

УДК 633.36:631.58

АГРОНОМИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И КОРМОВАЯ ЦЕННОСТЬ УЗКОЛИСТНОГО ЛЮПИНА СОРТА БЕЛОЗЕРНЫЙ 110 ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА ОСУШЕННОЙ НИЗИННОЙ ТОРФЯНОЙ ПОЧВЕ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Смирнова А. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент^{1,2}

Лыбенко Е. С., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент¹

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Вятский государственный агротехнологический университет», г. Киров, Россия

²Кировская лугоболотная опытная станция – филиал

Федерального государственного бюджетного научного учреждения

«Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса»,
г. Киров, Россия

E-mail: bolotoagro50@mail.ru

Аннотация

В условиях существующего дефицита белковых кормов в Нечерноземной зоне РФ перспективным направлением является выращивание адаптированных бобовых культур на осушенных торфяных почвах. В 2023 г. на старопашотной низинной торфяной почве осушенного торфомассива «Гадовский» проведен полевой опыт по возделыванию узколистного люпина (*Lupinus angustifolius* L.) сорта Белозерный 110. Несмотря на аномальные погодные условия (холодный и засушливый июнь, избыточное увлажнение в июле), урожайность зеленой массы составила 204,95 ц/га. Она в 2,6 раза превысила среднероссийский уровень по однолетним травам. Сбор сырого протеина достиг 267 кг/га. При снижении содержания сырого протеина (11,9 % в сухом веществе) и повышении клетчатки (34,5 %) у растений наблюдается характерный «углеводный» тип роста. Затраты энергии на 1 ц сырого протеина (8,8 ГДж) относятся к категории минимальных, что подтверждает высокую конкурентоспособность культуры при возделывании на низинных торфяных почвах.

Ключевые слова: узколистный люпин, осушенная низинная торфяная почва, урожайность зеленой массы, кормовая ценность, сырой протеин, агроэнергетическая эффективность, биологизация земледелия

AGRO-ECONOMIC PRODUCTIVITY AND FODDER VALUE OF THE NARROW-LEAVED LUPINE VARIETY BELOZERNY 110 IN CASE OF GROWING ON DRAINED LOW-LAND PEAT SOIL IN KIROV REGION

Smirnova A. V., candidate of agricultural sciences, associate professor^{1,2}

Lybenko E. S., candidate of agricultural sciences, associate professor¹

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Vyatka State Agrotechnological University», Kirov, Russia

²Kirov lugobolotnaya experimental station – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution
«V. R. Williams Federal Scientific Center for Forage Production and Agroecology», Kirov, Russia
E-mail: bolotoagro50@mail.ru

Annotation

In the conditions of the existing protein feed shortage in the non-chernozem zone of the Russian Federation, the cultivation of adapted leguminous crops on drained peat soils is a promising direction. In 2023, a field experiment was conducted on the old-arable lowland peat soil of the drained peat massif "Gadovsky" to cultivate the narrow-leaved lupine (*Lupinus angustifolius* L.) of the variety Belozerny 110. Despite the abnormal weather conditions (cold and dry June, and excessive moisture in July), the yield of green mass was 204.95 centners per hectare. This is 2.6 times higher than the average Russian yield for annual grasses. The yield of crude protein reached 267 kilograms per hectare. With a decrease in the content of crude protein (11.9 % in dry matter) and an increase in fiber (34.5 %), the plants have a characteristic "carbohydrate" growth pattern. The energy consumption per 1 ton of crude protein (8.8 GJ) is among the lowest, which confirms the high competitiveness of this crop when grown on lowland peat soils.

Keywords: narrow-leaved lupine, drained lowland peat soil, green mass yield, fodder value, crude protein, agro-energy efficiency, biologization of agriculture

Введение. Кировская область относится к числу наиболее обеспеченных торфяными ресурсами территорий Волго-Вятского экономического региона. Общая площадь болот и заболоченных земель в регионе составляет около 500 тыс. га, из которых 57 % приходится на низинные торфяники. Такие участки после осушения являются перспективными для сельскохозяйственного освоения. В результате интенсивной торфодобычи в прошлом в Кировской области образовалось свыше 80 тыс. га выработанных торфяников, расположенных преимущественно вблизи сельских населенных пунктов и промышленных центров. Эти земли отличаются малой мощностью остаточного торфяного слоя (15-45 см). Однако при условии правильного агротехнологического сопровождения они обладают высоким потенциалом продуктивного использования [1, 2].

В то же время в условиях Нечерноземной зоны РФ сохраняется потребность в расширении кормовой базы животноводства [3, 4]. Традиционные культуры, возделываемые на минеральных почвах, не всегда обеспечивают достаточный выход продукции с оптимальным содержанием протеина. Особенно это проявляется в годы с неблагоприятными

погодными условиями, тогда как осушенные низинные торфяные почвы при оптимальном подборе адаптированных к ним культур обладают потенциалом для интеграции в систему устойчивого кормопроизводства.

Одной из перспективных культур для освоения подобных агроэкосистем является узколистый люпин (*Lupinus angustifolius* L.). Это растение семейства бобовых сочетает в себе высокое содержание протеина (как в зерне, так и в зеленой массе), способность к симбиотической азотфиксации и устойчивость к кислым почвам [5, 6]. Благодаря такому сочетанию особенностей люпин способен формировать урожай на малоплодородных почвах, а также улучшать их агрохимические характеристики, выступая в роли «зеленого удобрения» [7]. Такой подход соответствует тенденциям биологизированного земледелия.

Сорт Белозерный 110 выведен во Всероссийском научно-исследовательском институте люпина (филиал ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»). Он относится к универсальному типу использования и рекомендован для возделывания в Центральном и Северо-Западном регионах РФ. Вегетативная масса и зерно этого сорта характеризуются низким содержанием алкалоидов (менее 0,07 %), что позволяет использовать его в кормовых целях. Но в научной литературе практически отсутствуют данные о продуктивности и кормовой ценности люпина при выращивании на осушенных низинных торфяных почвах.

В этих условиях изучение возможностей возделывания сорта Белозерный 110 на осушенных низинных торфяных почвах приобретает особую актуальность. Это будет способствовать расширению кормовой базы за счет включения в ее состав культуры люпина узколистного, возделываемого на органических почвах, и позволит увеличить степень биологизации земледелия.

Целью данного исследования являлась комплексная оценка агрономической продуктивности, кормового качества и агроэнергетической эффективности узколистного люпина (*Lupinus angustifolius* L.) сорта Белозерный 110 при возделывании на осушенных низинных торфяных почвах Кировской области в течение одного года.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Проанализировать влияние метеорологических условий 2023 года на динамику фаз развития и формирование урожая зеленой массы узколистного люпина.
2. Определить химический состав и кормовую ценность полученной продукции.
3. Оценить агроэнергетическую эффективность технологии возделывания культуры при выращивании на осушенных низинных торфяных почвах.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2023 году на территории Кировской лугоболотной опытной станции – филиала Федерального научного центра кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса (Оричевский район Кировской области).

Опыт проводили на осушенной низинной торфяной почве торфомассива «Гадовский». Мощность торфяного слоя достигала 1,5 м. По ботаническому составу торф относился к древесному и древесно-осоковому типу. Степень его разложения составляла 45-55 %. В пахотном слое зольность была на уровне 23 %, объемная масса – 0,250 г/см³, а полная влагоемкость – 340-348 %. Почва имела слабокислую реакцию среды (pH_{сол} = 5,55). Содержание общего азота в сухом веществе почвы – 2,23 %, подвижных форм фосфора – 230 мг/кг, обменного калия – 175 мг/кг.

В качестве объекта полевого опыта модельной культурой для оценки принципиальной возможности освоения осушенных низинных торфяных почв под белковые кормовые культуры в условиях Кировской области был выбран узколистый люпин сорта Белозерный 110.

Предшественником люпина был однолетний райграс. Под предпосевную культивацию в почву вносили минеральные удобрения в виде азофоски (16:16:16) в дозе N₃₀P₃₀K₃₀. Посев проводили 25 мая рядовым способом сеялкой. Норма высева составила 1,3 млн всхожих семян на 1 га. Площадь учетной делянки – 400 м², повторность – четырехкратная, размещение делянок – систематическое.

Учет урожайности зеленой массы проводили по общепринятым методикам [8, 9, 10]. Химический состав зеленой массы определяли в лаборатории Кировской ЛОС с использованием методов анализа: содержание азота по Кьельдалю, сырого протеина – в пересчете азота, сырой клетчатки – по методу Ганнеберга, сырого жира – по Рушковскому методом обезжиренного остатка, безазотистых экстрактивных веществ – расчетным путем, сырой золы – по методу сухого озоления. Обменную энергию рассчитывали на основе химического состава корма по нормативным коэффициентам переваримости питательных веществ.

Агроэнергетическую эффективность возделывания оценивали на основе расчетов совокупных энергозатрат и затрат труда и средств, связанных с выполнением всех агротехнических приемов – от основной обработки почвы до уборки урожая [10]. Для расчетов использовали нормативы энергосодержания и стоимости сельскохозяйственных ресурсов, принятые в Нечерноземной зоне РФ.

Результаты и обсуждение. Вегетационный период возделывания узколистного люпина сорта Белозерный 110 в 2023 году характеризовался значительными отклонениями от климатической нормы по сочетанию температурного режима и гидротермического баланса. Это оказало существенное влияние на формирование урожая и качество продукции.

Май 2023 года был теплее нормы (средняя температура 12,8 °С при среднем значении 10,7 °С). Сумма эффективных температур за месяц составила 391,3 °С, что на 60 % превысило многолетнюю норму. Посев люпина был проведен в третью декаду мая, поэтому заморозки в начале месяца не оказали на него воздействия. Осадки за месяц составили 53,2 мм, что близко к норме (58,4 мм). Однако их распределение было крайне неравномерным. Основная часть осадков выпала в первой декаде и в последней пятидневке месяца, а вторая декада была сухой.

Июнь 2023 года был заметно прохладнее (12,9 °С) при среднем многолетнем показателе 16,0 °С. Сумма эффективных температур за месяц составила 387,5 °С, что на 30 % ниже нормы. При этом в первой декаде месяца было тепло, но затем началось похолодание, и до середины третьей декады преобладала более прохладная погода. В особенно холодные периоды месяца (10-11 и 18-21 числа) среднесуточная температура воздуха была ниже 10 °С. Осадки за месяц составили всего 34,9 мм, что на 55 % ниже нормы (77,6 мм). Этот период совпал с фазой ветвления у люпина, и данные климатические условия вызвали стрессовые реакции у растений и замедлили процесс развития.

Погодные условия в июле 2023 года были более теплыми (18,0 °С) и находились в пределах среднего многолетнего значения, а сумма эффективных температур оказалась на 20 % выше нормы (559,1 °С). Такие условия способствовали нарастанию зеленой массы. Осадки за месяц составили 196 мм, что на 120 % выше нормы (88,8 мм), что свидетельствует о чрезмерном увлажнении. Особенно обильные дожди прошли в период с 7 по 11 и 29-30 июля, когда суточный максимум их достигал от 17 до 74 мм. К середине месяца люпин достиг фазы цветения. Переувлажнение отразилось на протекании данного этапа развития.

В августе отмечалась жаркая, засушливая погода, среднесуточная температура – 15,7 °С. Однако во второй половине месяца зафиксировано резкое снижение температуры. Ночные температурные минимумы опускались до 6-8 °С, что могло замедлить созревание семян. Сумма эффективных температур (479,7 °С) была на 10 % выше среднего. Осадки за месяц составили всего 19,6 мм. Такие условия позволили узколистному люпину завершить вегетацию, но не способствовали полному наливу семян впоследствии.

В ходе проведенных исследований в 2023 году на осушенных низинных торфяниках Кировской области была оценена урожайность зеленой массы узколистного люпина сорта Белозерный 110. Полученные данные свидетельствуют о высоком потенциале возделывания этого сорта в условиях региона.

Таблица 1. Урожайность зеленой массы натуральной влажности узколистного люпина Белозерный 110 при возделывании на осушенной торфяной почве, ц/га

Год	Повторность				Среднее
	I	II	III	IV	
2023	189,1	207,3	212	211,4	204,95±5,39

Средняя урожайность зеленой массы по четырем повторностям составила 204,95 ц/га при естественной влажности. Этот показатель свидетельствует о стабильной продуктивности. Стандартное отклонение не превышает 10,77 ц/га, а ошибка средней – 5,39 ц/га, что указывает на достоверность полученных результатов. Коэффициент вариации ($V = 5,26 \%$) находится на уровне низкой изменчивости. Это говорит о хорошей воспроизводимости данных и однородности условий опыта.

Согласно литературным данным [11-14] на минеральных почвах урожайность зеленой массы узколистного люпина обычно колеблется в пределах 220-450 ц/га в зависимости от агроэкологических условий и уровня агротехники. Данные по урожайности этой культуры на торфяных почвах, особенно в условиях Северо-Востока России, ограничены.

Согласно статистическим данным среднероссийский уровень урожайности однолетних трав на зеленый корм в 2023 году составляет 78,6 ц/га. Урожайность люпина Белозерный 110 превысила этот показатель более чем в 2,6 раза. Это подтверждает принципиальную возможность использования осушенных торфяных почв для выращивания белковых кормовых культур в условиях Кировской области.

Таблица 2 содержит данные по биохимическому составу зеленой массы узколистного люпина сорта Белозерный 110, полученные при возделывании на осушенной торфяной почве Кировской области. Содержание сырого протеина (СП) в сухом веществе составляет 11,9 %. Установленное значение ниже нижнего предела, характерного для обычно регистрируемых показателей по литературным данным (18-23 %). Однако, даже при таком уровне СП люпин остается ценным источником растительного белка, особенно в сравнении со многими однолетними злаковыми травами, где содержание протеина обычно не превышает 3-4 % в натуральной влажности.

Таблица 2. Биохимические показатели качества зеленой массы люпина сорта Белозерный 110

Повторность	Содержание в 1 кг СВ, %					Содержание в 1 кг сухого вещества обменной энергии, МДж
	СП	СК	СЗ	СЖ	БЭВ	
Среднее	11,9	34,5	6,7	1,1	45,8	7,8
По литературным данным	18-23	16-30	6-8	2-4	34-45	–

Содержание сырой клетчатки (34,5 %) превышает верхнюю границу диапазона, характерного для литературных данных (16-30 %), и находится на повышенном уровне. Уборка люпина на зеленую массу была проведена в фазе зеленых бобов, поэтому высокое содержание СК нельзя объяснить поздней уборкой. Более обоснованной причиной в данном случае, возможно, является специфика условий выращивания на торфяной почве.

Осушенные торфяные почвы имеют высокое общее содержание органического азота, однако и в таких почвах существует недостаток его минеральных форм. Кроме того, отмечается дефицит микроэлементов, необходимых для эффективной симбиотической фиксации атмосферного азота (в первую очередь молибдена и кобальта). В таких условиях эксперимента можно предположить, что симбиоз с азотфиксирующими бактериями не сформировался в полной мере. Это привело к ограничению азотного питания и, как следствие, к снижению синтеза белка в надземной массе.

В то же время торфяные почвы обычно богаты углеродом и способствуют активному росту растений за счет хорошей влагоудерживающей способности и структуры. При достаточном поступлении света и тепла, но ограниченном количестве азота растения склонны к «углеводному» типу роста [17]. В этих условиях у них формируется значительная биомасса, в биохимическом составе которой преобладают структурные углеводы (целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин). Это отражается в повышенном содержании сырой клетчатки. Таким образом, наблюдаемый биохимический профиль (низкий СП и высокий СК) отражает не фенологическую, а агроэкологическую особенность. Вероятно, можно говорить о том, что на торфяных почвах отмечается некоторый дисбаланс питания растений люпина.

Показатели сырой золы (6,7 %) находятся в пределах нормы, что говорит об удовлетворительном минеральном питании. Сырого жира содержится меньше обычно наблюдаемых значений (1,1 %), что свидетельствует о пониженном метаболизме липидов. Высокое содержание безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ = 45,8 %) указывает на значительную долю легкоусвояемых углеводов. Это говорит о том, что растения находились в фазе интенсивного метаболизма. Сочетание высоких значений СК и БЭВ не противоречит друг другу. Зеленая масса люпина одновременно обладает и высокой объемностью (благодаря клетчатке), и энергетической ценностью (благодаря экстрактивным веществам). Для кормления жвачных животных это выгодное сочетание при условии сбалансированного рациона и достаточного уровня переваримого протеина.

Таблица 3 содержит данные по агроэнергетической эффективности возделывания узколистного люпина сорта Белозерный 110 на осушенных торфяных почвах в 2023 году. Культура демонстрирует высокую энергетическую отдачу при относительно умеренных затратах, что делает ее экономически и экологически привлекательной для выращивания на подобных землях.

Сбор обменной энергии (ОЭ) составил 17,5 ГДж/га – это показатель энергии, реально доступной для животных при использовании зеленой массы люпина в кормлении. Значение указывает на высокую энергетическую ценность полученной биомассы, что учитывается при формировании кормовой базы для жвачных животных. При этом сбор сырого протеина (СП) достиг 267 кг/га, что подтверждает высокий белковый потенциал культуры даже при неоптимальном уровне содержания протеина. В среднем по России сбор СП с зеленой массы посевов однолетних трав (урожайность 78,6 ц/га, СП 10-12 %) составляет примерно 150-180 кг/га. Люпин Белозерный 110 дает белка больше на 40-70 % с гектара, чем среднероссийская травяная смесь.

Таблица 3. Агроэнергетическая эффективность возделывания различных сельскохозяйственных культур на торфяной почве 2023 г.

Варианты	Сбор ОЭ, ГДж/га	Сбор СП, кг/га	Затраты совокупной энергии, ГДж/га	Эффективность антропогенных затрат		
				АК, %	на 1 ГДж ОЭ, ГДж	на 1 ц СП, ГДж
Люпин	17,5	267,0	23,5	74,5	1,3	8,8

Затраты совокупной энергии на производство продукции, включающие энергию, затраченную на семена, минеральные удобрения, топливо, работу техники, трудовые ресурсы и другие компоненты технологии возделывания, составили 23,5 ГДж/га. Общие энергозатраты соответствовали приемлемому уровню. Агроэнергетический коэффициент (АК) составил 74,5 %, то есть 0,745. Такое значение, согласно распространенной классификации, попадает в категорию «энергетически неэффективно». Это означает, что на каждые 100 ГДж затраченной антропогенной энергии растения накапливают лишь 74,5 ГДж обменной энергии, то есть 25,5 % вложенной энергии теряется безвозвратно. Ситуация отражает объективный

результат модельного опыта, проведенного в первый год посева узколистного люпина. Она является типичной при проведении научных исследований данного этапа.

Затраты на 1 ц СП, которые являются одним из ключевых критериев оценки эффективности производства белковой продукции в агроэнергетическом балансе, при возделывании люпина сорта Белозерный 110 составили 8,8 ГДж. Согласно общепринятой шкале [18] данный факт свидетельствует о том, что культура формирует белок с минимальными энергетическими издержками. Такой результат является значимым при выращивании люпина узколистного в условиях осушенных торфяных почв при ослабленной симбиотической фиксации азота.

Выводы

1. Урожайность зеленой массы узколистного люпина сорта Белозерный 110 составила 204,95 ц/га – в 2,6 раза выше среднероссийского показателя по однолетним травам (78,6 ц/га в 2023 г.), что свидетельствует о высоком потенциале продуктивности данной культуры на осушенных низинных торфяных почвах Кировской области. Низкий коэффициент вариации данных по повторностям ($V = 5,26 \%$) подтверждает устойчивость результата.

2. Формирование урожая существенно зависело от метеорологических условий. Холодный и засушливый июнь ($T_{ср.} = 12,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$, осадки 55 % от нормы) вызвал стресс в фазу ветвления, тогда как избыточное увлажнение в июле (+120 % от нормы) осложнило цветение, а августовская засуха ограничила налив семян. Это свидетельствует о необходимости адаптивного регулирования сроков посева и агротехнологий под региональные климатические риски.

3. Кормовая ценность полученной зеленой массы характеризуется нестандартным биохимическим профилем. Несмотря на пониженное содержание сырого протеина (11,9 % в СВ), сбор сырого протеина с гектара достиг 267 кг, что на 40-70 % выше, чем у среднероссийских травяных смесей. Высокое содержание сырой клетчатки (34,5 %) и безазотистых экстрактивных веществ (45,8 %) свидетельствует об «углеводном» типе роста. Он был обусловлен дисбалансом азотного питания на фоне богатого органическим веществом субстрата и, вероятно, недостаточной эффективностью симбиотической азотфиксации. Данный факт указывает на необходимость внесения микроэлементов (Mo, Co) для оптимизации симбиоза.

4. Агроэнергетический анализ показал, что на 1 га посевов затрачено 23,5 ГДж энергии, при этом получено 17,5 ГДж обменной энергии и 267 кг сырого протеина. Коэффициент энергетической эффективности составил 74,5 %, в связи с чем данная технология может быть отнесена к категории «энергетически неэффективных». Такая оценка характерна для первого года возделывания новой культуры в условиях научного опыта. При этом затраты на производство 1 ц сырого протеина составили 8,8 ГДж, что свидетельствует о высокой экономической целесообразности использования узколистного люпина в качестве белкового компонента кормовой базы.

Таким образом, узколистный люпин сорта Белозерный 110, возделываемый на торфяных почвах, может рассматриваться как важный элемент биологизации земледелия и расширения кормовой базы в условиях Нечерноземной зоны. Тем не менее требуется коррекция агрохимического режима (особенно внесения микроэлементов) и адаптация технологий к гидротермическим особенностям торфяных почв.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ковшова В. Н. Эффективные технологии использования выработанных торфяных почв Кировской области в кормопроизводстве // Вестник Вятской ГСХА. 2021. № 2 (8). С. 45-52. URL: https://v-vgsha.info/wp-content/uploads/journal/2021/2/N2_2021_kovshova_ispTorfpochv.pdf (дата обращения: 11.11.2025).

2. Уланов А. Н. Использование торфяных ресурсов Кировской области // Рациональное использование торфяных месторождений : материалы международной научно-практической конференции. Киров, 2008. С. 42-48.
3. Кормопроизводство нечерноземной зоны: состояние и перспективы развития / А. С. Шпаков, А. А. Кутузова, Д. М. Тебердиев, В. Т. Воловик. DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2020-4-6-20 // Адаптивное кормопроизводство. 2020. № 4. С. 6-20. EDN YTEQWN.
4. Кутузова А. А. Научное обеспечение лугового кормопроизводства России. DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2022-3-14-24 // Адаптивное кормопроизводство. 2022. № 3. С. 14-24. EDN ZHDIHN.
5. Трофимов И. Т., Ступина Л. А. Отношение сельскохозяйственных культур к почвенной кислотности и повышения их продуктивности // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2006. № 2. С. 20-24.
6. Агеева П. А., Почутин Н. А., Матюхина М. В. Люпин узколистый – источник ценных питательных веществ для использования в кормопроизводстве // Кормопроизводство. 2020. № 10. С. 29-33. EDN NBXRDL.
7. Лысенко О. Г. Люпин узколистый (*Lupinus angustifolius* L.) – сидеральная культура // Научные труды по агрономии. 2019. № 2 (2). С. 45-50. EDN MEDBZA.
8. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. Москва, 1989. 197 с.
9. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
10. Методическое пособие по агроэнергетической и экономической оценке технологий и систем кормопроизводства. Москва : Россельхозакадемия, 1995. 175 с.
11. Милехина Н. В., Мишукова В. В. Сравнительная оценка сортов люпина узколистного по основным признакам, обеспечивающим урожайность зеленой массы // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК : материалы XVI международной научной конференции. Брянск, 2019. С. 504-511.
12. Накопление тяжелых металлов и радионуклидов в зеленой 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. EDN RKNBYT.
13. Резвякова С. В., Гурин А. Г. Влияние стартовых доз азотных удобрений на урожайность люпина узколистного на серой лесной почве // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 1 (17). С. 108-113.
14. Харкевич Л. П., Шаповалов В. Ф., Анишина Ю. А. Урожай и качество зеленой массы люпина в зависимости от применяемых систем удобрения // Плодородие. 2011. № 1. С. 7-8.
15. Матюхина М. В., Агеева П. А., Почутин Н. А. Оценка селекционного материала люпина узколистного по признакам тонкокожурности и биохимическим показателям // СССР. 2021. № 1-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-selektcionnogo-materiala-lyupina-uzkolistnogo-po-priznakam-tonkokozhurnosti-i-biohimicheskim-pokazatelyam> (дата обращения: 01.11.2025).
16. Panasiewicz K. Chemical composition of lupin (*Lupinus* spp.) as influenced by variety and tillage system // Agriculture. 2022. V. 12, № 2. URL : <https://www.mdpi.com/2077-0472/12/2/263> (дата обращения: 06.11.25).
17. Агрохимия биогенных элементов : учебное пособие / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, И. А. Лебедевский, М. А. Осипов. Краснодар : КубГАУ, 2020. 223 с.
18. Справочник по кормопроизводству // ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» (ранее ФГБНУ «ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса») : сайт. URL : <https://www.vniikormov.ru/spravochnik-po-kormoproizvodstvu/spravochnik-po-kormoproizvodstvu-01.php> (дата обращения: 06.11.25).