

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ И НОРМ ВЫСЕВА ЛЮПИНА В СМЕСИ С РАЗНЫМИ ФОРМАМИ ОВСА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА ЗЕРНО В ИЗМЕНЯЮЩЕМСЯ КЛИМАТЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

В.В. КОНОНЧУК, доктор сельскохозяйственных наук

E-mail: vadimkononchuk@yandex.ru

С.М. ТИМОШЕНКО, В.Д. ШТЫРХУНОВ, Т.О. НАЗАРОВА, Е.А. ТУЛИНОВА,

кандидаты сельскохозяйственных наук

В.Ф. КИРДИН, доктор сельскохозяйственных наук

Г.Б. МОРОЗОВА, Т.В. СМОЛИНА, научные сотрудники

ФГБНУ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «НЕМЧИНОВКА»

На среднекультуренной дерново-подзолистой почве Центра Нечерноземной зоны России в достаточной степени обеспеченной элементами питания наиболее высокая продуктивность люпино-овсяной смеси на зерно с участием как пленчатой, так и голозерной формы злакового компонента создавалась в условиях нормального или даже избыточного увлажнения при посеве нормой высева люпина в смеси 1,6 млн/га по фону $P_{60}K_{60}$ и $N_{50}P_{60}K_{60}$ соответственно.

Урожайность зерна при этом составляла 4,8-5,0 т/га, накопление сырого протеина и обменной энергии 0,9-1,3 т/га, 61-63 ГДж/га. Ухудшение условий увлажнения в сторону засушливости снижало величины рассматриваемых показателей в среднем на 30-35% или до 2,6-36,5 т/га, 0,3-0,5 т/га и 32-46 ГДж/га соответственно.

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

Для цитирования: Конончук В.В., Тимошенко С.М., Штырхунув В.Д., Назарова Т.О., Тулинова Е.А., Кирдин В.Ф., Морозова Г.Б., Смолина Т.В. Оптимизация системы удобрения и норм высева люпина в смеси с разными формами овса при выращивании на зерно в изменяющемся климате Центрального Нечерноземья. Зернобобовые и крупяные культуры. 2024; 4(52):197-204. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-4-197-204

OPTIMIZATION OF THE FERTILIZER SYSTEM AND SEEDING RATES OF LUPIN MIXED WITH DIFFERENT FORMS OF OATS WHEN GROWN FOR GRAIN IN THE CHANGING CLIMATE OF THE CENTRAL NON-CHERNOZEM REGION

V.V. Kononchuk, S.M. Timoshenko, V.D. Shtyrkhunov, T.O. Nazarova, E.A. Tulinova, V.F. Kirdin, G.B. Morozova, T.V. Smolina

FSBSI FEDERAL RESEARCH CENTER «NEMCHINOVKA»

Abstract: *On the medium-cultivated sod-podzolic soil of the Center of the Non-Chernozem zone of Russia, sufficiently provided with nutrients, the highest productivity of the lupine-oat mixture for grain with the participation of both the filmy and naked forms of the cereal component was created under conditions of normal or even excessive moisture during sowing by the lupine seeding rate in a mixture of 1.6 million/ha according to the background $P_{60}K_{60}$ and $N_{50}P_{60}K_{60}$ accordingly.*

Grain yield was 4.8-5.0 t/ha, accumulation of crude protein and metabolic energy 0.9-1.3 t/ha, 61-63 GJ/ha. The deterioration of humidification conditions towards aridity reduced the values of

the considered indicators by an average of 30-35% or up to 2.6-36.5 t/ha, 0.3-0.5 t/ha and 32-46 GJ/ha, respectively.

Keywords: narrow-leaved lupine, mixed crops, yield, quality, weather, sod-podzolic soil, fertilizer, seeding rates.

Введение

Глобальные климатические изменения в Центре Нечерноземной зоны Российской Федерации в настоящее время проявляются через запоздание и непредсказуемость осадков, в волнах тепла, засухах разной продолжительности. Зимой наблюдается снижение сильных волн холода и больше оттепелей, летом – больше волн тепла, интенсивнее ливни, чаще чередуются периоды засушливости и высокого увлажнения на протяжении одной весенне-летней вегетации сельскохозяйственных культур [1]. Все это отрицательно сказывается на растениеводстве региона в целом и на продуктивности полевого кормопроизводства в частности.

Для стабилизации на более высоком уровне объемов производства собственных концентрированных кормов, сбалансированных по протеину и энергии, в изменяющемся климате необходимо не только расширение видового разнообразия с включением культур с разной реакцией на метеорологические условия в течение вегетации, но и совершенствование таких элементов агротехнологии, как норма высева компонентов в смешанных бобово-злаковых посевах и система удобрения, особенно с учетом реакции на минеральный азот.

Цель исследования – изучение влияния удобрений и разных норм высева бобового компонента на зерновую продуктивность люпино-овсяной смеси с участием пленчатой и голозерной формы злакового компонента в изменяющемся климате Центрального Нечерноземья.

Материалы и методы исследований

Исследования по изучению эффективности удобрений и норм высева люпина узколистного на зерновую продуктивность в смеси с разными формами овса изучали в 2019-2023 гг. в серии комплексных краткосрочных полевых опытов на опытном поле ФИЦ «Немчиновка», неподалеку от аэропорта «Внуково».

Почва – дерново-подзолистая среднесуглинистая, с глубины 60 см подстилаемая суглинистой мореной. Весной в начале вегетации (1-2 пары настоящих листьев люпина, начало кущения овса), в пахотном (0-20 см) слое в разные годы содержалось: гумуса 1,5-2,1%, P₂O₅ и K₂O в 0,2н НСl – вытяжке (по Кирсанову) 160-350 мг/кг и 130-220 мг/кг соответственно, рН_{КСl} 4,5-6,7, Нг 0,94-3,50 мг-экв/100 г с подкислением от начала к концу исследований, которое не оказывало влияния на урожайность зерна и его качество (табл. 1).

Таблица 1

Агрохимическая характеристика почвы. Слой 0-20 см

Год	Показатели				
	Гумус, %	рН _{КСl}	Нг, мг-экв/100 г	P ₂ O ₅	K ₂ O
				(по Кирсанову, мг/кг)	
2019	1,5-1,7	5,3-6,7	0,94-2,62	160-300	130-220
2020	1,8-2,1	5,3-5,8	2,50-2,70	190-220	130-180
2021	1,6-1,8	5,2-5,6	2,30-3,50	180-220	160-200
2022	1,8-2,1	4,6-4,9	2,70-3,34	250-350	180-220
2023	1,6-1,9	4,7-5,6	1,51-2,87	150-240	120-180

Методом расщепленной делянки в опыте изучали эффективность двух вариантов удобрения P₆₀K₆₀ и N₅₀P₆₀K₆₀ (фактор А), на которые накладывали два варианта с нормами высева люпина 1,6 и 1,8 млн/га (фактор В) в чистом и смешанном яровыми зерновыми посевах, представленными яровой пшеницей, ячменем и овсом пленчатой и голозерной форм, которые высевали также и в чистом посеве для изучения азотфиксирующей способности люпина. Повторность четырехкратная, общая площадь делянки первого порядка 192 м², второго – 96 м².

Предшественник – яровые зерновые, сорта люпина узколистного детерминантного типа – Ладный (2019-2022 гг.) и Деко 2 (2023 г.), сорта пленчатого овса – Яков (2019-2020 гг.), Залп (2021 г.), голозерного – Азиль (2021-2023 гг.). Полная норма высева овса в чистом посеве – 4,5 млн/га, половинная (в смеси) – 2,25 млн/га.

Агротехника общепринятая, кроме изучаемых элементов, включала лущение стерни предшественника, внесение фосфорно-калийных удобрений (аммофос 8:52 + бесхлорное калийное удобрение, 56% K₂O, 2019-2020 гг., РК(S) 20:20(2) ООО «ФосАгро», 2021-2023гг.) фоном, разбрасывателем центробежного типа Amazone ZA-M, культурную вспашку с полным оборотом пласта на 20-22 см. Весной, по мере созревания почвы, поле бороновали с целью сокращения испарения влаги и выравнивания поверхности, затем культивировали на 8-12 см поперек вспашки, вносили аммиачную селитру (34,4% N) вручную, проводили предпосевную культивацию комплексным агрегатом типа РВК на глубину заделки семян и посев в лучшие агротехнические сроки (25 апреля – 6 мая) на глубину 3-4 см (Amazone D9). В комплекс защиты растений люпино-злаковых смесей, в том числе и смеси люпина с овсом, входило протравливание семян обоих компонентов с использованием протравителей ООО «Август» и добавлением биостимуляторов растительного и животного происхождения (Биостим Старт (2019-2020 гг.) и Аминозол (2022-2023 гг.) производства АО «Щелково Агрохим» и Lebosol GMBH (Германия), прилипатель – Фульвитал Плюс (ООО «Родагро») [2-4]. В 2021 году при протравливании семян и по вегетации биостимуляторы не применяли.

В день посева семена люпина обрабатывали активным штаммом N₂-фиксирующих бактерий (ВНИИСХМ, г. Пушкин, Ленинградской обл.). Этот прием абсолютно необходим при посеве зернобобовых культур на полях, где они не возделывались в последние 3-5 лет, вследствие отсутствия в почве соответствующих штаммов микроорганизмов.

По вегетации посев дважды обрабатывали баковой смесью пестицидов (инсектицид + фунгицид с добавлением указанных стимулирующих биологически активных препаратов (2-3 пары настоящих листьев люпина – кущение-начало трубкования овса и в начале цветения люпина) тех же производителей. Внесение пестицидов производили навесным тракторным опрыскивателем Amazone с шириной захвата 12 м. Учет урожая сплошной поделяночный селекционным комбайном Wintersteiger в фазе полной спелости зерна обоих компонентов (17-23 августа).

При закладке полевых опытов, проведении учетов и наблюдений использовали рекомендации, изложенные в руководствах: «Опытное дело в полеводстве» (Никитенко, 1982), «Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (Федин, 1985), «Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований» (Доспехов, 1985).

Азотфиксирующую способность люпина в смеси изучали методом сравнения (Трепачев, 1999), концентрацию обменной энергии в урожае сухой сенажной массы и зерна рассчитывали по формулам, приведенным в руководстве «Методические указания по оценке качества и питательности новых видов кормов» (Сычев, Лепешкин, 2009) [5], концентрацию сырого протеина – по содержанию общего азота в конечном урожае, умноженному на 6,25. Агрохимические анализы почвы и растений выполняли в сертифицированной лаборатории массовых анализов института по методикам и ГОСТам, принятым в Агрохимической службе.

По данным метеонаблюдений АМС «Немчиновка» и «Внуково» метеорологические условия отдельных периодов и в целом за вегетацию (01.05-20.08) в годы исследований имели существенные отличия от средних многолетних значений, что отражалось на величинах урожайности зерна, способности к фиксации атмосферного азота, концентрации протеина и энергии.

При выращивании смешанного посева с участием пленчатой формы овса в течение трех лет (2019-2021 гг.) два года (2019 и 2021 гг.) характеризовались проявлением засушливости (ГТК 0,99 и 1,15), один год (2020) избыточным увлажнением (ГТК 2,24). В годы возделывания смеси с голозерной формой овса (2021-2023 гг.) метеорологические условия 2023 года

отличались нормальным увлажнением (ГТК 1,33), а 2021 и 2022 годов – засушливостью (ГТК 1,15 и 0,85) (табл. 2).

Таблица 2

Гидротермический коэффициент вегетационного периода люпино-овсяной смеси (01.05-20.08) 2019-2023 гг.

Год	Месяц, декада											01.05-20.08
	май			июнь			июль			август		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
2019	2,77	0,24	0,47	0,04	0,79	2,71	0,42	1,87	0,32	1,88	0,60	0,99
2020	0,76	8,26	9,34	3,63	2,24	0,91	3,57	2,68	1,87	0,43	0,45	2,24
2021	5,25	0,53	1,70	1,08	1,06	0,96	0,55	0,25	0,88	1,20	1,80	1,15
2022	0,82	1,63	3,25	0,51	1,42	0,10	1,09	1,08	0,82	0,09	0	0,85
2023	0,82	0,23	1,33	1,40	0,11	2,77	0,40	2,02	3,81	0	0,71	1,33
Среднее многолетнее	1,32	1,44	1,39	1,41	1,38	1,69	1,67	1,49	1,57	1,51	1,64	1,48

Результаты исследований и их обсуждение

Урожайность зерна в смешанном посеве люпина с пленчатым овсом в среднем по элементам агротехнологии в зависимости от метеорологических условий вегетационного периода варьировала в пределах 2,21-4,58 т/га, накопление обменной энергии урожаем – от 26,7 ГДж/га до 55,7 ГДж/га, сбор сырого и переваримого протеина 0,34-0,80 т/га и 0,27-0,64 т/га, в смеси с голозерной формой овса – 2,54-4,61 т/га, 32,4-60,0 ГДж/га, 0,52-1,22 т/га и 0,42-0,98 т/га. В среднем за годы исследований урожайность зерна и накопление в ней обменной энергии у смеси с голозерным овсом превышали аналогичные величины у смеси с пленчатым на 7 и 13% (3,68 т/га и 47,5 ГДж/га против 3,43 т/га и 42,5 ГДж/га). По накоплению сырого и переваримого протеина преимущество смеси с голозерной формой овса проявлялось значительно сильнее 0,90 т/га и 0,72 т/га против 0,48 т/га и 0,38 т/га или +52% и +53%, что обусловлено не только снижением пленчатости с 27% до 2%, но и большей долей бобового компонента в конечном урожае, в среднем равной 66%. По питательности только зерносмесь с голозерным овсом соответствовала принятым нормативам, предъявляемым к энергопротеиновым концентратам (табл. 3).

Таблица 3

Урожайность зерна и продуктивность люпина в смеси с разными формами овса в изменяющихся метеоусловиях. В среднем по нормам высева люпина и удобрениям

Показатели	Люпин+овес пленчатый		Люпин+овес голозерный			
	Гидротермический коэффициент (ГТК), год					
	0,99 2019 г.	1,15 2021 г.	2,24 2020 г.	0,85 2022 г.	1,15 2021 г.	1,33 2023 г.
Урожайность, т/га	3,49	2,21	4,58	3,88	2,54	4,61
Соотношение компонентов, б/з, %	19/81	41/59	28/72	64/36	53/47	83/17
Коэффициент N ₂ -фиксации (Кф)	0,46	0,05	0	0,42	0,17	0,70
Кормовые единицы, тыс.	4,32	2,66	5,63	5,02	3,22	6,03
Накопление протеина, т/га	сырого	0,63	0,34	0,80	0,95	1,22
	переваримого	0,50	0,27	0,64	0,76	0,98
Обменная энергия, ГДж/га	43,8	26,7	55,7	50,1	32,4	60,0
Питательность зерносмеси	сырой протеин, г/кг	181	156	174	245	205
	обменная энергия МДж/кг	12,6	12,0	12,2	12,9	12,8

Отмеченные преимущества смешанного люпино-овсяного посева с голозерной формой овса сохранялись вне зависимости от складывающихся условий увлажнения.

Степень влияния предпосевного внесения азота на зерновую продуктивность изучаемых люпино-овсяных смесей в целом находилась в соответствии с погодными условиями вегетационного периода, но в большей степени зависела от распределения осадков и температуры воздуха по периодам вегетации.

Установлено, что смесь люпина с пленчатым овсом максимальную урожайность зерна и показатели продуктивности создавала в условиях избыточного увлажнения (ГТК 2,24). При отсутствии азотфиксации внесение 50 кг/га N перед посевом обеспечивало получение в среднем 5,0 т/га зерна с накоплением в нем 0,86 т/га сырого протеина и 60,6 ГДж/га обменной энергии, что на 16-20% превышало величины аналогичных показателей на фосфорно-калийном фоне. Прибавки обусловлены увеличением доли овса в конечной зерносмеси с 68% до 77% с одной стороны и ростом концентрации протеина в зерне его на 0,62% – с другой.

Смесь с участием голозерной формы овса максимум продуктивности создавала в условиях нормального увлажнения (ГТК 1,33) при высокой азотфиксации по фону P₆₀K₆₀. Урожайность зерна при этом достигала 4,82 т/га с долей бобового компонента 89%, накопление сырого протеина – 1,27 т/га, обменной энергии 62,7 ГДж/га. Азот удобрений оказывал отрицательное влияние на величины каждого из рассматриваемых показателей продуктивности, снижая их на 9% (табл.4).

Эффективность предпосевного внесения азота в условиях засушливости находилось в соответствии с распределением осадков и температуры воздуха по периодам вегетации. Если проявление засушливости наблюдалось в начале вегетации (2019 г., ГТК 0,99) то, при урожайности зерна смеси с пленчатым овсом 3,34-3,65 т/га азот удобрений оказывал слабое отрицательное влияние на ее величину (-8%).

Снижалось и накопление энергии с 46,0 ГДж/га на фоне РК до 41,8 ГДж/га (-9%). Но в большей степени (-15-17%) уменьшались величины продуктивности за счет падения доли люпина в урожае с 24% до 14%. Если же в близких условиях увлажнения (ГТК 0,85, 2022 г.) проявление засушливости сдвигалось на вторую половину вегетации, то при пониженном температурном режиме (на 2,0-3,5°C к средней многолетней) азот не оказывал влияния на урожайность зерна и продуктивность зерносмеси с участием голозерной формы овса (\pm 1-4%) в зависимости от показателя, а максимальные величины формировались при осеннем внесении P₆₀K₆₀ и достигали 3,89 т/га зерна, 0,94 т/га сырого протеина и 50,2 ГДж/га обменной энергии (табл. 4).

Наименьшая за годы исследований продуктивность обеих зерносмесей наблюдалась в 2021 году, когда при умеренной засушливости (ГТК 1,15) ее проявление в наибольшей степени отмечалось с июля по конец первой декады августа и сопровождалось повышенным температурным режимом (от +3,3°C до +6,6°C к средней многолетней). При этом азот удобрений оказывал положительное влияние на урожайность зерна и продуктивность, наиболее выраженное в посевах с участием пленчатой формы овса +50-52% к фону РК по урожайности и накоплению энергии, +43-49% по выходу протеина и кормовых единиц, а максимальные величины соответственно достигали 2,65 т/га и 32,2 ГДж/га, 0,40 т/га и 3,18 тыс. При отсутствии азотфиксации (Кф 0-0,05) прибавки от азота удобрений обеспечивались за счет увеличения доли злакового компонента в конечном урожае (+7%) и концентрации протеина в его зерне в среднем на 1,84%. В условиях одного опыта смешанный посев с участием голозерной формы овса несмотря на очень низкую азотфиксацию, слабо реагировал на предпосевное внесение азота повышением урожайности зерна с 2,45 т/га до 2,64 т/га (+8%), обменной энергии с 31,2 ГДж/га до 33,5 ГДж/га (+7%), кормовых единиц с 3,12 тыс. до 3,32 тыс. (+6%), что связано с положительным влиянием его на долю овса в урожае (+17%). В тоже время, размеры накопления сырого переваримого протеина в зерносмеси обоих вариантов удобрения характеризовались одинаковыми величинами – по 0,52 т/га и 0,42 т/га соответственно.

Таблица 4

Влияние удобрений на урожайность зерна и продуктивность люпино-овсяной смеси с участием разных форм овса при разных погодных условиях. В среднем по нормам высева люпина

Показатели	Люпин+овес пленчатый						Люпин+овес голозерный						
	ГТК 0,99 (2019г.)		ГТК 1,15 (2021г.)		ГТК 2,24 (2020г.)		ГТК 0,85 (2022г.)		ГТК 1,15 (2021г.)		ГТК 1,33 (2023г.)*		
	P ₆₀ K ₆₀	N ₅₀ P ₆₀ K ₆₀	P ₆₀ K ₆₀	N ₅₀ P ₆₀ K ₆₀	P ₆₀ K ₆₀	N ₅₀ P ₆₀ K ₆₀	P ₆₀ K ₆₀	N ₅₀ P ₆₀ K ₆₀	P ₆₀ K ₆₀	N ₅₀ P ₆₀ K ₆₀	P ₆₀ K ₆₀	N ₅₀ P ₆₀ K ₆₀	
Урожайность, т/га	3,65	3,34	1,77	2,65	4,16	5,00	3,89	3,86	2,45	2,64	4,82	4,40	
НСР ₀₅	0,20		0,21		0,52		0,32		0,21		0,34		
Соотношение компонентов, б/з, %	24/76	14/86	45/55	38/62	32/68	23/77	64/36	65/35	62/38	45/55	89/11	77/23	
Коэффициент N ₂ -фиксации (Кф)	0,54	0,37	0	0,05	0	0	0,44	0,40	0,18	0,16	0,77	0,63	
Кормовые единицы, тыс.	4,56	4,06	2,14	3,18	5,12	6,13	5,02	5,02	3,12	3,32	6,30	5,76	
Накопление протеина, т/га	сырого	0,68	0,58	0,28	0,40	0,74	0,86	0,94	0,96	0,52	0,52	1,27	1,16
	переваримого	0,54	0,46	0,22	0,32	0,58	0,68	0,75	0,78	0,42	0,42	1,02	0,93
Обменная энергия, ГДж/га	46,0	41,8	21,2	32,2	50,8	60,6	50,2	50,0	31,2	33,5	62,7	57,2	
Питательность зерносмеси	сырой протеин, г/кг	186	176	158	152	178	172	242	249	212	197	264	264
	обменная энергия МДж/кг	12,6	12,5	12,0	12,2	12,2	12,2	12,9	13,0	12,7	12,7	13,0	13,0

Примечание: при норме высева люпина 1,6 млн/га

Таблица 5

Влияние норм высева люпина на урожайность зерна и продуктивность люпино-овсяной смеси с участием разных форм овса при разных погодных условиях. Среднее по вариантам удобрения

Показатели	Люпин+овес пленчатый						Люпин+овес голозерный				
	ГТК 0,99 (2019 г.)		ГТК 1,15 (2021 г.)		ГТК 2,24 (2020 г.)		ГТК 0,85 (2022 г.)		ГТК 1,15 (2021 г.)		
	нормы высева, млн/га						1,6	1,8	1,6	1,8	
Урожайность, т/га	3,52	3,46	2,26	2,16	4,39	4,78	4,02	3,72	2,48	2,61	
НСР ₀₅	0,25		0,26		0,43		0,38		0,27		
Соотношение компонентов, б/з, %	18/82	20/80	44/56	39/61	28/72	28/72	66/34	62/38	50/50	56/44	
Коэффициент N ₂ -фиксации (Кф)	0,48	0,44	0,06	0,04	0	0	0,44	0,40	0,13	0,21	
Кормовые единицы, тыс.	4,35	4,30	2,24	2,58	5,46	5,80	5,25	4,79	3,14	3,30	
Накопление протеина, т/га	сырого	0,63	0,64	0,36	0,32	0,82	0,78	1,04	0,86	0,50	0,53
	переваримого	0,50	0,50	0,28	0,26	0,65	0,62	0,84	0,69	0,40	0,42
Обменная энергия, ГДж/га	44,0	43,6	27,4	26,0	53,8	57,6	52,3	48,0	31,4	33,3	
Питательность зерносмеси	сырой протеин, г/кг	179	184	160	151	187	162	259	231	202	203
	обменная энергия МДж/кг	12,6	12,6	12,1	12,0	12,3	12,1	13,0	12,9	12,7	12,8

Это объясняется отсутствием влияния минерального азота на концентрацию протеина в зерне обоих компонентов (табл. 4).

Таким образом, при выращивании люпино-овсяной смеси на зерно с участием пленчатой и голозерной форм злакового компонента на хорошо обеспеченной фосфором и калием дерново-подзолистой почве Центра Нечерноземной зоны России, высокая эффективность предпосевного внесения азота в дозе 50 кг/га на фоне $P_{60}K_{60}$ (от 16-20% до 43-52% в зависимости от показателя) проявлялась только в экстремальных условиях увлажнения, обусловленных или избытком влаги, или засушливостью, проявляющейся в критические периоды накопления биомассы, формирования и налива зерна и сопровождающейся повышенным температурным режимом. В нормальных, а также в засушливых условиях, когда недостаток осадков наблюдался с начала или с первой половины вегетации, но сопровождался пониженным температурным режимом, урожайность зерна максимального уровня 4,8 и 3,6-3,9 т/га с накоплением в зерносмеси до 1,3 т/га и 0,7-0,9 т/га сырого протеина, до 63 и 46-50 ГДж/га обменной энергии соответственно создавалась без дополнительного внесения азота удобрений. При этом потребность растений в азоте на 77% и 44-54% удовлетворялась за счет симбиотической фиксации из атмосферы и на 23-46% из почвы, а питательность зерносмеси по обеспеченности 1 кг протеином и энергией удовлетворяла требованиям норматива к энергопротеиновым концентратам.

Практически во все годы исследований независимо от метеорологических условий в течение вегетационного периода и его отдельных частей, меньшая из изучаемых норм высева люпина в смеси с разными формами овса 1,6 млн/га обеспечивала получение наиболее высоких величин урожайности зерна и продуктивности. Норма высева 1,8 млн/га уступала последней по урожайности от 2% до 8%, по накоплению кормовых единиц и обменной энергии – от 1% до 8-9%, сбору протеина – на 5-18%. Только в отдельные годы (2019 и 2021 гг.) в засушливых условиях наблюдались слабо выраженные положительные тенденции в пользу более высокой нормы высева люпина (от $\pm 1-3\%$ до $+5-8\%$) в зависимости от показателя, что, тем не менее, также свидетельствует в пользу меньшей нормы (табл. 5).

Заключение

На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве Центрального Нечерноземья, в достаточной степени обеспеченной подвижным фосфором и калием, в широком диапазоне pH в разных метеорологических условиях выявлено небольшое преимущество смеси люпина с голозерным овсом над аналогичной смесью с участием пленчатой формы овса по урожайности и накоплению обменной энергии ($+7-13\%$), которое существенно ($+52-53\%$) возрастало по показателям накопления сырого и переваримого протеина в конечной зерносмеси вследствие практически полного выщелачивания зерен (96-98%).

Обе смеси урожайность зерна и величины продуктивности максимального уровня формировали в условиях нормального или избыточного увлажнения, которые существенно снижались в засушливых условиях ($-37-41\%$ и $-31-40\%$) в зависимости от показателя соответственно по указанным смесям.

Реакция смешанных посевов на предпосевное внесение азота удобрений находилась в соответствии с формой злакового компонента. Смесь пленчатого овса с люпином положительно отзывалась на этот агроприем в условиях избыточного увлажнения ($+16-20\%$ к фону РК) и в засушливых, когда недостаток осадков сопровождался высокими среднесуточными температурами воздуха ($+43-52\%$) в зависимости от показателя. Смешанный посев с участием голозерного овса продуктивность максимального или близкого к нему уровня независимо от складывавшихся условий увлажнения обеспечивал на естественном азотном фоне при осеннем внесении $P_{60}K_{60}$. Влияние азотного удобрения на продуктивность носило противоречивый характер. Его внесение или снижало рассматриваемые показатели урожайности зерна и продуктивности (-9% , 2023 г., нормальное увлажнение) или способствовало их незначительному росту ($+2-8\%$) в засушливых условиях. В обоих случаях отмеченные изменения проявлялись на уровне тенденции.

Независимо от условий увлажнения в течение вегетационного периода лучшей нормой высева люпина в изучаемых смешанных посевах следует считать 1,6 млн/га. С увеличением ее до 1,8 млн/га проявлялась слабая тенденция ($\pm 2-9\%$) изменения показателей продуктивности как в меньшую, так и в большую сторону.

Поэтому при наличии в хозяйствах животноводческого направления достоверного прогноза погоды на вегетационный период для гарантированного получения высокой урожайности зерна люпино-овсяных смесей и показателей продуктивности, обеспечивающих высокую питательность приготовляемых из него концентрированных кормов, их необходимо возделывать с учетом выявленных в данном исследовании особенностей реакции посевов на применение удобрений и нормы высева бобового компонента, обращая повышенное внимание на преимущества смеси с участием голозерного овса.

Литература

1. Суховеева О.Э. Изменение климатических условий и агроклиматических ресурсов в Центральном районе Нечерноземной зоны // Вестник ВГУ, Серия: География. Геоэкология, – 2016, –№ 4. – С. 41-49.
2. Щелково Агрохим. Каталог 23 <https://betaren.ru/catalog/>.
3. ООО «Лебозол Восток» Информация о продуктах // <https://www.lebosol.de/ru>.
4. ООО «Родагро» Органоминеральные удобрения на основе фульвовых кислот. <http://rodagro.ru/>.
5. Трепачев Е.П. Методы исследования азотфиксирующей способности бобовых культур. – В кн.: Агрохимические аспекты биологического азота в современной земледелии. – М.: Агроконсалт. – 1999. – 126 с.

References

1. Sukhoveeva O.E. Changes in climatic conditions and agro-climatic resources in the Central region of the Non-Chernozem zone // *Bulletin of the VSU*, Series: Geography. Geoecology, 2016, no.4, pp. 41-49.
2. Shchelkovo Agrochem. Catalog 23 <https://betaren.ru/catalog/>.
3. LLC "Lebozol Vostok" Product information // <https://www.lebosol.de/ru>.
4. Rodagro LLC Organomineral fertilizers based on fulvic acids. <http://rodagro.ru/>.
5. Trepachev E.P. Methods of studying the nitrogen-fixing ability of legumes. – In the book: *Agrochemical aspects of biological nitrogen in modern agriculture*. Moscow, Agroconsult. – 1999, 126 p.