

УДК 631.871:631.559:633.367:631.445.24

ВЛИЯНИЕ СОЛОМЫ НА ПРОДУКЦИОННУЮ СПОСОБНОСТЬ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ СУПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ

© 2020 г. Т. Ю. Анисимова

*Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений и торфа – филиал Верхневолжского федерального аграрного научного центра
601390 Владимирская обл., Судогодский р-н, п. Вяткино, ул. Прянишникова, 2, Россия
E-mail: anistan2009@mail.ru*

Поступила в редакцию 29.11.2019 г.

После доработки 11.12.2019 г.

Принята к публикации 10.04.2020 г.

Использование в севооборотах узколистного безалкалоидного люпина в качестве зернобобовой культуры позволяет решить проблему зерна и белка в Центральном Нечерноземье, особенно в сочетании с соломой как удобрением. Средняя урожайность зерна люпина за 3 года без применения минеральных удобрений составила 2.5 т/га, коэффициент азотфиксации люпина увеличился на 9–15%, продуктивность культур севооборота возросла на 17–23%, достигнут почти бездефицитный баланс гумуса в почве.

Ключевые слова: люпин узколистный, дерново-подзолистая супесчаная почва, зернопропашной севооборот, солома на удобрение, азотфиксирующая способность, баланс NPK.

DOI: 10.31857/S0002188120070030

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время Нечерноземье располагает богатым ассортиментом бобовых культур, широким спектром доступных приемов биологизации земледелия и мощными биоресурсами природного, промышленного и коммунально-бытового органического сырья для удобрений. Биологизация тесно связана с расширением видового и сортового состава культур, увеличением доли бобовых растений – азотнакопителей в структуре севооборотов и повышением их урожайности [1]. Наиболее мощным фактором биологизации земледелия является научно обоснованный севооборот, действие которого усиливается сбалансированной системой удобрения с применением навоза, возрастающих количеств не кормовой соломы и использованием техногенных средств [2].

Благодаря высокой азотфиксирующей способности и индифферентности к почвенному плодородию все виды люпина не нуждаются в азотных удобрениях, во внесении фосфорно-калийных удобрений в силу своей биологической способности использовать труднодоступные соединения фосфора и калия почвы и последствие удобрений [3].

Узколистный люпин сочетает высокий потенциал хозяйственно-биологической продуктивности, надежность семеноводства новых сортов с высокой средовосстанавливающей и ресурсосберегающей способностью. Его ресурсовосстановление включает техногенное энергосбережение, азотфиксацию и выделение экссудатов, повышенное усвоение ранее внесенных удобрений, использование биогенных элементов из труднодоступных соединений почвенного профиля, активизацию полезной микробиоты и санитарно-гигиеническое воздействие на почву при минимальном расходе доступных элементов питания в севооборотах на единицу продукции [4].

Повышение урожайности люпина на малогумусных почвах легкого гранулометрического состава ограничивается энергоемкой азотфиксацией, которая может быть значительно усилена путем применения на удобрение соломы зерновых культур без компенсирующих добавок минерального азота [5]. Соединения углерода соломы служат источником энергии для азотфиксирующих микроорганизмов и эндотрофной микоризы, формирующих совместно с растением-хозяином потенциал биологического азота люпина [6].

Применение соломы озимых зерновых культур положительно влияет на рост общей продуктивности растений люпина. В результате удобрения соломой происходит трансформация менее ценной биомассы (соломы) в более дорогостоящую и востребованную продукцию, достижение при этом высокой окупаемости затрат через вновь получаемое зерно, картофель и другую продукцию при улучшении баланса органического вещества в почве и ее физико-химических свойств.

Таким образом, солома в сочетании с симбиотическими азотфиксаторами (бобовыми растениями) является эффективным средовосстанавливающим фактором и перспективным резервом активного воспроизводства плодородия почв без участия компенсирующего азота минеральных удобрений. В связи с этим запаханная солома не понижает урожаи бобовых культур. Кроме того, при запахивании соломы в почву при возделывании бобовых дополнительно накапливается азот, который могут использовать последующие культуры севооборота.

Цель работы – научное обоснование и разработка ресурсосберегающих приемов повышения продуктивности полевых севооборотов с узколиственным люпином на дерново-подзолистых супесчаных почвах Центрального Нечерноземья при использовании соломы на удобрение под люпин, выращиваемый на зерно, в отсутствие минеральных удобрений.

В задачи исследования входило выявление лучших технологических приемов использования соломы зерновых культур под узколиственный люпин в звене севооборота с люпином на зерно, картофелем и ячменем, определение влияния соломы и люпина на показатели плодородия почвы, урожай и его качество при использовании пространственно-временного анализа.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Методологической основой исследования был развернутый во времени и пространстве полевой опыт на дерново-подзолистой супесчаной почве опытного поля ВНИИОУ, расположенный в Судогодском р-не Владимирской обл. Легкий гранулометрический состав этих почв предопределяет агрохимические свойства и их плодородие. Средний балл бонитета составляет 34 [7].

В полевых опытах выращивали культуры: узколиственный люпин сорта Брянский 123, картофель сорта Невский, ячмень сорта Зазерский 85. Агротехника возделываемых культур общепринятая [8]. Площади опытных делянок 56 м², повтор-

ность четырехкратная. Исследование проводили в 3-х полях. Учет урожая – сплошной. Урожай зерна приводили к стандартной 14%-ной влажности.

Исследовали влияние соломы озимой пшеницы и ее стерни в качестве удобрения под узколиственный люпин в звене севооборота: озимая пшеница – узколиственный люпин на зерно – картофель – ячмень. Под картофель и ячмень удобрения не вносили, под люпин запахивали стерню и солому озимой пшеницы по следующей схеме, варианты: 1 – стерня: запашка осенью (контроль), 2 – стерня: дискование, запашка осенью, 3 – стерня + солома: запашка осенью, 4 – стерня + солома: дискование, запашка осенью, 5 – стерня + солома: дискование, запашка весной.

При использовании соломы и люпина в качестве удобрения исследовали количество фиксированного азота воздуха по методу сравнения с небобовой культурой, динамику развития растений, величину и структуру урожая, изменение агрохимических свойств почвы. Определяли показатели качества урожая.

Наблюдения и исследования выполняли в соответствии с общепринятыми методиками, используемыми в агрохимических работах [9–11]. Поступление в почву органического вещества и величину азотфиксации рассчитывали по методике ВИУА [12]. Статистический анализ результатов опытов выполнен методом дисперсионного анализа с использованием компьютерной программы Statistika.6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Масса запаханной соломы в среднем составила 4.8, стерни и корней – 2.7 т/га. С соломой в почву с учетом корневой массы заделывали воздушно-сухое органическое вещество 6.3 т/га с содержанием: азота – 28.3, фосфора – 15.1 и калия – 68.0 кг/га. Со стерней и корнями в почву запахивали органическое вещество в количестве 2.0 т/га с содержанием: азота – 8.5, фосфора – 4.7 и калия – 19.5 кг/га.

Таким образом, в почву в вариантах 1 и 2 со стерней и корнями поступило в среднем 33 кг NPK/га, в вариантах 3–5 с соломой, стерней и корнями – 111 кг NPK/га. При запахивании соломы в почву с растительными остатками поступило в 3.1 раза больше органической массы и питательных веществ по сравнению с контролем без соломы.

При закладке опыта применяли следующие агротехнические приемы: измельчение соломы, дискование стерни и соломы, запашку. Солому

Таблица 1. Влияние приемов использования соломы на содержание гумуса в почве (среднее за 3 года)

Вариант	C _{общ} , %		±ΔC _{общ}	Содержание общего азота, %		±ΔN _{общ}
	исходное*	конечное**		исходное	конечное	
1. Стерня: запашка осенью (контроль)	0.783	0.719	-0.060	0.068	0.062	-0.004
2. Стерня: дискование, запашка осенью	0.783	0.725	-0.058	0.068	0.063	-0.005
3. Стерня + солома: запашка осенью	0.783	0.765	-0.018	0.069	0.066	-0.003
4. Стерня + солома: дискование, запашка осенью	0.783	0.772	-0.011	0.068	0.067	-0.001
5. Стерня + солома: дискование, запашка весной	0.783	0.772	-0.011	0.068	0.067	-0.001

Примечание. нумерация вариантов та же в табл. 2–5.

*Перед закладкой опыта.

**В конце ротации севооборота.

измельчали во время уборки озимой пшеницы комбайном “САМПО” до размера 5–10 см и равномерно распределяли по площади на делянках вариантов 3–5. Неравномерность распределения измельченной соломы не превышала 15%. Заделку стерни и соломы проводили ранней осенью тяжелой дисковой бороной марки БДТ-3 в 2 следа на глубину 10–15 см. Запашку проводили плугом ПН-3-35 осенью в вариантах 1–4, в варианте 5 – весной на глубину 20–22 см. Весной следующего года высевали люпин узколистный. Норма высева – 1.1 млн шт. всхожих семян/га.

В первый год внесения соломы под люпин весной отмечено более высокое содержание нитратов в пахотном слое почвы, чем в последующие месяцы. В дальнейшем их содержание снижалось из-за биологического связывания доступного азота микрофлорой, разрушающей солому, а также из-за потребления нитратного азота растениями люпина. Содержание аммонийного азота, напротив, было минимальным весной. Затем в процессе аммонификации происходила частичная минерализация соломы в почве под люпином, и содержание аммонийного азота заметно возрастало. В фазе налива зерна оно резко снижалось вследствие интенсивного потребления растениями. Наибольшее содержание минеральных соединений азота в течение всего периода вегетации было отмечено в варианте с весенней запашкой соломы.

При возделывании картофеля и ячменя за счет разложения соломы и корне-поживных остатков люпина содержание нитратного и аммонийного азота в вариантах с соломой было больше, но

к моменту полной спелости этих культур, из-за усиленного потребления минерального азота почвы их содержание заметно снижалось. Это свидетельствовало о более интенсивном потреблении азота растениями в указанных вариантах, их лучшим развитием, что отразилось в конечном итоге на росте урожайности. Таким образом, при внесении соломы в почву, обедненную азотом, происходила его иммобилизация. В последующие годы закрепленный микроорганизмами азот минерализовался и вновь становился доступным растениям.

Установлено, что однократное за ротацию внесение соломы обеспечивало почти бездефицитный баланс гумуса, сдерживало деградиационные процессы в почве. Отмечено также, что в вариантах с соломой убыль углерода была меньше на 18–30 абс. %, азота – на 7.5–25%, чем в контроле (табл. 1).

Внесение соломы обеспечивало больший вынос фосфора и калия всеми культурами звена севооборота. Величина рН_{KCl} за ротацию севооборота при этом не изменилась, отмечена лишь тенденция к снижению гидролитической кислотности и увеличению суммы поглощенных оснований. Использование соломы было наиболее эффективным при осеннем дисковании и весенней запашке (вариант 5), при этом она подвергалась более сильной минерализации в осенний период, что улучшало условия питания узколистного люпина. В последствии эффективным был вариант с глубокой запашкой соломы без ее предварительного дискования.

Таблица 2. Влияние различных приемов заделки соломы на коэффициенты азотфиксации и размеры выноса азота надземной массой узколистного люпина (среднее за 3 года)

Вариант	Коэффициент азотфиксации	Вынос азота, кг/га		
		общий	из атмосферы	из почвы
1. Стерня: запашка осенью (контроль)	0.65 ± 0.05	80.9 ± 20.0	52.6 ± 20.1	28.3 ± 0.25
2. Стерня: дискование, запашка осенью	0.66 ± 0.05	87.5 ± 20.0	59.1 ± 20.1	28.6 ± 0.25
3. Стерня + солома: запашка осенью	0.74 ± 0.05	106 ± 20.0	78.1 ± 20.1	28.6 ± 0.25
4. Стерня + солома: дискование, запашка осенью	0.77 ± 0.05	118 ± 20.0	89.9 ± 20.1	28.7 ± 0.25
5. Стерня + солома: дискование, запашка весной	0.80 ± 0.05	137 ± 20.0	109 ± 20.1	28.0 ± 0.25

Примечание. \pm – доверительный интервал, рассчитанный как Sx/t_{05} , где Sx – ошибка выборочной средней арифметической, t_{05} – критерий Стьюдента для 5%-ного уровня значимости. То же в табл. 4.

Внесение соломы в почву резко активизировало жизнедеятельность почвенной микрофлоры и усилило связывание азота атмосферы азотфиксирующими микроорганизмами, что привело к существенному обогащению почвы соединениями азота. При изучении прямого действия соломы в вариантах с осенней запашкой количество аммонификаторов, обуславливающих минерализацию органического вещества, возросло в 1.6 раза по отношению к контролю, нитрификаторов – в 1.5 раза. В варианте с весенней запашкой численность аммонификаторов увеличилась в 2 раза, нитрификаторов – в 1.2 раза по сравнению с контролем. На фоне внесения соломы значительно возросла численность анаэробных азотфиксаторов. В этом, по-видимому, заключается одна из многих причин положительного влияния соломы на плодородие почвы. Применение соломы повысило содержание в пахотном слое почвы целлюлозоразлагающих микроорганизмов – в 1.2–1.4 раза по отношению к контролю. Рост в почве количества грибов и актиномицетов в вариантах с соломой указывал на увеличение скорости деградации органического вещества. Численность микроскопических грибов возросла в 1.6–2.4, актиномицетов – в 2.2–3.8 раза по сравнению с контролем. Отмечено положительное влияние соломы на жизнедеятельность микрофлоры при заделке ее в почву и в последствии.

Согласно данным опыта, внесение соломы усиливало процесс азотфиксации, увеличивало содержание общего азота в растениях люпина. Например, общий вынос азота на фоне соломы в зависимости от приемов ее заделки возрос на 31–69% по сравнению с контролем, вынос азота из атмосферы – на 48–107%. На размеры выноса

азота из почвы удобрение соломой влияния не оказало (табл. 2).

При применении соломы урожаи зерна люпина заметно возрастали (табл. 3). В вариантах применения соломы, задискованной рано осенью и запаханной весной, прибавки урожая зерна увеличились по сравнению с контролем на 30, при осенней запашке – на 11 и при осенней запашке с дискованием – на 16%.

При удобрении люпина соломой возросло содержание в его зерне сырого протеина, наибольший сбор которого был отмечен при весенней запашке соломы и превосходил контрольный вариант на 2.9 ц/га. Анализ химического состава зерна люпина показал, что солома способствовала повышению содержания и зольных элементов (табл. 4).

Основное влияние соломы, по мнению [13], сводится к инактивации азота и обеспечению растений калием. Калий способствует усиленному образованию клубеньков, ускорению созревания растений, повышению содержания белка в зерне [14]. В наших опытах с соломой и стерней под люпин было запахано 68 кг калия/га (в 4.5 раза больше, чем фосфора).

При удобрении люпина соломой возросло содержание в его зерне белка и сырого протеина. Сбор сырого протеина зависел от срока и способа заделки соломы в почву. Показано, что весенняя запашка соломы была наиболее благоприятной для увеличения сбора сырого протеина. В этом случае сбор сырого протеина увеличился на 2.9 ц/га по сравнению с контролем.

При разложении стерни и соломы кроме азота высвобождаются фосфор, калий, кальций, маг-

Таблица 3. Эффективность соломы как удобрения в звене севооборота (узколистый люпин–картофель–ячмень), т/га

Вариант	Прямое действие соломы		Последействие соломы и люпина				Продуктивность, т з.е./га	
	узколистый люпин		картофель		ячмень			
	1	2	1	2	1	2	всего	прибавка
1	2.10	—	16.2	—	0.99	—	8.0	—
2	2.19	0.09	17.2	1.0	1.02	0.03	8.4	0.4
3	2.33	0.23	20.3	4.1	1.48	0.49	9.8	1.8
4	2.48	0.38	19.6	3.4	1.08	0.09	9.4	1.5
5	2.76	0.66	18.9	2.7	1.07	0.08	9.7	1.7
<i>НСР₀₅</i>		0.23		2.1		0.11		1.1

Примечание. В графе 1 – урожайность, 2 – прибавка урожайности.

Таблица 4. Влияние приемов заделки соломы на химический состав зерна люпина (среднее за 3 года)

Вариант	% на абсолютно сухое вещество					
	азот общий	зола	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
1	3.27 ± 0.32	3.19 ± 0.13	1.05 ± 0.05	0.86 ± 0.078	0.29 ± 0.046	0.27 ± 0.07
2	3.34 ± 0.32	3.12 ± 0.13	1.06 ± 0.05	0.90 ± 0.078	0.30 ± 0.046	0.29 ± 0.07
3	3.87 ± 0.32	3.22 ± 0.13	1.15 ± 0.05	0.96 ± 0.078	0.39 ± 0.046	0.43 ± 0.07
4	3.85 ± 0.32	3.27 ± 0.13	1.14 ± 0.05	1.04 ± 0.078	0.40 ± 0.046	0.38 ± 0.07
5	4.11 ± 0.32	3.52 ± 0.13	1.18 ± 0.05	1.07 ± 0.078	0.38 ± 0.046	0.45 ± 0.07

ний, сера, микроэлементы [15]. Солома и стерня при заделке в почву являются важнейшим средством микробиологической мобилизации в почве труднодоступных и дефицитных элементов питания за счет энергии органического вещества [15, 16]. Этот факт нашел подтверждение в наших опытах. Под влиянием соломы повышалась доступность растениям люпина фосфора, калия и других элементов.

Последействие соломы положительно сказалось на качестве клубней картофеля. Применение соломы способствовало увеличению содержания сухого вещества (на 0.5–1.3%) и золы (на 0.25–0.43%) в клубнях картофеля. Содержание общего азота в картофеле было больше на 0.15–0.2%, а нитратного, наоборот, меньше, что свидетельствовало о большем количестве восстановленных форм азотных соединений в клубнях, выращенных при применении соломы. В этом случае в картофеле также возросло содержание витамина С на 38–47% по сравнению с контролем, увеличилась товарность клубней на 8.1–14.1%. Содержание крахмала в клубнях было больше в варианте с осенней заправкой незадисканной соломы – на 0.8% по сравнению с контролем.

Наибольшая прибавка зерна ячменя была получена в варианте 3 при осенней заправке соломы, которая превысила контроль на 59.3% (табл. 3). Отмечено положительное влияние соломы и люпина на химический состав зерна ячменя. Сбор белка в зерне при применении соломы возрос по отношению к контролю на 20–71%, содержание зольных элементов – на 1.16–1.23%, общего азота – на 0.09–0.16%.

Таким образом, применение соломы в звене севооборота повышало его продуктивность в зависимости от способов и сроков ее заделки в почву под узколистый люпин. Наиболее эффективной была осенняя заправка незадисканной соломы под узколистый люпин, продуктивность звена севооборота в этом варианте увеличилась на 23.1% по сравнению с контролем. При осенней заправке задисканной соломы продуктивность культур севооборота возросла на 18.7%, при весенней – на 21.1%.

С учетом достоверности прибавок урожая лучшим способом использования соломы под узколистый люпин было дискование измельченной соломы в начале осени с последующей заправкой весной (вариант 5). При этом достигалась макси-

Таблица 5. Баланс азота, фосфора, калия и коэффициенты использования элементов питания

Вариант	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	1	2	1	2	1	2
1. Стерня: запашка осенью (контроль)	-35.8	—	-62.4	—	-130	—
2. Стерня: дискование, запашка осенью	-38.9	14.2	-62.4	0	-132	0
3. Стерня + солома: запашка осенью	-25.9	33.2	-72.7	136	-136	54.1
4. Стерня + солома: дискование, запашка осенью	+2.2	16.1	-66.9	98.7	-114	56.1
5. Стерня + солома: дискование, запашка весной	+46.4	4.0	-73.7	144	-120	55.9

Примечание. В графе 1 – баланс, кг/га, 2 – коэффициент использования, %.

мальная прибавка урожая зерна люпина – 6.6 ц/га. Однако в этом случае положительное действие соломы на картофель и ячмень достоверно не было подтверждено. Сохранение измельченной соломы после комбайна на поверхности почвы с запашкой ее осенью оказалась наименее желательным вариантом для люпина. Вместе с тем этот прием обеспечивал максимальную прибавку урожая картофеля (41 ц/га) и достоверную прибавку урожая зерна ячменя (4.9 ц/га) и наибольший выход зерновых единиц за 3 года.

Суммарный вынос NPK для 3-х культур в вариантах с соломой оказался больше на 17.5–36.2%, чем в контроле (табл. 5). Сопоставляя суммарное содержание элементов питания в урожае люпина и картофеля с учетом фиксированного люпином азота воздуха, получили довольно близкие результаты. Однако источники азота для этих культур были разными: большая его часть была получена люпином из воздуха, пропашной культурой – картофелем – из почвы, корне-поживных остатков и экссудатов люпина. Как компонент севооборота люпин – ресурсосберегающая культура, картофель же – потребляющая. Преимущество люпина перед картофелем и ячменем заключалось в его способности положительно реагировать на внесение соломы без применения минерального азота.

Сочетание соломы и узколистного люпина в севообороте положительно влияло на формирование урожайности культур, баланс азота за ротацию за счет увеличения доли симбиотического азота при сбережении ресурсов почвы, повышало коэффициенты использования фосфора и калия из почвы и соломистых остатков всеми культурами. Вместе с тем при таком сочетании приемов биологизации почти не возмещались затраты фосфора и калия, баланс этих элементов был дефицитным, особенно фосфора. Поэтому при использовании соломы под люпин в севообороте снижалась потребность культур в минеральном

азоте, но требовалось интенсивное возмещение фосфора и калия с удобрениями.

ВЫВОДЫ

1. В результате 5-летнего исследования на дерново-подзолистой супесчаной почве Центрального Нечерноземья (Владимирская обл.) установлена высокая хозяйственно-экологическая эффективность узколистного люпина в зернопропашном севообороте в качестве зернобобовой культуры.

2. Выявлена высокая агроэкономическая, агрохимическая, энергосберегающая и ресурсосберегающая роль узколистного люпина при выращивании на зерно в севообороте с картофелем и ячменем при внесении под люпин соломы озимой пшеницы без компенсирующих добавок азота. Обеспечена устойчивая урожайность зерна люпина на уровне 23.2–27.6 ц/га, что было на 20% в среднем больше неудобренного контроля. Дискование измельченной соломы ранней осенью при ее весенней запашке под люпин обеспечило максимальную прибавку урожайности зерна люпина (6.6 ц/га) и позволило увеличить площадь зяби под другие культуры. Урожайность люпина при применении соломы на удобрение возрастала в технологических вариантах на 2.3–6.6, картофеля – на 27–41, ячменя – на 0.8–4.9 ц/га при увеличении продуктивности звена севооборота на 15.8–20.8 ц з.е./га или на 17.7–23.3%.

3. Солома способствовала увеличению коэффициента симбиотической азотфиксации растениями люпина на 9–15% по сравнению с неудобренными вариантами, при росте урожайности потребление азота возросло на 31–69%, использование азота из атмосферы увеличилось на 48–107%. Накопление переваримого протеина в зерне люпина возросло до 551 кг/га, что позволило сократить расход кормов из-за дефицита белка в рационах и увеличить производство молока и мяса в зоне сеяния люпина.

4. За ротацию севооборота с люпином на зерно, картофелем и ячменем без внесения соломы убыль гумуса составляла 3.0 т/га. При участии соломы баланс гумуса приближался к бездефицитному. При разложении соломы улучшалось питание люпина калием и фосфором, что способствовало накоплению азота в урожае. Люпин отличался от зерновой культуры – ячменя втрое меньшим расходом почвенного азота и в 1.6 раза – калия на единицу продукции, что подчеркнуло ресурсосберегающую роль люпина в севообороте.

5. Баланс азота в севообороте с люпином, удобренным соломой, был положительным только при ее предварительном дисковании перед запашкой (от 2.2 до 46.4 кг N/га). При этом снижался коэффициент использования азота из почвы и соломы за счет увеличения доли и преобладания симбиотического азота в урожае люпина. Вместе с тем люпин и солома не возмещали затрат фосфора и калия на формирование урожая. Баланс этих элементов был отрицательным, что требовало интенсивного использования минеральных и органических удобрений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Чекмарев П.А., Лукин С.В.* Система удобрения в условиях биологизации земледелия // Достиж. науки и техн. АПК. 2012. № 12. С. 10–12.
2. *Милащенко Н.З.* Методология применения удобрений в период выхода земледелия России из кризисной ситуации // Современные проблемы опытного дела. СПб., 2000. Т. 2. С. 59–63.
3. *Соловьев П.П.* Культура люпина в повышении плодородия почв НЗ СССР (Метод. рекоменд.). М.: Наука, 1971. 31 с.
4. *Довбан К.И.* Зеленое удобрение М.: Агропромиздат, 1990. 208 с.
5. *Алиева Е.И.* Итоги 12-летнего использования соломы на удобрение // Бюл. ВИУА им. Д.Н. Прянишникова. 1985. № 72. С. 44–48.
6. *Лошаков В.Г.* Эффективность раздельного и совместного использования севооборота и удобрений // Достиж. науки и техн. АПК. 2016. Т. 30. № 1. С. 9–13.
7. *Романенко Г.А., Тютюнников А.И.* Книга земледельца. М.: РАСХН, 1998. 318 с.
8. *Лошаков В.Г., Сычев В.Г.* Севооборот и плодородие почвы. М.: ВНИИА, 2012. 512 с.
9. *Доспехов Б.А.* Методика опытного дела. М.: Агропромиздат, 1985. 315 с.
10. *Минеев В.Г.* Практикум по агрохимии. М.: Изд-во МГУ, 2001. 686 с.
11. *Посыпанов Г.С.* Методы изучения биологической фиксации воздуха. М.: Агропромиздат, 1991. 300 с.
12. *Трепачев Е.П.* Агрохимический аспект биологического азота в современной земледелии. М., 1999. 498 с.
13. *Кук Дж.* Системы удобрения для получения максимальных урожаев М.: Колос, 1975. 416 с.
14. *Такунов И.П.* Агробиологические основы увеличения производства люпина в Нечерноземной зоне России: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Брянск, 1998. 76 с.
15. *Князев Д.А., Фокин А.Д., Князев В.Д.* Роль гумусовых веществ в формировании ионопроводящих структур почвы // Почвоведение. 2002. № 2. С. 152–157.
16. *Пищик В.Н., Проворов Н.А., Воробьев Н.И., Чижевская Е.П., Сафронова В.И., Туев А.Н., Кожемяков А.П.* Взаимодействие растений с ассоциативными бактериями при загрязнении почвы тяжелыми металлами // Микробиология. 2009. Т. 78. № 6. С. 826–835.

Influence of Straw on the Production Capacity of Narrow-Leaved Lupine on Sod-Podzolic Sandy Loam Soils

T. Yu. Anisimova

*All-Russian Research Institute of Organic Fertilizers and Peat –
Branch of the Upper Volga Federal Agricultural Research Center
ul. Pryanishnikova 2, Vladimir region, Sudogodsky district, p. Vyatkinovo 601390, Russia*

E-mail: anistan2009@mail.ru

The use of narrow-leaved halcaloid lupine as a leguminous crop in crop rotations allows solving the problem of grain and protein in the Central non-black earth region, especially in combination with straw as a fertilizer. The average yield of lupine grain for 3 years without the use of mineral fertilizers was 2.5 t/ha, the nitrogen fixation coefficient of lupine increased by 9–15%, the productivity of crop rotation increased by 17–23%, and an almost deficit-free balance of humus in the soil was achieved.

Key words: narrow-leaved lupine, sod-podzolic sandy loam soil, grain crop rotation, straw for fertilizer, nitrogen-fixing capacity, NPK balance.