. — No. 4. — P.15–17.
4. Produktivnost odnovidovykh i smeshannykh posevov kormovykh trav na radioaktivno zagryaznennoy dernovo-podzolistoy pochve / G. P. Malyavko, V. F. Shapovalov, L. P. Kharkevich, O. A. Merkelov, Yu. I. Ivanov // XI Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya "Agroekologicheskie aspekty ustoychivogo razvitiya APK". — Bryansk, 2014. — P.294–298.
5. Lishchenko P. Yu. Deystvie sredstv khimizatsii na urozhay i kachestvo lyupina v usloviyakh radioaktivnogo zagryazneniya. Agroekologicheskie aspekty ustoychivogo razvitiya APK / P. Yu. Lishchenko, V. F. Shapovalov // Materialy VIII Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. — Bryansk, 2011. — P.219–223.
6. Produktivnost odnovidovykh i smeshannykh posevov kormovykh trav na radioaktivno zagryaznennoy dernovo-podzolistoy pochve / G. P. Malyavko, V. F. Shapovalov, L. P. Kharkevich, O. A. Merkelov, Yu. I. Ivanov // XI Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya "Agroekologicheskie aspekty ustoychivogo razvitiya APK". — Bryansk, 2014. — P.294–298.
7. Kashevarov N. I. Mnogokomponentnye senazhnye smesi v reshenii problemy defitsita kormovogo rastitelnogo belka / N. I. Kashevarov, V. S. Saprykin, V. L. Danilov // Kormoproizvodstvo. — 2013. — No. 1. — P.3–6.
8. Kosolapov V. M. Novyy etap v razviti kormoproizvodstva v Rossii / V. M. Kosolapov // Kormoproizvodstvo. — 2007. — No. 5. — P.3–6.
9. Isakov A. N. Ratsionalnoe ispolzovanie kormovykh ugodiy / A. N. Isakov // Kormoproizvodstvo. — 2008. — No. 2. — P.9–11.

10. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya sredstv khimizatsii na produktivnost plodosmennogo sevooborota i plodorodie dernovo-podzolistoy pochvy v usloviyakh radioaktivnogo zagryazneniya / N. M. Belous, V. G. Sychev, V. F. Shapovalov, I. N. Belous // Plodorodie. — 2013. — No. 3. — P.1–3.
11. Produktivnost i kachestvo odnovidovykh i smeshannykh posevov kormovykh kultur v usloviyakh radioaktivnogo zagryazneniya / V. F. Shapovalov, N. M. Belous, I. N. Belous, Yu. I. Ivanov // Agrokhimicheskiy vestnik. — 2015. — No. 5. — P.29–31.
12. Shapovalov V. F. Ekologicheskaya otsenka sistem udobreniya dernovo-podzolistykh peschanykh pochv Bryanskoy oblasti v otdalennyi period posle avarii na Chernobyl'skoy AES: avtoref. dis. ... d-ra. s.-kh. nauk: 06.01.04. — Moscow: VNIIA, 2006. — 40 p.
13. Debelyy G. A. Rezultaty i perspektivy ispolzovaniya determinantnykh sortov lyupina uzkolistnogo / G. A. Debelyy, P. M. Konorev, A. V. Mednov // Agrokhimicheskiy vestnik. — 2011. — No. 5. — P.25–27.
14. Ageeva P. A. Lyupin uzkolistnyy v obespechenii proizvodstva rastitelnogo belka / P. A. Ageeva, N. A. Pochutina, A. A. Klimenko // Kormoproizvodstvo. — 2012. — No. 5. — P.20–21.
15. Kuznetsov I. Yu. Effektivnost vozdeleyvaniya odnovidovykh i smeshannykh posevov odnoletnikh kormovykh kultur s uchastiem lyupina uzkolistnogo / I. Yu. Kuznetsov // Agro XXI. — 2014. — No. 7–9. — P.37–39.
16. Persikova T. F. Sortovaya otzyvchivost lyupina uzkolistnogo na usloviya pitaniya pri vozdeleyvanii na dernovo-podzolistykh pochvakh severovostoka Belarusi / T. F. Persikova, M. L. Radkevich // Agrokhimicheskiy vestnik. — 2015. — No. 4. — P.9–12.
17. Vakulenko V. V. Regulyatory rosta rasteniy v selskokhozyaystvennom proizvodstva / V. V. Vakulenko, O. A. Shapoval // Plodorodiya. — 2001. — No. 2. — P.27–29.
18. Deystvie udobreniy i preparata "Epin-Ekstra" na urozhaynost i kachestvo zelenoy massy lyupina v usloviyakh radioaktivnogo zagryazneniya / V. V. Pashutko, V. F. Shapovalov, S. A. Belchenko, G. L. Yagovenko // Zemledelie. — 2016. — No. 8. — P.35–38.
19. Bondarenko A. N. Effektivnost primeneniya mikrobiologicheskikh preparatov i stimulyatorov rosta pri vozdeleyvanii zernobobovykh kultur v oroshaemykh usloviyakh Severo-Zapadnogo Prikaspiya / A. N. Bondarenko // Agro XXI. — 2015. — No. 4–6. — P.31–33.
20. Vliyanie mineralnykh udobreniy i preparata "Epin-Ekstra" na urozhaynost i kachestvo zerna lyupina uzkolistnogo pri radioaktivnom zagryaznenii agrotsenozov / V. V. Pashutko, V. F. Shapovalov, N. M. Belous, S. A. Belchenko, M. I. Nikiforov // Agrokhimicheskiy vestnik. — 2017. — No. 3. — P.19–22.
21. Regulyatory rosta rasteniy s antistressovymi i immunoprotekturnymi svoystvami / L. D. Prusakova, N. N. Melenkova, S. L. Belopukhov, V. V. Vakulenko // Agrokhimiya. — 2005. — No. 11. — P.76–86.
22. Tekhnologii vozdeleyvaniya kormovykh kultur v usloviyakh radioaktivnogo zagryazneniya i ikh vliyanie na sodержanie tyazhelykh metallov i tseziya-137 / S. A. Belchenko, V. E. Torikov, V. F. Shapovalov, I. N. Belous // Vestnik Bryanskoy GSKhA. — 2016. — No. 2 (54). — P.58–67.
23. Vliyanie sistem udobreniy i pestitsidov na kachestvennye pokazateli zelenoy massy kormovogo lyupina / N. M. Belous, V. F. Shapovalov, L. P. Kharkevich, V. V. Talyzin // Agrokhimicheskiy vestnik. — 2011. — No. 3. — P.3–5.
24. Malyavko G. P. Nakoplenie tyazhelykh metallov i radionuklidov v zelenoy masse lyupina uzkolistnogo pri ispolzovanii sredstv khimizatsii / G. P. Malyavko, N. M. Belous, V. F. Shapovalov, P. Yu. Lishchenko // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. — 2013. — No. 11. — P.21–23.
25. Effektivnost primeneniya sistem udobreniya na radioaktivno zagryaznennoy dernovo-podzolistoy peschanoy pochve / M. V. Fedorkova, N. V. Belova, E. P. Pakhnenko, V. F. Shapovalov, N. V. Andreeva // Agrokhimiya. — 2014. — No. 11. — P.74–81.
26. Kharkevich L. P. Vliyanie sredstv khimizatsii na urozhaynost i nekotorye pokazateli kachestva zelenoy massy lyupina uzkolistnogo // Nauchnye chteniya, posvyashchennye vydayushchimsya uchennym akademiku N. I. Vavilovu i K. I. Savvichevu: sbornik nauchnykh statey. — Bryansk: Izd-vo Bryanskoy GSKhA, 2011. — P.35–37.
27. Monitoring radiologicheskogo sostoyaniya agrosistem i ikh reabilitatsiya / N. M. Belous, V. V. Talyzin, L. P. Kharkevich, P. V. Prudnikov, V. F. Shapovalov // Nauchnyy vestnik natsionalnogo agrarnogo universiteta. — Kiev, 2008. — P.29–41.
28. Yakovleva S. E. Vliyanie zagryazneniya na vosproizvoditelnye kachestva russkikh rysistykh loshadey / S. E. Yakovleva // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. — 2005. — No. 5. — P.28–29.

EFFECTIVENESS OF UNIVERSAL CHEMICALS ON BLUE LUPINE GROWN ON CONTAMINATED SOIL AFTER THE CHERNOBYL ACCIDENT

PASHUTKO V. V.

SELIVANOV E. N.

BELOUS N. M., Dr. Agr. Sc.

KABANOV M. M., PhD Agr. Sc.

KUBYSHKIN A. V., PhD Econ. Sc.

SHAPOVALOV V. F., Dr. Agr. Sc.

Bryansk State Agrarian University

243365, the Bryansk region, Vygonichskiy rayon, selo Kokino (village), Sovetskaya str., 2a

E-mail: cit@bgsha.com

The paper reports on yield and quality of blue lupine green mass (2013–2017) as influenced by fertilizers and preparation "Epin-Ekstra" on contaminated area. Sod-podzolic soil of the trial field contained low amount of clay, 2.02–2.63, 348–512 and 76–155 mg/kg of organic matter, soluble P and exchange K, respectively, pH_{KCl} — 5.28–5.48. Contamination level with ^{137}Cs — 216–248 kBq/m². The highest yield of green mass (37.6 t ha⁻¹) was observed on the background of $N_{60}P_{90}K_{120}$ and preparation "Epin-Ekstra". "Epin-Ekstra" improved green mass productivity of lupine by 20.4%. Crude protein content varied from 16.1 to 18.3%. Total energy costs on various mineral backgrounds made up from 13.82 to 24.58 GJ/ha, gross energy varied within 56.33–131.62 GJ/ha, exchange energy — from 31.83 to 71.08 GJ/ha. The highest yield of feed units (4.91 t ha⁻¹), crude protein (1.07 t ha⁻¹) and gross energy increase occurred on the background of $N_{60}P_{90}K_{120}$ and "Epin-Ekstra". Energy coefficient and energy efficiency ratio varied within 4.07–6.06 and 2.30–3.15, respectively. "Epin-Ekstra" in combination with mineral fertilizers decreased specific activity of ^{137}Cs in lupine green mass by 1.83–2.43 times. Specific activity of ^{137}Cs in green mass met the Standard (400 Bq/kg).

Keywords: blue lupine, green mass, productivity, crude protein, feed unit, digestible protein, gross, exchange energy, ^{137}Cs .