

УДК 631.81:633.31/37:633.1:632.11:631.559(470.31)

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЯ, НОРМ ВЫСЕВА БОБОВОГО КОМПОНЕНТА И ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И НАКОПЛЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ ЛЮПИНО-ЗЛАКОВЫХ СМЕСЕЙ НА ЗЕРНО В ЦЕНТРЕ НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

© 2024 г. В. В. Конончук^{1,*}, С. М. Тимошенко¹, Т. О. Назарова¹, В. Д. Штырхунов¹, Е. А. Тулинова¹, Т. В. Смолина¹, Г. Б. Морозова¹, Е. А. Комиссарова²

¹Федеральный исследовательский центр “Немчиновка”

143026, Московская обл., г.п. Одинцово, р.п. Новоивановское, ул. Агрохимиков, 6, Россия

²Российский государственный аграрный заочный университет

143907 Балашиха, Московская обл., ул. Шоссе Энтузиастов, 50, Россия

*E-mail: vadimkononchuk@yandex.ru

На среднеоккультуренных среднесуглинистых дерново-подзолистых почвах Центрального Нечерноземья, хорошо обеспеченных подвижным фосфором и калием (IV–V класс), выращивание люпино-злаковых смесей на зерно с участием узколистного люпина сорта Ладный, пшеницы яровой, ячменя и овса сортов Немчиновской селекции после зерновых предшественников в условиях изменяющегося климата обеспечило получение зерна в среднем за 5 лет до 3.0–3.7 т/га с долей бобового компонента 29–57% и оставление в почве сухой массы растительных остатков до 6–8 т/га с накоплением в ней общего азота до 40–60 кг/га и биологического – 12–17 кг/га. В засушливых условиях (ГТК 0.80–0.92) по урожайности и массе растительных остатков в лучшую сторону выделялась смесь люпина с ячменем, при переувлажнении (ГТК = 2.47) – смеси с участием овса и яровой пшеницы. Включение в технологический процесс жидких микроудобрений органической природы со стимулирующим эффектом для некорневых подкормок снимало необходимость предпосевного внесения азотного удобрения и в условиях умеренной засушливости повышало урожайность зерна в зависимости от состава смеси до 3.9–4.9 т/га (на 53–59%), выход растительных остатков – до 7–11 т/га (на 54–139%), а в них – накопление симбиотически связанного азота – до 15–25 кг/га или в 5–8 раз больше, чем без их использования.

Ключевые слова: люпин, смешанные посевы, состав, погода, удобрение, растительные остатки, биологический азот.

DOI: 10.31857/S0002188124040084, **EDN:** dljdke

ВВЕДЕНИЕ

Российское земледелие на современном этапе функционирует в условиях дефицита органических удобрений и в первую очередь – навоза КРС в связи с медленным восстановлением поголовья. Использование для удобрительных целей птичьего помета и свиного навоза сопряжено с высокими затратами на их доработку применительно к требованиям ГОСТ.

Согласно статистике [1], в Нечерноземье на 1 га посева в 2022 г. было внесено органических удобрений всего 2.2 т/га, главным образом в виде торфа и продуктов его переработки. Поэтому в сохранении и воспроизводстве плодородия зональных почв существенно возрастает роль и значение

растительных остатков полевых культур. Их запашка позволяет от ротации к ротации севооборотов постепенно обновлять и наращивать содержание органического вещества в пахотном слое, усиливать биологическую активность почвы, улучшать показатели агрохимических свойств [2–5].

Скорость и степень минерализации растительных остатков определяется как климатическими условиями, так и качеством их органического вещества (соотношения C: N), которое в свою очередь тесно связано с его составом.

По данным исследований, проведенных в последние годы [6–8], в растительных остатках одно- и многолетних посевов зернобобовых культур на зерно отношение C: N в среднем варьировало в диапазоне

(18–20): 1, в смешанных – расширялось до (25–31): 1, яровых зерновых – до (39–59): 1, озимых и кукурузы – до (53–61): 1. При этом за год после заделки соломы и пожнивно-корневых остатков минерализовалось 82, 77, 65 и 58%, гумификации подвергалось 18, 23, 35 и 42% соответственно.

Согласно этим и другим исследованиям [9–11], поступление в почву сухой массы растительных остатков однолетних бобово-злаковых смесей при выращивании на зерно в зависимости от состава, применения удобрений и почвенно-климатических условий изменялось в пределах 2.5–7.0 т/га и в сравнении с неудобренным контролем возрастало в среднем на 19–41%. С растительными остатками в почву возвращалось: общего азота – от 13–16 до 30–48 кг/га, фосфора – от 8–10 до 14–19 кг/га, калия – от 26–32 до 56–60 кг/га.

Приведенные материалы свидетельствуют о существенном возврате элементов питания в почву с растительными остатками однолетних бобово-злаковых смесей и о возможности его регулирования с помощью элементов агротехнологии. Применительно к люпино-злаковым смесям на зерно в условиях изменяющегося климата Нечерноземья технологические аспекты повышения продуктивности и накопления растительных остатков требует дальнейшего изучения. Цель работы – выявление особенностей влияния макро- и микроудобрений и норм высева люпина в смесях на урожайность зерна, массу растительных остатков и накопление элементов питания в ней при различных погодных условиях в Центре Нечерноземной зоны РФ.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект исследования – люпино-злаковые смеси на зерно с участием однолетнего люпина детерминантного типа сорта Ладный, пшеницы яровой сортов Лиза (2018 г.), Агата (2019 г.), Злата (2020–2022 гг.), ячменя сортов Надежный (2018–2019 гг.), Златояр (2021 г.), Московский 86 (2020, 2022 гг.), пленчатого овса сорта Яков (2019–2020 г.), голозерного – сорта Азиль (2021–2022 гг.).

Исследование проводили в 2018–2022 гг. на опытном поле ФИЦ “Немчиновка”, расположенном в Новомосковском административном округе г. Москвы неподалеку от аэропорта “Внуково”, у населенного пункта Кривошеино в серии краткосрочных полевых опытов. Предшественник – яровые зерновые.

Почва – дерново-подзолистая среднесуглинистая на моренном суглинке. После уборки предшественника в пахотном слое 0–20 см в разные годы содержалось: гумуса – 1.4–2.1%, P_2O_5 и K_2O (по Кирсанову) – соответственно от 160–250 до 300–350 и от 130–160 до 180–220 мг/кг,

pH_{KCl} – от 4.6–5.2 до 5.8–6.7 ед. с постепенным понижением от начала к концу исследования, H_T – от 0.94–1.90 до 2.30–3.50 мг-экв/100 г.

Схема двухфакторного опыта включала 2 фактора удобрения (фактор А) – РК, NPK и нормы высева люпина в смесях (фактор Б) – 1.4–2.0 млн/га с шагом 0.2 млн/га. В настоящую работу включены результаты, полученные в вариантах с нормами высева 1.6 и 1.8 млн/га, проходящими через весь 5-летний цикл исследования.

Дозы P_2O_5 в разные годы варьировали в пределах 30–100 кг/га, K_2O – от 30 до 150 кг/га и в среднем за 5 лет составляли Р60К80. Их внесение с осени под зябь поддерживало обеспеченность пахотного слоя подвижным фосфором и калием на указанном выше уровне. Доза азота при предположительном внесении во все годы составляла 50 кг/га.

Система защитных мероприятий в смешанных посевах состояла из протравливания семян с использованием Фундазола, СП (2018–2019 гг.), ТМТД, ВСК + Табу, ВСК (2020–2021 гг.), Витарос, ВСК + Табу, ВСК (2022 г.) и двукратной обработки посевов в течение вегетации (фазы 2–3 пары листьев, бутонизация) баковой смесью из фунгицида Колосаль Про (2018–2021 гг.), Спирит, СК (2022 г.) и инсектицида Данадим, КЭ (2018 г.), Децис Профи, КЭ (2019 г.), Борей Нео, СК (2020–2022 гг.). Гербициды не применяли. Во все сроки использования пестицидов, включая протравливание семян, в баковую смесь добавляли жидкие микроудобрения органической природы с ростстимулирующим и антистрессовым эффектом: в 2018–2020 гг. – Гумистим Zn, В белорусского производства, в 2022 г. препараты, произведенные в ФРГ: при протравливании – Аминозол + Лебозол–Заатгут Микс, в период вегетации – Лебозол–Молибден (фаза 2–3 пары листьев) и Лебозол–Бор (фаза бутонизации), в 2021 г. ростостимуляторы не использовали. Во все годы в день посева семена люпина обрабатывали ризоторфином с активным штаммом N_2 -фиксирующих бактерий производства ВНИИСХМ (г. Пушкин Ленинградской обл.).

Посев проводили в лучшие агротехнические сроки сеялкой Amazone Д9. Пестициды и стимулирующие препараты в период вегетации вносили штанговым опрыскивателем Amazone с шириной захвата 12 м. Для вычленения действия последних в 2022 г. использовали результаты 2021 г., полученные без применения стимуляторов в сходных метеоусловиях.

Учет урожая зерна в фазе полной спелости (1–2 декада августа) – сплошной поделочно-выборочный селекционным комбайном Wintersteiger. Площадь деланки первого порядка – 192, второго – 64, учетная – 32 м², повторность четырехкратная.

При закладке полевых экспериментов, проведении учетов и наблюдений руководствовались рекомендациями [12–15].

Агрохимический анализ сухой массы соломы и пожнивно-корневых остатков (ПКО) выполняли в аккредитованной лаборатории массовых анализов института по методикам и ГОСТам, принятым в Агрохимической службе.

Метеорологические условия вегетационного периода от всходов до полной спелости зерна (1-я декада мая – 2-я декада августа) 2018–2022 гг. существенно отличались от средних многолетних показателей. При средней многолетней норме гидротермического коэффициента за указанный период, равной 1.48, в течение 4-х лет (2018–2019, 2021–2022 гг.) наблюдали проявление засухливости (ГТК составляла от 0.80 до 0.92), один год (2020 г.) характеризовался избыточным увлажнением (ГТК = 2.47), что оказывало влияние как на урожайность зерна, так и на накопление массы органического вещества растительных остатков.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что при средней за 5 лет урожайности зерна смешанных посевов различного состава, равной 3.05–3.71 т/га, с долей бобового компонента 29–57% сухая масса растительных остатков составляла 6.3–7.7 т/га с содержанием люпина 32–46% и включала солому, стерню на высоте среза 12–15 см и корни в слое 0–20 см с поправкой на полноту учета, равную 1.4 [15].

В среднем в вариантах удобрения и норм высева люпина в смесях в ней накапливалось: общего азота – от 37 до 59 кг/га и симбиотически

связанного – 9–17 кг/га. Возврат в почву фосфора составил 29–49, калия – 109–185 кг/га.

Наиболее высокими величинами возврата азота выделялись смешанные посевы люпина с яровой пшеницей и с пленчатым овсом, фосфора и калия – люпино-овсяные смеси (табл. 1).

С увеличением влагообеспеченности посевов (ГТК = от 0.92 до 2.47) смеси люпина с пшеницей и овсом увеличивали не только урожайность зерна в среднем на 28 и 61%, но и размеры накопления сухой массы растительных остатков на 66 и 111% за счет роста доли злакового компонента в основной и побочной продукции соответственно в среднем с 50–70 до 66–72% и с 55–66 до 71–75%, а в ней – накопления элементов питания: фосфора – в 3.1–3.4 раза (с 21–27 до 66–92 кг/га), калия – в 2.3–2.6 раза (с 88–109 до 204–282 кг/га). В значительно меньшей степени возрастало накопление азота – на 10% в соломе и ПКО люпино-пшеничной смеси и на 68% – смеси люпина с овсом. Размеры накопления фиксированного азота, в отличие от $N_{\text{общ}}$, под влиянием избыточного увлажнения уменьшались на 57–79% и не превышали 5–6 кг/га вследствие отрицательного влияния последнего на процесс N_2 -фиксации [16].

Смесь люпина с ячменем иначе реагировала на повышение уровня увлажнения в течение вегетации. Из-за негативной реакции обоих компонентов на чрезмерное выпадение осадков отмечено снижение урожайности зерна в среднем с 3.60 до 2.67 т/га (на 26%). В то же время масса растительных остатков увеличивалась на 12%, а в ней – накопление P_2O_5 и K_2O на 96 и 50% соответственно. Размеры накопления общего азота также возрастали на 34% или в среднем с 38

Таблица 1. Влияние состава люпино-злаковых смесей на урожайность зерна, массу растительных остатков и накопление в ней элементов питания (среднегодовые величины)

Показатель	Состав смесей			
	люпин + пшеница яровая (2018–2020 гг.)	люпин + ячмень (2019–2022 гг.)	люпин + овес	
			пленчатый (2019–2020 гг.)	голозерный** (2021–2022 гг.)
Урожайность зерна*	<u>3.05</u> 31	<u>3.71</u> 35	<u>3.43</u> 29	<u>3.34</u> 57
Масса растительных остатков*	<u>7.0</u> 40	<u>6.3</u> 34	<u>7.3</u> 32	<u>7.7</u> 46
Накопление в растительных остатках, кг/га	N** <u>59</u> 17	<u>42</u> 9	<u>54</u> 12	<u>37</u> 14
	P_2O_5 36	29	49	32
	K_2O 127	109	167	185

* Над чертой – т/га, под чертой – доля бобового компонента, %.

** Над чертой – N биологический, кг/га, под чертой – его доля, % от общего азота. То же в табл. 2–5.

до 51 кг/га, но доля биологического азота сокращалась с 29 до 0%, что также было проявлением негативного влияния переувлажнения на азотфиксацию (табл. 2).

Следовательно, условия переувлажнения лучше переносили смеси люпина с яровой пшеницей и овсом, обеспечивая рост урожайности зерна, накопление массы растительных остатков и размеров возврата элементов питания в почву, кроме симбиотического азота, поступление которого при этом уменьшалось. Поэтому в отсутствие достоверного долгосрочного прогноза погоды на весенне-летний период для повышения стабильности зерновой продуктивности и поступления в почву растительных остатков необходимо расширение видового разнообразия смешанных посевов, в том числе и с привлечением наиболее устойчивых видов яровых зерновых культур.

Необходимо отметить, что некорневые подкормки жидкими комплексными удобрениями органической природы с ростстимулирующим и антистрессовым эффектом в засушливом 2022 г. (ГТК = 0.80) приводили к росту не только урожайности зерносмеси с участием ячменя в сравнении с предыдущим годом (ГТК = 0.92), когда их не применяли (прибавка 32%), но и повышали массу растительных остатков в среднем на 33%. Накопление в ней элементов питания также возрастало: N — с 25

до 41 кг/га (на 60%), в том числе биологического — от 0 до 14 кг/га, K₂O — с 76 до 152 кг/га (на 100%).

Влияние предпосевного внесения азота на урожайность зерна, накопление растительных остатков, а в них — элементов питания в годы исследования соответствовало погодным условиям года, определявшим интенсивность азотфиксации в смешанном агроценозе и нитрификации в почве.

Когда в период формирования и развития бобово-ризобияльного симбиоза погода не благоприятствовала нитрификации (2018, 2019 гг.) вследствие недостаточного увлажнения и повышенного или пониженного (2019 г.) температурного режима, азот удобрений обеспечивал увеличение накопления растительных остатков, общего и фиксированного из атмосферы азота в сухой массе. Наиболее выражено это было в смешанном посеве люпина с пленчатой формой овса (прибавка 54 и 42%, или от 35 до 54 и от 12 до 17 кг/га соответственно). Возврат в почву P₂O₅ также возрастал на 46, K₂O — на 32%, или от 22 и 94 до 32 и 124 кг/га соответственно.

Если же погодные условия способствовали нитрификации, и уровень запасов N-NO₃ в корнеобитаемом слое 0–60 см почвы на естественном азотном фоне в начале бутонизации люпина достигал 60–80 кг/га, а при внесении NPK увеличивался до 180–240 кг/га (2021 г.), то азотфиксация

Таблица 2. Влияние влагообеспеченности люпино-злаковых смесей на сбор сухой массы растительных остатков и накопление элементов питания (среднее вариантов с удобрениями и норм высева люпина)

Состав смесей	Год, ГТК за май — первую половину вегетации	Показатели				
		урожайность зерна, т/га	сухая масса растительных остатков, т/га	накоплено в растительных остатках, кг/га		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Люпин + пшеница яровая	2018–2019, 0.86–0.92	<u>3.05</u> 50	<u>5.8</u> 45	<u>57</u> 23	21	88
	2020, 2.47	<u>3.89</u> 34	<u>9.6</u> 29	<u>63</u> 5	66	204
	2019, 2021, 0.92	<u>2.85</u> 30	<u>5.3</u> 35	<u>44</u> 14	27	109
Люпин + овес пленчатый	2020, 2.47	<u>4.58</u> 28	<u>11.2</u> 25	<u>74</u> 6	92	282
	2019, 2021, 0.92	<u>3.60</u> 34	<u>5.6</u> 31	<u>38</u> 11	24	78
	2021, 0.92	<u>3.79</u> 34	<u>5.7</u> 30	<u>25</u> 0	22	76
Люпин + ячмень	2022, 0.80	<u>4.99</u> 36	<u>7.4</u> 37	<u>40</u> 14	22	164
	2020, 2.47	<u>2.67</u> 37	<u>6.3</u> 35	<u>51</u> 0	47	117

Таблица 3. Влияние азота удобрений на урожайность зерна люпино-злаковых смесей, накопление растительных остатков и элементов питания в них в засушливых условиях (среднее вариантов норм высева люпина в смесях)

ГТК	Вариант удобрения NPK, кг/га (фактор А)	Состав смесей, год	Урожайность зерна	HCP ₀₅	Растительные остатки	Накоплено в растительных остатках, кг/га		
						N	P ₂ O ₅	K ₂ O
			т/га					
0.86–0.92	P60K80	Люпин + пшеница яровая, 2018, 2019	<u>3.12</u> 56		<u>5.8</u> 50	<u>51</u> 22	20	91
		Люпин + овес пленчатый. 2019, 2021	<u>2.71</u> 34		<u>4.6</u> 36	<u>35</u> 12	22	94
		Люпин + ячмень, 2019	<u>3.48</u> 43		<u>5.5</u> 38	<u>44</u> 20	26	76
	N50P60K80	Люпин + пшеница яровая, 2018, 2019	<u>2.92</u> 44	0.22	<u>5.8</u> 40	<u>63</u> 24	22	84
		Люпин + овес пленчатый, 2019, 2021	<u>2.99</u> 26	0.23	<u>6.0</u> 34	<u>54</u> 17	32	124
		Люпин + ячмень, 2019	<u>3.31</u> 26	0.35	<u>5.6</u> 26	<u>58</u> 24	24	82
0.92	P60K80	Люпин + овес голозерный, 2021	<u>2.45</u> 62		<u>4.6</u> 42	<u>16</u> 3	26	92
		Люпин + ячмень, 2021	<u>3.22</u> 42		<u>4.8</u> 32	<u>18</u> 3	19	72
	N50P60K80	Люпин + овес голозерный, 2021	<u>2.64</u> 45	0.22	<u>5.5</u> 52	<u>22</u> 3	25	110
		Люпин + ячмень, 2021	<u>4.36</u> 28	0.24	<u>6.6</u> 29	<u>28</u> 1	24	79
	P60K80	Люпин + овес голозерный, 2022	<u>3.89</u> 64		<u>10.6</u> 54	<u>56</u> 25	42	272
		Люпин + ячмень, 2022	<u>4.92</u> 46		<u>7.0</u> 50	<u>45</u> 15	22	157
0.80	N50P60K80	Люпин + овес голозерный, 2022	<u>3.86</u> 65	0.32	<u>9.2</u> 38	<u>54</u> 22	28	224
	Люпин + ячмень, 2022	<u>5.06</u> 26	0.39	<u>8.7</u> 23	<u>38</u> 14	20	150	

прекращалась, и при положительном влиянии азота удобрений на урожайность и массу растительных остатков (прибавка 8–35 и 20–38% соответственно) в зависимости от состава, в последних накапливалось общего азота 16–28 кг/га и симбиотически связанного — 1–3 кг/га (табл. 3).

В несколько более жестких условиях увлажнения вегетационного периода 2022 г. (ГТК = 0.80), при повышении зерновой продуктивности и накопления растительных остатков на фоне трехкратного применения жидких биологически активных микроудобрений (с протравителем и 2 раза в период вегетации), направленность и степень воздействия азота удобрений на комплекс рассмотренных

показателей определялись видовым составом смешанных посевов. У смеси с участием ячменя под влиянием предпосевного внесения N50 урожайность зерна и масса растительных остатков увеличивались на 3 и 24% соответственно за счет увеличения доли злакового компонента в продукции на 20 и 27%. Это способствовало снижению накопления азота в ПКО с 45 до 38 кг/га (на 16%) при близких показателях для биологического азота. Аккумуляция P₂O₅ и K₂O в биомассе изменялась слабо. В смешанном посеве с голозерной формой овса азот удобрений не оказывал влияния на урожайность, но снижал массу растительных остатков на 13%, накопление в ней элементов питания — на 12–33% в зависимости от показателя.

Таблица 4. Влияние азота удобрений и норм высева люпина в смесях на урожайность зерна, накопление растительных остатков и элементов питания в них при избыточном увлажнении (среднее факторов, кроме изученного, 2020 г.)

Состав смесей	Удобрение (фактор А), кг/га							Нормы высева люпина (фактор В), млн/га						
	варианты	урожайность, т/га	HCP ₀₅ , т/га	масса растительных остатков, т/га	накопление в растительных остатках, кг/га			варианты	урожайность, т/га	HCP ₀₅ , т/га	масса растительных остатков, т/га	накопление в растительных остатках, кг/га		
					N	P ₂ O ₅	K ₂ O					N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Люпин + пшеница яровая	P60K80	<u>3.32</u> 54	0.36	<u>7.96</u> 37	<u>64</u> 5	37	118	1.6	<u>3.86</u> 38	0.44	<u>9.28</u> 32	<u>60</u> 5	37	141
	N50P60K80	<u>4.46</u> 14		<u>10.7</u> 21	<u>63</u> 4	47	169	1.8	<u>3.92</u> 30		<u>9.41</u> 26	<u>66</u> 4	46	145
Люпин + овес пленчатый	P60K80	<u>4.16</u> 32	0.43	<u>9.96</u> 20	<u>63</u> 3	81	123	1.6	<u>4.38</u> 28	0.52	<u>10.3</u> 26	<u>59</u> 6	83	254
	N50P60K80	<u>5.00</u> 23		<u>12.3</u> 28	<u>72</u> 6	101	316	1.8	<u>4.78</u> 28		<u>12.0</u> 23	<u>76</u> 3	98	307
Люпин + ячмень	P60K80	<u>2.31</u> 46	0.30	<u>5.42</u> 40	<u>46</u> 0	43	108	1.6	<u>2.66</u> 48	0.36	<u>6.06</u> 42	<u>51</u> 0	39	116
	N50P60K80	<u>2.98</u> 32		<u>7.20</u> 29	<u>56</u> 0	51	126	1.8	<u>2.63</u> 28		<u>6.58</u> 28	<u>51</u> 0	54	118

Таким образом, использование жидких комплексных биологически активных микроудобрений совместно со средствами защиты растений в условиях умеренной засушливости оказывало положительное влияние на величины рассмотренных показателей в сравнении с необработанным посевом (2021 г.), снимало необходимость применения азотного удобрения, тем самым придавая больше устойчивости экологии агрофитоценоза и прилегающих территорий.

В то же время при избыточном увлажнении (ГТК = 2.47, 2020 г.) внесение N50 перед посевом оказывало выраженное положительное влияние на размеры урожайности зерна (прибавка 20–34%), массу растительных остатков (прибавка 24–35%), накопление P₂O₅ и K₂O в них (на 19–27 и 17–157% соответственно) в зависимости от состава (табл. 4).

В этих условиях наибольшей урожайностью и размерами накопления растительных остатков выделялись смешанные посевы люпина с яровой пшеницей (4.46 и 10.7 т/га) и с пленчатым овсом (5.00 и 12.3 т/га), при доле бобового компонента в них 11 и 23, 21 и 28% соответственно.

Наименьшими показателями характеризовалась смесь люпина с ячменем, где оба компонента проявляли отрицательную реакцию на переувлажнение.

На фоне N50P60K80 она обеспечивала получение зерна 2.98 т/га (прибавка 29%) и выход растительных остатков порядка 7 т/га (прибавка 33%) при доле бобового компонента в них 32 и 29%, или уменьшение на 14 и 11% соответственно в сравнении с фоном РК.

Направленность изменения уровней накопления общего азота в растительных остатках изученных люпино-злаковых смесей под влиянием азота удобрений при этом не подчинялась отмеченным выше закономерностям и находилась в соответствии с их составом. Если смесь люпина с яровой пшеницей не реагировала на предпосевное внесение азота (64 и 63 кг/га), то у смесей с участием пленчатого овса и ячменя отмечена положительная реакция прибавка 9 и 10 кг/га, или на 14 и 22%) при максимальном накоплении 72 и 56 кг N/га. При очень низкой азотфиксации или ее отсутствии в условиях избытка влаги, очевидно в связи с недостатком кислорода в ризосфере, накопление фиксированного из атмосферы азота в растительных остатках находилось в пределах от 0–3 до 4–6 кг/га. В связи с этим, необходимо продолжать исследования по поиску технологических решений, направленных на улучшение условий для азотфиксации в смешанных однолетних бобово-злаковых агрофитоценозах в стрессовых ситуациях, связанных с переувлажнением. Одним из них может стать использование листовой обработки растений

Таблица 5. Влияние норм высева люпина на урожайность зерна смешанных посевов, накопление растительных остатков и элементов питания в них при недостаточном увлажнении. Среднее по факторам, кроме изучаемого

ГТК	Норма высева люпина, млн семян/га	Состав смесей, год	Урожайность зерна, т/га	НСР ₀₅ , т/га	Растительные остатки, т/га	Накоплено в растительных остатках, кг/га		
						N	P ₂ O ₅	K ₂ O
0.92	1.6	Люпин + пшеница яровая, 2018, 2019	<u>2.95</u> 49	0.26	<u>6.11</u> 44	<u>53</u> 24	23	92
		Люпин + овес пленчатый, 2019, 2021	<u>2.89</u> 31		<u>5.35</u> 31	<u>42</u> 14	28	113
		Люпин + ячмень, 2019, 2021	<u>3.54</u> 33		<u>5.12</u> 33	<u>45</u> 20	21	68
	1.8	Люпин + пшеница яровая, 2018, 2019	<u>3.10</u> 51	0.23	<u>5.45</u> 56	<u>49</u> 25	19	89
		Люпин + овес пленчатый, 2019, 2021	<u>2.81</u> 29		<u>5.21</u> 32	<u>47</u> 16	26	105
		Люпин + ячмень, 2019, 2021	<u>3.64</u> 36		<u>6.06</u> 22	<u>58</u> 24	28	89
0.80	1.6	Люпин + овес голозерный, 2022	<u>4.02</u> 66	0.29	<u>11.50</u> 44	<u>65</u> 29	37	306
		Люпин + ячмень	<u>4.94</u> 27		<u>7.50</u> 36	<u>44</u> 14	22	160
		Люпин + овес голозерный, 2022	<u>3.72</u> 62	0.54	<u>8.40</u> 48	<u>44</u> 18	32	189
	1.8	Люпин + овес голозерный, 2022	<u>5.03</u> 45		<u>7.20</u> 38	<u>38</u> 14	20	148
		Люпин + ячмень						
		Люпин + овес голозерный, 2022						

ростстимуляторами и антистрессантами до 2-х раз за вегетацию. Но этот вопрос требует дальнейшего изучения.

Влияние норм высева люпина в смесях на урожайность, накопление растительных остатков и возврат элементов питания в почву находилось в соответствии с их видовым составом и погодными условиями периода вегетации.

При избыточном увлажнении только люпино-овсяная смесь проявляла хорошо выраженную положительную реакцию на увеличение нормы высева люпина (от 1.6 до 1.8 млн семян/га), повышая урожайность на 9, сбор сухой массы пожнивно-корневых остатков и соломы — на 16%, а в ней — общего азота на 29, P₂O₅ и K₂O — на 18 и 21% соответственно. Но доля биологического азота в биомассе ПКО оставалась низкой (3–6 кг/га или 4–11% от общего накопления).

У смесей люпина с яровой пшеницей и с ячменем проявлялась лишь тенденция к увеличению рассмотренных показателей в отсутствие накопления N_{биол} в растительных остатках.

В условиях умеренной засухливости (ГТК = 0.86–0.92) только в смешанном посеве с участием ячменя с ростом нормы высева люпина наблюдали увеличение урожайности и сбора растительных остатков на 3 и 11%, накопления N, P₂O₅ и K₂O в ней на 29, 33 и 31% соответственно. В люпино-пшеничном и люпино-овсяном (пленчатая форма) агрофитоценозах прослежено в основном слабо выраженное отрицательное влияние, возможно связанное с усилением конкуренции компонентов за влагу: изменение урожайности на 3–5%, массы растительных остатков — на 2–11%, накопления в них P₂O₅ и K₂O — на 7–17 и –3–7% соответственно, что свидетельствовало в пользу меньшей нормы высева. Отмеченная тенденция сохранялась и в посевах, дважды обработанных в период вегетации стимулирующими препаратами. При более высокой продуктивности и накоплении растительных остатков в сравнении с необработанными посевами в вариантах с нормой высева люпина 1.6 млн семян/га в пожнивно-корневых остатках накапливалось больше элементов питания: от 8–16 до 48–62% в зависимости от показателя, особенно это было заметно в смешанном посеве люпина с голозерным овсом (табл. 5).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в условиях глобального потепления, проявляющегося в Нечерноземье через учащение чередования сухих и влажных периодов в течение одной вегетации, повышение и стабилизация урожайности зерна, поступления в почву растительных остатков может быть достигнута только путем расширения биологического разнообразия смешанных люпино-злаковых агрофитоценозов с включением в них видов и сортов яровых зерновых культур, близких бобовому компоненту по темпам развития и наступления фенологических фаз.

На среднеокультуренных дерново-подзолистых почвах с достаточной обеспеченностью подвижным фосфором (III–V класс по принятым градациям) и широким диапазоном pH зерновая продуктивность от 2.5–3.0 до 3.5–5.0 т/га и оставление в почве сухой массы послеуборочных остатков до 6–8 т/га, включая корни в слое 0–20 см, в засушливых условиях обеспечивалась посевом с нормой высева люпина 1.6 млн семян/га, зерновых — 50–60% от полной нормы высева на фоне применения Р60К80 в среднем в год без внесения минеральных азотных удобрений и при проведении 2-х листовых подкормок жидкими микроудобрениями органической природы стимулирующего характера совместно с инсекто-фунгицидной защитой растений. Это обеспечивало приход в почву азота: общего — 40–60 и биологического — 15–30 кг/га. При переувлажнении отмеченный уровень урожайности с выходом сухой массы растительных остатков 7–12 т/га создавался применением полного минерального удобрения со среднегодовыми дозами N50P60K80, что обеспечивало поступление в почву общего азота до 60–70 и биологического — только до 3–6 кг/га. В дальнейшем поиск технологических решений по улучшению условий азотфиксации и формирования продуктивности смешанных люпино-злаковых посевов в условиях водного стресса необходимо продолжать с использованием новейших отечественных и зарубежных разработок в области применения антистрессовых и ростстимулирующих препаратов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Внесение удобрений под урожай 2022 года и проведение работ по химической мелиорации земель [Электр. ресурс] // Федеральная служба Государственной статистики (РОССТАТ), Главный Межрегиональный Центр. М., 2023. 17 с. (rosstat.gov.ru>storage...Vnesen_udobren_2022.xlsx).
2. Цыганов А.Р., Персикова Т.Ф. Вклад органического вещества культур севооборота в плодородие почвы // Современные проблемы использования почв и повышения эффективности удобрений: Мат-лы Междунаро. научн.-практ. конф. (Горки, 24–26 октября 2001 г.) Горки: БГСХА, 2001. Ч. 2. С. 190–194.
3. Шрамко Н.В., Вихорева Г.В. Роль бобовых трав в изменении гумусированности дерново-подзолистых почв Верхневолжья // Зернобоб. и круп. Культуры. 2016. № 3(19). С. 125–132.
4. Замятин С.А., Измestьев В.М. Влияние культур севооборота на среднегодовое поступление растительных остатков за ротацию севооборотов // Вестн. Марий. Гос. ун-та. Сер. Сел.-хоз. науки. Эконом. науки. 2016. № 1(5). С. 18–21.
5. Трусов В.И., Гармашов В.М., Тесмина В.Е., Дьячкова Т.И., Абанина О.А., Михина Т.И., Дронова Н.В. Севооборот как средство воспроизводства возобновляемых биоресурсов органического вещества почвы // Высокоэффективные системы использования органических удобрений и возобновляемых биологических ресурсов. Сб. докл. коорд. совещ. М.: РАСХН–ВНИИОУ, 2012. С. 174–177.
6. Замятин С.А., Ефимова А.Ю., Максуткин С.А. Влияние полевых севооборотов на накопление пожнивно-корневых остатков в пахотном слое дерново-подзолистой почвы [Электр. ресурс] // Аграрн. наука Евро-Северо-Востока. 2019. № 20(6). С. 594–601. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.6.594-601>
7. Бурлака В.А. Обоснование агроинженерно-мелиоративных приемов повышения плодородия черноземов и продуктивности полевых культур: Автореф. дис. ... д-а с.-х. наук. Пенза, 2006. 48 с.
8. Новиков А.А., Кисаров О.П. Обоснование роли корневых и пожнивных остатков в агроценозах [Электр. ресурс] // Научн. журн. Куб ГАУ. 2012. № 78(04). С. 1–10. <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/36.pdf>
9. Мельникова О.В., Ториков В.Е., Москалева В.А. О значении возделывания однолетних зернобобовых культур в условиях биологизации земледелия // Вестн. Брянск. ГСХА. 2011. № 3. С. 15–19.
10. Безгодова И.Л., Коновалова Н.Ю., Прядильщикова Е.Н., Благовещенская Г.Г., Завалин А.А. Урожайность и качество зерна одновидового и смешанных посевов гороха при внесении минеральных удобрений // Достиж. науки и техн. АПК. 2016. Т. 30. № 7. С. 75–79.
11. Чадаев И.М., Гурин А.Г. Аккумуляция элементов питания зернобобовыми культурами, используемыми в качестве предшественника // Зернобоб. и круп. Культуры. 2020. № 1(33). С. 59–63. <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2020-11157>
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1973. 335 с.

13. *Федин М.А.* Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Агропромиздат, 1985. 263 с.
14. *Станков Н.З.* Корневая система полевых культур. М.: Колос, 1964. 279 с.
15. *Трепачев Е.П.* Агрохимические аспекты биологического азота в современном земледелии. М.: Агроконсалт, 1999. 532 с.
16. *Конончук В.В., Никиточкин Д.Н., Тимошенко С.М., Штырхунов В.Д., Назарова Т.О.* Влияние элементов агротехнологии возделывания люпинозлаковых смесей на азотфиксирующую способность и продуктивность в зависимости от метеорологических условий в Центральном Нечерноземье // *Зернобоб. и круп. культуры*. 2021. № 3(39). С. 107–118.

Effect of Fertilizers, Seeding Rates of the Legume Component and Weather Conditions on Yield and Accumulation of Plant Residues of Lupine-Cereal Mixtures on Grain in the Center of the Non-Chernozem Region

V. V. Kononchuk^{a, #}, S. M. Timoshenko^a, T. O. Nazarova^a, V. D. Shtyrkhunov^a, E. A. Tulinova^a,
T. V. Smolina^a, G. B. Morozova^a, E. A. Komissarova^b

^a*Federal Research Center "Nemchinovka",
ul. Agrochemikov 6, Moscow region, Odintsovo, r.p. Novoivanovskoye 143026, Russia*

^b*Russian State Agrarian Correspondence University,
Shosse Entuziastov 50, Moscow region, Balashikha 143907, Russia*

[#]*E-mail: vadimkononchuk@yandex.ru*

On medium-cultivated medium-loamy sod-podzolic soils of the Central Non-Chernozem region, well provided with mobile phosphorus and potassium (IV–V class), the cultivation of lupine–cereal mixtures for grain with the participation of narrow-leaved lupine varieties Ladny, spring wheat, barley and oats varieties of Nemchin breeding after grain precursors in a changing climate ensured grain production in an average of 5 up to 3.0–3.7 t/ha with a share of the legume component of 29–57% and the remaining dry mass of plant residues in the soil up to 6–8 t/ha with the accumulation of total nitrogen in it up to 40–60 kg/ha and biological – 12–17 kg/ha. In arid conditions (GTK = 0.80–0.92), a mixture of lupine and barley was distinguished for the better in terms of yield and weight of plant residues, and in case of waterlogging (GTK = 2.47) – mixtures with oats and spring wheat. The inclusion of liquid micronutrients of organic nature in the technological process with a stimulating effect for non-root top dressing eliminated the need for pre-sowing application of nitrogen fertilizer and, in conditions of moderate aridity, increased grain yield, depending on the composition of the mixture, to 3.9–4.9 t/ha (by 53–59%), the yield of plant residues – up to 7–11 t/ha (by 54–139%) and in them there is an accumulation of symbiotically bound nitrogen – up to 15–25 kg/ha or 5–8 times more than without their use.

Keywords: lupin, mixed crops, composition, weather, fertilizer, plant residues, biological nitrogen.