

ЛЮПИНОЗЛАКОВЫЕ СМЕСИ НА ЗЕРНО В ЦЕНТРАЛЬНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ: ПОГОДА, ЭЛЕМЕНТЫ АГРОТЕХНОЛОГИИ, ПРОДУКТИВНОСТЬ

В.В. КОНОНЧУК, доктор сельскохозяйственных наук

E-mail: vadimkononchuk@yandex.ru

С.М. ТИМОШЕНКО, Т.О. НАЗАРОВА, В.Д. ШТЫРХУНОВ, кандидаты
сельскохозяйственных наук,

Е.А. ТУЛИНОВА, кандидат биологических наук,

Д.Н. НИКИТОЧКИН, доктор сельскохозяйственных наук,

***Е.В. БЕЛЯЕВ**, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «НЕМЧИНОВКА», МОСКВА
* ООО «ЛЕБОЗОЛ ВОСТОК», МОСКВА

На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве Центра Нечерноземной зоны РФ с обеспеченностью 0-20 см слоя подвижным фосфором и калием не ниже IV-V групп по принятым градациям и r_{HCl} 4,5-6,5 смешанные посевы люпина с пленчатым овсом и яровой пшеницей максимальный сбор сырого протеина и обменной энергии 0,87 и 0,90 т/га, 63,0 и 52,5 ГДж/га, урожайность зерна 5,22 и 3,42 т/га обеспечивали в условиях избыточного увлажнения (ГТК 2,29) при норме высева люпина 1,8 млн/га в вариантах $N_{50}P_{60}K_{80}$ и $P_{60}K_{80}$ соответственно.

У смесей люпина с ячменем и голозерным овсом максимальный уровень продуктивности создавался при ГТК 0,90 в вариантах $N_{50}P_{60}K_{80}$ и $P_{60}K_{80}$ с нормами высева люпина 1,8 и 1,6 млн/га на фоне трехкратного применения жидких микроудобрений органической природы: сырой протеин – 0,94 и 1,03 т/га, обменная энергия – 61,9 и 52,4 ГДж/га, урожайность зерна – 5,16 и 4,04 т/га.

При нормальном или повышенном увлажнении (ГТК 1,39 и 1,65) все изучавшиеся смеси максимальную продуктивность создавали по фону $P_{60}K_{80}$ и нормах высева люпина 1,6-1,8 млн/га: сырой протеин – 0,68-0,80 т/га, обменная энергия – 40,6-46,8 ГДж/га, урожайность – 3,2-3,7 т/га.

Зерносмеси, на лучших по продуктивности вариантах по обеспеченности 1 кг кормовых единиц обменной энергией и сырым протеином, соответствовали 1-2 классам качества: 9,6-10,2 МДж и 125-200 г соответственно.

Ключевые слова: люпин, смешанные посевы, удобрение, нормы высева, продуктивность, дерново-подзолистая почва, погода.

Для цитирования: Конончук В.В., Тимошенко С.М., Назарова Т.О., Штырхунув В.Д., Тулинова Е.А., Никиточкин Д.Н., Беляев Е.В. Люпинозлаковые смеси на зерно в Центральном Нечерноземье: погода, элементы агротехнологии, продуктивность. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 2(46): 96-106. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-96-106

LUPINE GRAIN MIXTURES IN THE CENTRAL NON-BLACK EARTH REGION: WEATHER, AGROTECHNOLOGY ELEMENTS, PRODUCTIVITY

**V.V. Kononchuk, S.M., Tymoshenko, T.O. Nazarova, V.D. Shtyrkhunov, E.A. Tulinova,
D.N. Nikitochkin, *E.V. Belyaev**

FSBSI FEDERAL RESEARCH CENTER «NEMCHINOVKA», MOSCOW

* LLC «LEBOZOL VOSTOK», MOSCOW

Abstract: *On soddy-podzolic medium loamy soil of the Center of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation with a supply of 0-20 cm layer of mobile phosphorus and potassium not lower than IV-V groups according to accepted gradations and pHKCl 4.5-6.5, mixed crops of lupine with filmy oats and spring wheat the maximum harvest of crude protein and metabolizable energy of 0.87 and 0.90 t/ha, 63.0 and 52.5 GJ/ha, grain yields of 5.22 and 3.42 t/ha were provided under conditions of excessive moisture (HTC 2.29) at a lupine seeding rate of 1.8 million/ha in the variants N₅₀P₆₀K₈₀ and P₆₀K₈₀, respectively.*

In mixtures of lupine with barley and naked oats, the maximum level of productivity was created at HTC 0.90 in variants N₅₀P₆₀K₈₀ and P₆₀K₈₀ with lupine seeding rates of 1.8 and 1.6 million/ha against the background of three-time application of liquid microfertilizers of organic nature: crude protein - 0.94 and 1.03 t/ha, exchange energy - 61.9 and 52.4 GJ/ha, grain yield - 5.16 and 4.04 t/ha.

With normal or increased moisture (HTC 1.39 and 1.65), all the studied mixtures created the maximum productivity against the background of P₆₀K₈₀ and lupine seeding rates of 1.6-1.8 million/ha: crude protein - 0.68-0.80 t/ha, exchange energy - 40.6-46.8 GJ/ha, yield - 3.2-3.7 t/ha.

Grain mixtures, on the best productivity options in terms of providing 1 kg of feed units with exchange energy and crude protein, corresponded to quality classes 1-2: 9.6-10.2 MJ and 125-200 g, respectively.

Keywords: lupine, mixed crops, fertilizer, seeding rates, productivity, soddy-podzolic soil, weather.

Подъем молочного животноводства в областях Центрального Нечерноземья обязывает сельхозтоваропроизводителей к наращиванию объемов производства собственных сбалансированных по энергии и протеину концентрированных кормов, обеспечивающих снижение себестоимости и повышение рентабельности конечной продукции – молока и продуктов его переработки.

Традиционно для этого используются чистые и смешанные посевы гороха, семена которого наиболее доступны, а технология возделывания отработана.

На фоне климатических изменений в регионе, проявляющихся в учащении чередования сухих и влажных периодов на протяжении активной вегетации, стабильность продуктивности последних нарушается. Поэтому требуется расширение видового разнообразия кормовых агрофитоценозов за счет возделывания более устойчивых видов и сортов сельскохозяйственных культур.

Одной из них является люпин узколистный детерминантного типа (не ветвящийся), выгодно отличающийся от гороха пелюшки в 1,5 раза более высоким содержанием протеина, в 1,3 раза – жира в семенах. Низкий уровень алкалоидов (<0,07 %) позволяет использовать его измельченное зерно в качестве высокобелковой добавки в рационы кормления животных и птицы без дополнительной тепловой обработки.

Возделывание его в смешанных посевах с яровыми зерновыми культурами обеспечивает получение зерносмесей высокого качества, удовлетворяющих повышенным требованиям современного породного состава молочного стада.

Совершенствование технологии возделывания люпинозлаковых смесей в изменяющемся климате Центрального Нечерноземья предполагает выявление их реакции на основные элементы в зависимости от складывающихся гидротермических условий первой половины вегетации (2-3 пары настоящих листьев, кущение зерновых – «зеленый боб», начало налива злаков) – периода активного формирования будущего урожая.

При наличии достоверного долгосрочного прогноза погоды к началу посевной кампании знание особенностей реакции смешанных посевов на элементы агротехнологического процесса позволяет проводить своевременную корректировку последних с целью оптимизации для повышения продуктивности с одной стороны и улучшения экологических показателей производства – с другой.

Цель исследования – выявление реакции смешанных посевов люпина узколистного с яровой пшеницей, ячменем, пленчатым и голозерным овсом на применение удобрений и

нормы высева люпина по урожайности и отдельным показателям продуктивности в разных погодных условиях первой половины вегетации.

Материалы и методика исследований

Исследования по влиянию элементов агротехнологии возделывания смешанных посевов люпина (сорт Ладный) с яровой пшеницей Агата, 2019 г., Злата, 2018, 2020 гг., с ячменем Надежный, 2019 г., Московский 86, 2020-2022 гг., с овсом пленчатым (Залп, 2020, 2021 гг., Яков, 2019 г., голозерным Азиль, 2021, 2022 гг. на зерно проводили в 2018-2022 годах на опытном поле ФИЦ «Немчиновка», расположенном в Новой Москве неподалеку от аэропорта «Внуково» у населенного пункта Кривошеино.

Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая, с глубины 60-80 см подстилаемая суглинистой мореной. После уборки предшественника (яровые зерновые) в пахотном (0-20 см) слое в разные годы содержалось: P_2O_5 и K_2O (по Кирсанову) 160-350 мг/кг и 130-220 мг/кг соответственно, гумуса – от 1,4-1,5 % до 1,8-2,1 %, величины pH_{KCl} изменялись в пределах от 4,6-4,9 до 5,3-6,7ед., гидролитическая кислотность (H_g) – от 0,94-1,90 мг-экв/100г до 2,30-3,34 мг-экв/100г, что свидетельствует о средней окультуренности (табл.1).

Предшественник – яровые зерновые. Программой исследований предусматривалось изучение влияния на урожайность зерна и основные элементы продуктивности (выход кормовых единиц, сбор сырого протеина, накопление обменной энергии) двух вариантов доз и сочетания удобрений (РК и NPK) и норм высева люпина в смесях (1,4; 1,6; 1,8; 2,0 млн/га) при разных погодных условиях. В годы исследований дозы фосфора и калия варьировали в широком диапазоне: P_2O_5 – от 30 до 100 кг/га, K_2O – от 30 до 150 кг/га и в среднем за пятилетний период составляли 60 кг/га и 80 кг/га соответственно. Их внесение с осени под зябь поддерживало содержание подвижного фосфора и калия в почве в пределах V и IV-V групп обеспеченности по принятым грациям соответственно по элементам (табл. 1).

Таблица 1

Агрохимическая характеристика почвы. Слой 0-20 см

Год	Агрохимические показатели				
	pH_{KCl}	H_g , мг-экв/100 г	Гумус, %	P_2O_5	K_2O
				мг/кг	
2018	5,7-6,7	1,40-1,90	1,6-1,8	165-240	140-180
2019	5,3-6,7	0,94-2,62	1,5-1,7	160-300	130-220
2020	5,3-5,8	2,50-2,70	1,8-2,1	190-220	130-180
2021	5,2-5,6	2,30-3,50	1,4-1,5	180-220	160-200
2022	4,6-4,9	2,70-3,34	1,8-2,1	250-350	180-220

Доза азота, вносимая перед посевом, в течение всего периода исследований составляла 50 кг/га.

В настоящей работе приводятся научные данные, полученные в вариантах с нормами высева люпина 1,6 и 1,8 млн/га, проходящими через весь пятилетний цикл исследований. Нормы высева злакового компонента смесей составляли 3,6-3,8 млн/га (пшеница яровая), 3,4-3,6 (ячмень), 2,25-2,50 млн/га (овес) или 50-70% от полной.

Фосфорные и калийные удобрения вносили центробежным разбрасывателем Amazone с шириной захвата 24 м, азотные – вручную. Способ основной обработки почвы – вспашка на 20-22 см. Система защиты растений состояла из протравливания семян и обработки посевов баковой смесью пестицидов дважды за вегетацию. Из протравителей использовали Фундазол, СП (2018-2019 гг.), ТМТД, ВСК + Табу, ВСК (2020-2021 гг.), Витарос, ВСК + Табу, ВСК (2022 г.). В баковую смесь по вегетации включали фунгициды – Колосаль Про (2018-2021 гг.), Спирит, СК (2022 г.) и инсектициды – Данадим, КЭ (2018 г.), Децис Профи, КЭ (2019 г.), Борей Нео, СК (2020-2022 гг.). Гербициды в смешанных посевах не применяли.

В помощь растениям по выходу из стресса, обусловленного погодным фактором и применением пестицидов, к протравителю и в баковую смесь по вегетации в 2018-2020 годах добавляли антистрессант со стимулирующим эффектом на гуматной основе – Гумистим, Zn,

В. В 2021 году его не использовали, а в 2022 заменили на комплекс жидких микроудобрений органической природы производства ФРГ (поставщик Lebosol vostok) [1]. При этом к протравителю добавляли препараты Аминозол, на 56-58% состоящий из аминокислот и содержащий 0,25% серы и 1,28% натрия в органической форме, а также Заатгут Микс с содержанием азота, цинка, меди и марганца в нитратной форме от 2,2% до 7,8% в зависимости от элемента. В баковую смесь по вегетации к инсектицидно-фунгицидной смеси при первой обработке (3 пары настоящих листьев люпина) добавляли Лебозол-Молибден (15,6% водорастворимого Молибдена и 7,6% общего содержания натрия), а при второй обработке (появление единичных цветков люпина) – Лебозол-Бор (11% водорастворимого бора). При всех обработках в качестве прилипателя использовали Фульвитал Плюс - водорастворимый продукт переработки вермикомпоста с выраженным стимулирующим эффектом (ООО «Родагро») [2]. В день посева семена люпина обрабатывали активным штаммом N₂-фиксирующих бактерий производства ВНИИСХМ (г. Пушкин Ленинградской обл.). Общая площадь делянки первого порядка 184 м², второго – 64 м². Повторность четырехкратная. Посев проводили в лучшие агротехнические сроки сеялкой Amazone Д9, обработку посевов пестицидами по вегетации – штанговым навесным опрыскивателем Amazone с шириной захвата 12 м.

При разработке программы наблюдений, исследований, учетов и закладке полевого опыта использовали рекомендации, изложенные в руководствах: «Опытное дело в полеводстве» (Никитенко, 1982), «Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Зерновые, зернобобовые и крупяные культуры» (Федин, 1985), «Планирование полевого опыта и статистическая обработка его данных» (Доспехов, 1985), «Методические указания по оценке качества и питательности новых видов кормов» (Сычев, Лепешкин, 2009). Агрохимические анализы почвы и растений выполняли в сертифицированной лаборатории массовых анализов института по методикам и ГОСТам, принятым в Агрохимической Службе.

Метеорологические условия первой половины активной вегетации люпинозлаковых смесей, когда происходит закладка и формирование будущего урожая (2-3 пары настоящих листьев люпина, кущение зерновых – «зеленый боб», начало налива соответственно), отличались широким разнообразием (табл. 2).

Таблица 2

Гидротермический коэффициент за первую половину вегетационного периода люпинозлаковых смесей. 2018-2022 гг.

Год	2018	2019	2020	2021	2022
ГТК	1,65	1,39	2,29	0,69	0,90
Средний многолетний 1,47					

Величины гидротермического коэффициента (ГТК) варьировали в пределах 0,69-2,29. Низкой влагообеспеченностью посевов характеризовался отмеченный временной интервал в 2021 году (ГТК 0,69), умеренной засушливостью (ГТК 0,90) в 2022 году. В 2018-2020 годах наблюдалось постепенное нарастание уровня увлажнения по ГТК от 1,39-1,65 (умеренный) до 2,29 (избыточный) при средней многолетней величине 1,47, что не могло не сказаться на эффективности изучаемых агроприемов, урожайности зерна и показателях продуктивности.

Результаты и обсуждение

В годы исследований, в соответствии с изменениями погодного фактора и элементов агротехнологии, урожайность зерна рассматриваемых люпинозлаковых смесей варьировала в пределах 1,72-5,22 т/га, выход кормовых единиц – от 2,1 до 6,4 тыс., сбор сырого протеина – от 0,28 т/га до 1,06 т/га, накопление обменной энергии – от 20,7 ГДж/га до 63,0 ГДж/га (табл. 3).

Таблица 3

Влияние удобрений и норм высева люпина в смешанных посевах на урожайность зерна и продуктивность при разных погодных условиях. 2018-2022 гг.

Показатели	Удобрение, кг/га, Фактор А	Норма высева люпина в смесях, млн/га, Фактор В	Состав смесей*											
			Люпин+пшеница яровая			Люпин+ячмень				Люпин+овес пленчатый			Люпин+овес голозерный	
			ГТК за первую декаду июня-вторую декаду июля											
			1,39	1,65	2,29	0,69	0,90	1,39	2,29	0,69	1,39	2,29	0,69	0,90
			2019	2018	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2022
Урожайность, т/га	P ₆₀ K ₈₀	1,6	<u>2,93</u> 48	<u>3,13</u> 60	<u>3,21</u> 62	<u>3,25</u> 40	<u>4,94</u> 43	<u>3,28</u> 42	<u>2,36</u> 52	<u>1,72</u> 46	<u>3,67</u> 23	<u>4,00</u> 44	<u>2,38</u> 60	<u>4,04</u> 65
		1,8	<u>3,27</u> 54	<u>3,17</u> 61	<u>3,42</u> 46	<u>3,19</u> 43	<u>4,90</u> 49	<u>3,68</u> 44	<u>2,36</u> 32	<u>1,82</u> 43	<u>3,62</u> 25	<u>4,33</u> 21	<u>2,52</u> 63	<u>3,74</u> 62
	N ₅₀ P ₆₀ K ₈₀	1,6	<u>2,74</u> 37	<u>3,00</u> 52	<u>4,50</u> 14	<u>4,38</u> 24	<u>4,95</u> 11	<u>3,26</u> 27	<u>2,97</u> 38	<u>2,80</u> 42	<u>3,36</u> 14	<u>4,78</u> 12	<u>2,58</u> 41	<u>4,01</u> 68
		1,8	<u>3,08</u> 36	<u>2,86</u> 53	<u>4,43</u> 15	<u>4,34</u> 31	<u>5,16</u> 41	<u>3,36</u> 24	<u>3,00</u> 25	<u>2,50</u> 34	<u>3,30</u> 14	<u>5,22</u> 34	<u>2,70</u> 49	<u>3,71</u> 62
НСР _{0,5} , т/га	А=		0,19	0,26	0,36	0,24	0,39	0,35	0,30	0,21	0,25	0,43	0,22	0,32
	В=		0,19	0,32	0,44	0,29	0,35	0,29	0,36	0,26	0,20	0,52	0,27	0,38
	АВ=		0,26	0,50	0,62	0,42	0,55	0,50	0,51	0,37	0,36	0,74	0,38	0,54
Выход кормовых единиц, тыс.	P ₆₀ K ₈₀	1,6	3,8	4,1	4,2	3,9	5,8	4,1	3,0	2,1	4,6	5,0	3,0	5,2
		1,8	4,2	4,1	4,5	3,8	6,0	4,6	2,9	2,2	4,5	5,2	3,5	4,8
	N ₅₀ P ₆₀ K ₈₀	1,6	3,5	3,9	5,4	5,2	5,8	4,0	3,8	3,4	4,1	5,9	3,2	5,2
		1,8	4,0	3,7	5,4	5,2	6,4	4,2	3,7	3,0	4,1	6,4	3,4	4,8
Сбор сырого протеина, т/га	P ₆₀ K ₈₀	1,6	0,66	0,78	0,84	0,50	0,69	0,64	0,56	0,28	0,68	0,79	0,50	1,03
		1,8	0,77	0,80	0,90	0,50	0,84	0,75	0,44	0,28	0,68	0,68	0,54	0,85
	N ₅₀ P ₆₀ K ₈₀	1,6	0,62	0,74	0,68	0,65	0,67	0,56	0,65	0,44	0,58	0,84	0,51	1,06
		1,8	0,69	0,75	0,71	0,64	0,94	0,61	0,53	0,37	0,59	0,87	0,52	0,87
Накопление обменной энергии, ГДж/га	P ₆₀ K ₈₀	1,6	37,6	40,2	40,5	38,5	59,8	45,1	29,8	20,7	46,2	49,4	30,2	52,4
		1,8	42,2	40,7	43,4	37,6	61,2	46,8	29,0	21,7	45,7	52,3	35,4	48,1
	N ₅₀ P ₆₀ K ₈₀	1,6	35,2	38,7	53,8	52,5	60,0	40,8	37,1	34,1	41,9	58,1	32,0	52,2
		1,8	37,0	37,0	53,4	51,8	61,9	42,2	36,7	30,3	41,4	63,0	33,5	47,8

*Примечание – в знаменателе доля бобового компонента, %, тоже и в табл. 5-6

В целом, состав смесей не оказывал влияния на урожайность зерна и другие показатели продуктивности, величины которых изменялись в близких пределах. Небольшим преимуществом по урожайности, выходу кормовых единиц и накоплению обменной энергии выделялся смешанный посев люпина с ячменем (+8-16%) в зависимости от показателя. По сбору сырого протеина он на 0,1 т/га (13%), уступал посевам с участием яровой пшеницы и голозерного овса, где этот показатель находился в максимуме, равном 0,74 т/га (табл. 4).

Таблица 4

**Влияние состава смесей на урожайность зерна и продуктивность.
В среднем по факторам, кроме изучаемого. Среднее за 2018-2022 гг.**

Показатели	Состав смесей			
	Люпин+ пшеница яровая	Люпин+ ячмень	Люпин+овес	
			пленчатый	голозерный
Урожайность, т/га	3,31	3,71	3,43	3,21
Выход кормовых единиц, тыс.	4,23	4,52	4,21	4,14
Сбор сырого протеина, т/га	0,74	0,64	0,59	0,74
Накопление обменной энергии, ГДж/га	41,6	45,7	42,1	41,4

Смеси люпина с ячменем и с пленчатым овсом оказались наиболее сбалансированными по энергопротеиновому соотношению. У них на одну кормовую единицу приходилось 140-142 г сырого протеина и 10,0-10,1 МДж обменной энергии, в то время, как у смесей с участием яровой пшеницы и голозерного овса обеспеченность протеином была на 23-28% выше при меньших величинах обменной энергии (9,8-10,0 МДж/кг).

Изучаемые смешанные посевы по-разному реагировали на повышение влагообеспеченности на начальном этапе формирования урожая. Так, смеси с участием люпина с яровой пшеницей и пленчатым овсом в интервале ГТК 0,69-2,29 постепенно увеличивали урожайность зерна с 2,21-3,00 т/га до 3,49-4,58 т/га, главным образом – за счет роста злакового компонента в конечной зерносмеси, с 56-59% до 72-81%. Изменение показателей продуктивности носило аналогичный характер. Максимум у них отмечался при ГТК 2,29 – урожайность 3,89 и 4,58 т/га, сбор протеина 0,78 и 0,80 т/га, накопление обменной энергии – 47,8 и 55,7 ГДж/га.

Для смеси люпина с ячменем наиболее благоприятные условия формирования урожайности и отдельных показателей продуктивности наблюдались при относительной засушливости (ГТК 0,68). Урожайность зерна, накопление протеина и обменной энергии в ней при этом достигали соответственно 3,79 т/га, 0,57 т/га и 45,1 ГДж/га. Повышение влагообеспеченности посева по ГТК до 1,39-2,29 приводило к уменьшению урожайности на 10-30%, накопления энергии – на 5-26%, однако, максимальный сбор сырого протеина у этой смеси обеспечивался в условиях увлажнения, близких к норме (ГТК 1,39) – 0,64 т/га, что было на 12% выше в сравнении с аналогичной величиной, полученной в засушливых условиях (табл.5).

Научные материалы данного исследования показывают, что при отсутствии надежного прогноза погоды на период от посева до уборки сельскохозяйственных культур, для гарантированного получения запланированной продуктивности люпинозлаковых смесей на зерно их необходимо возделывать в расширенном составе с использованием злакового компонента, характеризующегося разной реакцией на изменение метеорологического фактора.

Повышению устойчивости смешанного агрофитоценоза к изменениям гидротермических условий произрастания, использованию пестицидов способствует обработка семенного материала и вегетирующих растений водорастворимыми

микроудобрениями различной природы со стимулирующим и антистрессовым эффектом, а также предпосевное внесение небольших (30-45 кг/га) «стартовых» доз азота [3-7].

Так, в условиях умеренной засушливости первой половины вегетационного периода 2022 года (ГТК 0,90) трехкратное применение комплекса микроудобрений органической природы производства ФРГ (ООО «Лебозол восток») способствовало получению максимальной за весь период исследования урожайности зерна смеси люпина с ячменем, в среднем равной 4,98 т/га, люпина с голозерным овсом – 3,88 т/га с долей бобового компонента 36 и 54% соответственно. При этом накопление протеина и энергии в урожае достигало 0,78 т/га и 61,5 ГДж/га, 0,95 т/га и 50,1 ГДж/га. Полученные величины на 31% и 53%, 37% и 83 %, 36% и 53% превышали размеры аналогичных показателей, полученных в сходных погодных условиях 2021 года по тем же пестицидам, но без обработки микроэлементами (табл. 5).

Таблица 5

**Урожайность зерна и продуктивность люпинозлаковых смесей при разных погодных условиях первой половины вегетационного периода
В среднем по факторам, кроме изучаемого**

ГТК	Год	Состав смеси	Показатели			
			урожайность, т/га	кормовые единицы, тыс.	сбор протеина, т/га	накопление обменной энергии, ГДж/га
1,39	2019	Люпин+пшеница яровая	$\frac{3,00}{44}$	3,9	0,68	38,0
		Люпин+ячмень	$\frac{3,40}{34}$	4,2	0,64	42,8
		Люпин+овес пленчатый	$\frac{3,49}{19}$	4,3	0,63	43,8
1,65	2018	Люпин+пшеница яровая	$\frac{3,04}{56}$	4,0	0,77	39,2
2,29	2020	Люпин+пшеница яровая	$\frac{3,89}{34}$	4,9	0,78	47,8
		Люпин+ячмень	$\frac{2,67}{38}$	3,4	0,54	33,2
		Люпин+овес пленчатый	$\frac{4,58}{28}$	5,6	0,80	55,7
0,69	2021	Люпин+ячмень	$\frac{3,79}{34}$	4,5	0,57	45,1
		Люпин+овес пленчатый	$\frac{2,21}{41}$	2,7	0,34	26,7
		Люпин+овес голозерный	$\frac{2,54}{53}$	3,3	0,52	32,8
0,90	2022	Люпин+ячмень	$\frac{4,98}{36}$	6,0	0,78	61,5
		Люпин+овес голозерный	$\frac{3,88}{54}$	5,0	0,95	50,1

Степень воздействия предпосевного внесения азота на урожайность зерна и продуктивность люпинозлаковых смесей в годы исследований определялись как их составом, так и погодными условиями в первую половину вегетации (табл. 6).

Таблица 6

Влияние азотного удобрения на урожайность зерна и продуктивность люпинозлаковых смесей при разных метеорологических условиях. В среднем по факторам, кроме изучаемого

Состав смеси	ГТК	Год	Урожайность, т/га		Кормовые единицы, тыс.		Сбор сырого протеина, т/га		Накопление обменной энергии, ГДж/га	
			P ₆₀ K ₈₀	N ₅₀ P ₆₀ K ₈₀	P ₆₀ K ₈₀	N ₅₀ P ₆₀ K ₈₀	P ₆₀ K ₈₀	N ₅₀ P ₆₀ K ₈₀	P ₆₀ K ₈₀	N ₅₀ P ₆₀ K ₈₀
Люпин+пшеница яровая	1,39	2019	$\frac{3,12}{51}$	$\frac{2,92}{36}$	4,05	3,75	0,75	0,70	40,2	37,8
	1,65	2018	$\frac{3,15}{60}$	$\frac{2,93}{52}$	4,10	3,82	0,79	0,74	40,4	37,8
	2,29	2020	$\frac{3,32}{54}$	$\frac{4,46}{14}$	4,35	5,40	0,87	0,70	42,0	53,6
Люпин+овес пленчатый	0,69	2021	$\frac{1,77}{44}$	$\frac{2,65}{38}$	2,15	3,20	0,28	0,40	21,2	32,2
	1,39	2019	$\frac{3,64}{34}$	$\frac{3,33}{14}$	4,55	4,10	0,68	0,58	46,0	41,6
	2,29	2020	$\frac{4,16}{32}$	$\frac{5,00}{23}$	5,10	6,15	0,74	0,86	50,8	60,6
Люпин+ячмень	0,69	2021	$\frac{3,22}{42}$	$\frac{4,36}{28}$	3,85	5,20	0,50	0,64	38,0	52,2
	0,90	2022*	$\frac{4,92}{46}$	$\frac{5,06}{28}$	5,90	6,10	0,76	0,80	60,5	61,0
	1,39	2019	$\frac{3,48}{43}$	$\frac{3,31}{26}$	4,40	4,10	0,70	0,58	46,0	41,5
	2,29	2020	$\frac{2,36}{42}$	$\frac{2,99}{32}$	2,95	3,75	0,50	0,59	29,4	36,9
Люпин+овес голозерный	0,69	2021	$\frac{2,45}{62}$	$\frac{2,64}{45}$	3,12	3,32	0,52	0,52	32,8	32,8
	0,90	2022*	$\frac{3,89}{64}$	$\frac{3,86}{44}$	5,03	5,01	0,94	0,96	50,2	50,0

*Примечание – при трехкратной обработке комплексом жидких микроудобрений (протравливание + дважды по вегетации)

Таблица 7

Влияние норм высева люпина в смешанных посевах на урожайность зерна и продуктивность при разных гидротермических условиях. В среднем по факторам, кроме изучаемого

ГТК	Год	Состав смеси	Норма высева люпина, млн/га							
			1,6				1,8			
			урожайность, т/га	кормовые единицы, тыс.	сбор сырого протеина, т/га	накопление обменной энергии, ГДж/га	урожайность, т/га	кормовые единицы, тыс.	сбор сырого протеина, т/га	накопление обменной энергии, ГДж/га
1,39	2019	Люпин+пшеница яровая	<u>2,84</u> 42	3,6	0,64	36,4	<u>3,18</u> 45	4,1	0,73	39,6
		Люпин+ ячмень	<u>3,27</u> 34	4,0	0,60	43,0	<u>3,52</u> 34	4,4	0,68	44,5
		Люпин+овес пленчатый	<u>3,52</u> 18	4,4	0,63	44,0	<u>3,46</u> 20	4,3	0,64	43,6
1,65	2018	Люпин+пшеница яровая	<u>3,06</u> 56	4,0	0,76	39,4	<u>3,02</u> 57	3,9	0,78	38,8
2,29	2020	Люпин+пшеница яровая	<u>3,86</u> 38	4,8	0,76	47,2	<u>3,92</u> 30	5,0	0,80	48,4
		Люпин+ ячмень	<u>2,66</u> 45	3,4	0,60	33,4	<u>2,68</u> 28	3,3	0,48	32,8
		Люпин+овес пленчатый	<u>4,39</u> 28	5,4	0,82	53,8	<u>4,78</u> 28	5,8	0,78	57,6
0,69	2021	Люпин+ ячмень	<u>3,82</u> 32	4,6	0,58	45,5	<u>3,76</u> 37	4,5	0,57	44,7
		Люпин+овес пленчатый	<u>2,26</u> 44	2,8	0,36	27,4	<u>2,16</u> 38	2,6	0,32	26,0
		Люпин+овес голозерный	<u>2,48</u> 50	3,1	0,51	31,1	<u>2,61</u> 56	3,4	0,53	34,4

Люпинопшеничная смесь при увлажнении, близком к норме или повышенном (ГТК 1,39 и 1,65) под его влиянием проявляла тенденцию к снижению рассматриваемых показателей (- 6-7%), а в условиях избыточного (ГТК 2,29) – к повышению урожайности зерна на 34%, выхода кормовых единиц и накопления обменной энергии на 24 и 28% за счет резкого увеличения доли пшеницы в конечной зерносмеси с 46% до 86%, но снижала накопление сырого протеина с 0,87 т/га до 0,70 т/га (- 20%).

Аналогичная тенденция отмечалась и при выращивании смесей люпина с пленчатой формой овса и с ячменем. В условиях увлажнения, близких к норме, предпосевное внесение 50 кг/га азота приводило к снижению урожайности зерна на 8% и 5%, выхода кормовых единиц на 10% и 7%, накопления протеина и энергии соответственно на 17%, 15% и 10% за счет уменьшения доли люпина в конечной продукции на 17-20%. При экстремальном увлажнении (ГТК 0,69 и 2,29) азот удобрений обеспечивал заметное повышение их урожайности (+ 20-50%), других показателей продуктивности – на 20-52% к фону РК, несмотря на уменьшение доли люпина в урожае на 6-14% (табл. 6).

При трехкратной обработке смешанных посевов с участием ячменя и голозерного овса комплексом жидких микроудобрений ростостимулирующего и антистрессового характера в условиях умеренной засушливости (ГТК 0,90, 2022 г.) наблюдалось отсутствие достоверного влияния азота удобрений на урожайность зерна и показатели продуктивности ($\pm 0-5\%$), а их величины на фоне РК достигали максимальных значений, равных соответственно 4,92 и 3,89 т/га, 5,90 и 5,03 тыс., 0,76 и 0,94 т/га, 61,0 и 50,0 ГДж/га (табл. 6).

Тем не менее, несмотря на установленную высокую эффективность использования жидких микроудобрений при выращивании смешанных люпинозлаковых посевов на зерно, для успешного внедрения их в технологический процесс необходимо дальнейшее изучение влияния этих агрохимикатов на продуктивность в иных гидротермических условиях.

В годы исследований повышение нормы высева люпина в рассматриваемых смешанных посевах от 1,6 до 1,8 млн/га в большинстве случаев не имело преимущества перед меньшим значением. В тоже время, смеси люпина с яровой пшеницей и с ячменем в условиях увлажнения, близких к норме (ГТК 1,39), а смесь люпина с пленчатым овсом при избыточном увлажнении (ГТК 2,29) достоверно повышали урожайность зерна и другие показатели продуктивности на 7-14% с ростом нормы высева люпина в смесях до 1,8 млн/га (табл. 7). Поэтому в условиях производства для гарантированного получения заданной продуктивности необходимо в смесях использовать обе нормы высева люпина.

Заключение

В условиях глобальных климатических изменений, проявляющихся в Центральном Нечерноземье через учащение сухих и влажных периодов в течение активной вегетации, повышение и стабилизация зерновой продуктивности однолетних бобовозлаковых смесей обеспечивается расширением биологического разнообразия их видового состава за счет использования в производстве, кроме гороха, вики, традиционного овса, также и люпина узколистного детерминантного типа, голозерного овса, яровой пшеницы и ячменя.

На хорошо обеспеченных фосфором и калием дерново-подзолистых почвах со слабо- или среднекислой реакцией среды стабильно высокая продуктивность люпинозлаковых смесей на зерно – порядка 4,0-6,5 тыс. кормовых единиц – в условиях изменяющегося климата может быть обеспечена применением систем удобрения как без внесения азотных удобрений, так и с их внесением, но только с обязательным учетом данных долгосрочного прогноза погоды на весь период вегетации.

При нормальном или повышенном увлажнении (ГТК 1,39 и 1,65) урожайность зерна и величины продуктивности максимального уровня люпинозлаковых смесей с участием яровой пшеницы, ячменя и пленчатого овса в пределах 3,1-3,7 т/га с долей люпина до 60%, 0,68-0,78 т/га (сырой протеин), 40-47 ГДж/га (обменная энергия) обеспечивались без дополнительного внесения азота удобрений по фону $P_{60}K_{80}$ при нормах высева люпина 1,6-1,8 млн/га.

В условиях экстремального увлажнения (ГТК 0,69 – засуха и 2,29 – переувлажнение) для формирования зерновой продуктивности зерносмесей максимального уровня по урожайности 4,4-5,2 т/га, сбору протеина 0,65-0,90 т/га, накоплению обменной энергии 43-63 ГДж/га их необходимо высевать с нормами посева люпина 1,6-1,8 млн/га, злакового компонента – 50-70% от полной нормы, по фону полного минерального удобрения с предпосевным внесением азота не более 50 кг/га.

Заменой азота удобрений, негативно влияющего на процесс азотфиксации смешанного люпинозлакового агроценоза в аномальных условиях увлажнения, может служить использование жидких микроудобрений органической природы с ростостимулирующим эффектом для обработки семян перед посевом и «по листу» в течение вегетации, обеспечивших при недостатке влаги (ГТК 0,90) выход кормовых единиц смеси люпина с овсом выше 5 тыс., сбор сырого протеина 0,94 т/га и накопление обменной энергии 50,2 ГДж/га по фону $P_{60}K_{80}$.

Работа выполнена в рамках проведения научно-исследовательских работ в соответствии с Соглашением о консорциуме № 075-15-2020-805 от 02 октября 2020 г., образованным для выполнения крупного научного проекта Минобрнауки России «Актуальные научные задачи стратегии адаптации потенциала землепользования России в современных условиях беспрецедентных вызовов (экономический кризис, изменения климата, кризис глобальных тенденций природопользования)».

Литература

1. ООО «Родагро». Органоминеральные удобрения на основе фульвовых кислот. <http://rodagro.ru>
2. ООО «Лебозол Восток». Информация о продуктах <http://лебозол-восток.рф>.
3. Яговенко Г.Л., Яговенко Т.В., Торихина Л.В., Грибушенкова Н.В. Влияние регулятора роста «Циркон» и микроудобрения Аква-микст СТ на элементы продуктивного процесса люпина узколистного // Кормопроизводство. – 2021. – № 8. – С. 32-37.
4. Персикова Т.Ф., Радкевич М.Л. Влияние микроэлементов, регуляторов роста растений и бактериальных удобрений на показатели структуры урожайности люпина узколистного // Вестник БСХА. – 2017. – № 2. – С. 37-40.
5. Радкевич М.А. Влияние макро-микроудобрений, регуляторов роста растений и бактериальных удобрений на урожайность и качество семян люпина узколистного // Земледелие и растениеводство. – 2020. – № 5 (132). – С. 31-35. Республика Беларусь.
6. Милащенко Н.З. (ред.) Расширенное воспроизводство плодородия почв в интенсивном земледелии Нечерноземья. МПК «Южный Урал» Оренбург. – 1993. – 864 с.
7. Дебелый Г.А. Зернобобовые культуры в Нечерноземной зоне РФ/ Глава 2.4. Значение зернобобовых культур в земледелии. Москва. Немчиновка. Изд-во. Россельхозакадемии. – 2009. – С. 34-40.

References

1. Rodagro LLC. Organomineral'nye udobreniya na osnove ful'vovykh kislot [Organo-mineral fertilizers based on fulvic acids]. <http://rodagro.ru>
2. Lebozol Vostok LLC. Informatsiya o produktakh [Information about products] <http://lebozol-vostok.rf>.
3. Yagovenko G.L., Yagovenko T.V., Torikhina L.V., Gribushenkova N.V. Vliyanie regulyatora rosta «Tsirkon» i mikroudobreniya «Akva-mikst ST» na elementy produktivnogo protsesssa lyupina uzkolistnogo [Influence of growth regulator "Zircon" and microfertilizer "Aqua-mixt ST" on the elements of the productive process of narrow-leaved lupine]. *Kormoproizvodstvo*. 2021, no.8, pp. 32-37. (In Russian)
4. Persikova T.F., Radkevich M.L. Vliyanie mikroelementov, regulyatorov rosta rastenii i bakterial'nykh udobrenii na pokazateli struktury urozhainosti lyupina uzkolistnogo [Influence of microelements, plant growth regulators and bacterial fertilizers on the indicators of the yield structure of narrow-leaved lupine]. *Vestnik BSHA*. 2017, no. 2, pp. 37-40. (In Russian)
5. Radkevich M.A. Vliyanie makro-mikroudobrenii, regulyatorov rosta rastenii i bakterial'nykh udobrenii na urozhainost' i kachestvo semyan lyupina uzkolistnogo [Influence of macro-microfertilizers, plant growth regulators and bacterial fertilizers on the yield and quality of narrow-leaved lupine seeds]. *Agriculture and plant breeding*, 2020, no. 5 (132), pp. 31-35. Republic of Belarus. (In Russian)
6. Milashchenko N.Z. (ed.) Rasshirennoe vosproizvodstvo plodorodiya pochv v intensivnom zemledelii Nечernozem'ya [Extended reproduction of soil fertility in intensive agriculture of the Non-Chernozem region]. МПК "Southern Ural" Orenburg. 1993, 864 p. (In Russian)
7. Debely G.A. Zernobobovye kul'tury v Nечernozemnoi zone RF. Glava 2.4. Znachenie zernobobovykh kul'tur v zemledelii [Leguminous crops in the Nonchernozem zone of the Russian Federation. Chapter 2.4. The value of leguminous crops in agriculture]. Moscow. Nemchinovka. Russian Agricultural Academy Publ., 2009, pp. 34-40. (In Russian)