

DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-107-118

УДК 633.367/631.5/631.8

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЮПИНОЗЛАКОВЫХ СМЕСЕЙ НА АЗОТФИКСИРУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ЦЕНТРАЛЬНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ

В.В. КОНОНЧУК, Д.Н. НИКИТОЧКИН, доктора сельскохозяйственных наук
С.М. ТИМОШЕНКО, В.Д. ШТЫРХУНОВ, Т.О. НАЗАРОВА,
кандидаты сельскохозяйственных наук

ФГБНУ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «НЕМЧИНОВКА»

Трехлетними исследованиями в краткосрочном двухфакторном полевом опыте на среднесуглинистой дерново-подзолистой почве Центрального Нечерноземья с обеспеченностью подвижным фосфором и калием на уровне 4-5 класса выявлены особенности формирования урожайности сенажной массы и зерна люпинозлаковых смесей в зависимости от состава, норм высева и удобрений в различных метеорологических условиях, установлены их оптимальные показатели для получения 70-90 ц/га сухой массы, 45-52 ц/га зерна с накоплением в них 9-14 ц/га и 7-9 ц/га сырого протеина, 73-89 и 54-63 ГДж/га обменной энергии соответственно. Наибольшую устойчивость к изменению метеорологического фактора проявила люпиноовсяная смесь, снижавшая продуктивность при неблагоприятных условиях (переувлажнение) в среднем на 8-24% против 14-42% у остальных.

Наибольшая N_2 -фиксирующая способность смесей 39-59% в зависимости от состава обеспечивалась, как правило, в условиях умеренной засушливости по фону $P_{45}K_{60}$ (люпин+пшеница) или $N_{50}P_{45}K_{60}$ (люпин+ячмень и люпин+овес).

Ключевые слова: люпин узколистный, смешанные посевы, продуктивность, элементы агротехнологии, погода.

INFLUENCE OF THE ELEMENTS OF THE CULTIVATION TECHNOLOGY OF LUPINE CROP MIXTURES ON THE NITROGEN-FIXING CAPACITY AND PRODUCTIVITY DEPENDING ON THE METEOROLOGICAL CONDITIONS IN THE CENTRAL NON-BLACK EARTH ZONE

V.V. Kononchuk, D.N. Nikitochkin, S.M. Timoshenko, V.D. Shtyrkhunov, T.O. Nazarova
FSBSI FEDERAL RESEARCH CENTER «NEMCHINOVKA»

Abstract: *Three-year studies in a short-term two-factor field experiment on a medium-loamy soddy-podzolic soil of the Central Non-Chernozem Region with a supply of mobile phosphorus and potassium at the level of 4-5 classes revealed the peculiarities of the formation of the yield of hay mass and grain of lupino-cereal mixtures depending on the composition, seeding rates and fertilizers in various conditions and their optimal indicators were established to obtain 70-90 c/ha of dry mass, 45-52 c/ha of grain with the accumulation of 9-14 c/ha and 7-9 c/ha of crude protein, 73-89 and 54-63 GJ/ha of exchangeable energy, respectively. The greatest resistance to changes in the meteorological factor was shown by the lupino-oat mixture, which reduced productivity under unfavorable conditions (waterlogging) by an average of 8-24% versus 14-42% for the rest. The highest N_2 -fixing ability of mixtures of 39-59%, depending on the composition, was provided, as a rule, in conditions of moderate aridity according to the background $P_{45}K_{60}$ (lupine + wheat) or $N_{50}P_{45}K_{60}$ (lupine + barley and lupine + oats).*

Keywords: narrow-leaved lupine, mixed crops, productivity, elements of agricultural technology, weather.

Российское животноводство в настоящее время испытывает дефицит сбалансированных по протеину и энергии объемистых и концентрированных кормов вследствие низких площадей посева многолетних бобовых трав, зернобобовых культур как в чистых, так и в смешанных посевах [1-3].

Использование импортной сои и продуктов ее переработки для балансировки кормов по протеину приводит к росту себестоимости конечного продукта, ухудшает экономику его производства. Поэтому необходимо существенно расширять посевы бобовых культур в целом и зернобобовых – в частности, как в стране, так и в Центральном Нечерноземье, специализирующемся на производстве мясомолочной продукции, с целью доведения их площадей до научно обоснованного уровня в 40-45% севооборотной площади, совершенствовать технологию их возделывания в соответствии с региональными особенностями [4-5].

Для Нечерноземной зоны РФ, ее центральных, северных и северо-восточных областей наиболее перспективной зернобобовой культурой в этом отношении является люпин узколистный детерминантный, скороспелые сорта которого возделывают, до полной спелости за 85 дней даже на широте Котласа. В отличие от гороха в зерне люпина узколистного содержится более чем в 1,5 раза больше сырого протеина, оно богаче жиром, незаменимыми аминокислотами и микроэлементами [6]. Смешанные посевы люпина с зерновыми колосовыми обладают выраженным сороочистительным эффектом, оздоравливают фитосанитарную обстановку в поле под последующими сельскохозяйственными культурами, способствуют улучшению состава почвенной микрофлоры, повышению биологической активности почвы [7-8].

Тем не менее люпин узколистный детерминантный во многом еще остается «экзотической» культурой для хозяйств Центрального Нечерноземья за исключением южных и юго-западных областей по причине отсутствия необходимого количества семян, слабой проработки технологии возделывания. Поэтому выявление оптимального состава люпинозлаковых смесей, соотношения компонентов в семенах при посеве, реакции на средства защиты и удобрение является важной народнохозяйственной задачей. Особую актуальность необходимость совершенствования технологии возделывания люпинозлаковых смесей в регионах Нечерноземья приобретает в условиях изменяющегося климата, который в последние годы характеризуется выраженным ростом среднесуточной температуры воздуха и непредсказуемостью смены сухих и влажных периодов в течение активной вегетации.

Материалы и методика исследований

Исследования по оптимизации основных элементов технологии возделывания люпинозлаковых смесей на сенажную массу и зерно проводили в 2018-2020 годах в краткосрочном полевом опыте на опытном поле ФИЦ «Немчиновка», расположенном в Новомосковском административном округе г. Москва у деревни Кривошеино. Почва – дерново-подзолистая среднесуглинистая на моренном суглинке. Осенью после уборки предшественника (яровые зерновые) в пахотном (0-20 см) слое содержалось гумуса 1,8-2,1%, подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) 180-230 и 140-200 мг/кг P_2O_5 и K_2O соответственно, pH_{KCl} 5,3-5,8.

Схемой опыта предусматривалось изучение эффективности трех норм высева детерминантного скороспелого сорта люпина узколистного Немчиновской селекции Ладный (1,4, 1,6, 1,8 млн./га) в смеси с яровой пшеницей Злата (2018-2019 г.г.) и Агата (2020 г) с ячменем Надежный (2019 г) и Златояр (2020 г), с овсом Залп (2019 г) и Яков (2020 г), высеваемых нормами высева соответственно по культурам 3,5; 3,6 и 2,25 млн./га или 60, 72 и 50% от полной нормы на двух фонах удобрения $P_{45}K_{60}$ и $N_{50}P_{45}K_{60}$. Кроме того, в схему были включены одновидовые посевы указанных яровых зерновых культур с полной нормой высева для определения количественных параметров N_2 – фиксации методом сравнения.

Закладку опытов проводили по принципу «расщепленной» делянки. Площадь делянки первого порядка (состав смеси) – 576 м², второго (удобрений) – 288 м², третьего (норма высева) – 96 м². Повторность четырехкратная.

При закладке и в процессе исследований использовали рекомендации, изложенные в руководствах: «Опытное дело в полеводстве (Никитенко, 1982), «Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (Федин, 1988), «Агрохимические аспекты биологического азота в современной земледелии» (Трепачев, 1999), «Методика полевого опыта и обработка его данных» (Доспехов, 1985).

Об обеспеченности почвы и растений элементами питания в течение вегетации, содержании их в основной и побочной продукции судили по результатам аналитических определений, проведенных по методикам и ГОСТам, принятым в Агрохимической Службе в аккредитованной лаборатории массовых анализов института в образцах, отобранных со всех делянок двух несмежных повторений в основные фазы развития растений (2-3 пары настоящих листьев, начало цветения люпина, «зеленый боб», полная спелость зерна). Содержание сырого протеина в надземной массе и в зерне рассчитывали умножением содержания общего азота на 6,25, обменной энергии – по формулам, приведенным в «Методических указаниях по оценке качества...» (Сычев, Лепешкин, 2009).

Мероприятия по подготовке почвы к посеву осенью включали лущение стерни предшественника, внесение фосфорных (аммофос 8:52) и калийных (бесхлорное калийное удобрение, 56% K₂O) удобрений, вспашку оборотным плугом с предплужником на 20-22 см. Весной после схода снега по мере созревания почвы – ранневесеннее боронование с целью выравнивания поверхности поля и снижения испарения влаги, культивацию на 8-12 см, внесение азотного удобрения (аммиачная селитра, 34,4% N) согласно схеме, предпосевную культивацию для заделки удобрений с одновременным выравниванием и уплотнением посевного ложа комплексным агрегатом РВК-3,6. Посев (Amazone D 9) проводили в конце апреля начале мая протравленными семенами. Из протравителей использовали: для семян зерновых колосовых – Винцит Форте, КС (1,2 л/т), для люпина – Фундазол, СП (2,0 кг/т) (2018 г.), Дивиденд Стар (0,6 л/т) (2019 г.), ТМТД, ВСК (3 л/т) + Табу (0,5 л/т) (2020 г).

За двое суток до посева семена люпина обрабатывали 5% раствором молибденово-кислого аммония, а в день посева – активным штаммом азотфиксирующих бактерий производства ВНИИСХМ (г. Пушкин, Ленинградской обл.).

В процессе вегетации люпинозлаковых смесей гербициды не применяли, но использовали двукратную обработку баковой смесью из фунгицида Колосаль Про (0,6 л/га) и инсектицида Данадим (0,7 л/га) (2018-2019 гг.), Борей Нео (0,15 л/га) в 2020 году в фазе 2-3 пары настоящих листьев люпина (кущение зерновых) и в начале цветения люпина (колошение, выметывание метелки зерновых колосовых). Кроме того, в эти же фазы развития растений проводили обработку посевов ростостимулятором с антистрессовым эффектом (Гумистим Zn, В) для ускорения выхода растений из стрессовой ситуации, обусловленной метеорологическим фактором.

Учет урожая сплошной поделяночный: сенажной массы – роторной миникосилкой, агрегируемой с трактором КМЗ, зерна – селекционным комбайном Wintersteiger.

Метеорологические условия вегетационных периодов (май-август) 2018-2020 годов заметно отличались от средних многолетних. По величинам гидротермического коэффициента (по Селянинову) 2018-2019 годы характеризовались умеренной засушливостью (ГТК 0,92-1,00), 2020 год – избыточным увлажнением (ГТК 2,69) при средней многолетней величине 1,52 (табл. 1).

Таблица. 1

Гидротермический коэффициент периода активной вегетации люпинозлаковых смесей. Май-август 2018-2020 гг.

Годы	Месяцы, декады												Май-август
	Май			Июнь			Июль			Август			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
2018	0,31	1,06	1,22	1,59	0,24	0,96	2,65	2,68	0,32	0,09	1,00	0,54	1,00
2019	2,77	0,24	0,47	0,04	0,79	2,71	0,42	1,87	0,32	1,88	0,60	-	0,92
2020	0,76	8,26	9,34	3,63	2,24	0,91	3,57	2,68	1,87	0,43	0,45	-	2,69
Сред. многол.	1,32	1,44	1,39	1,41	1,38	1,69	1,67	1,49	1,57	1,51	1,64	1,74	1,52

Отмеченные особенности метеорологических условий не могли не сказаться на N_2 – фиксирующей способности и продуктивности рассматриваемых люпинозлаковых смесей.

Результаты исследований

Поскольку люпин узколистый, особенно его детерминантные сорта не выдерживают конкуренции со злаковым компонентом смесей за факторы жизнеобеспечения, способность последнего к фиксации атмосферного азота в смешанном агрофитоценозе заметно ниже в сравнении с одновидовым посевом.

Судя по коэффициенту N_2 – фиксации (доля биологического азота в общем накоплении этого элемента в надземной массе) в годы наших исследований его величины в зависимости от гидротермических условий, состава смесей, удобрений и норм высева люпина варьировали в очень широких пределах от 0-7% до 59%. В среднем по факторам, кроме изучаемого, у смесей люпина с яровой пшеницей и с ячменем доля симбиотически связанного азота в общем накоплении составляла 29 и 30%, у люпиноовсяной смеси уменьшалась до 22%.

У всех изучаемых нами смесей способность фиксировать азот наилучшим образом проявлялась в годы, характеризующиеся умеренной засушливостью в течение активной вегетации (ГТК 0,92-1,00), когда коэффициент N_2 - фиксации в среднем составлял 30-36%. В очень неблагоприятном 2020 году при ГТК 2,69 (избыточное увлажнение) величины рассматриваемого показателя падали в среднем до 9-15% или азотфиксация и вовсе отсутствовала (как у смеси люпина с ячменем). В этих условиях размеры накопления фиксированного из атмосферы азота в урожае надземной массы снижались с 35-51 кг/га до 6-7 кг/га или на 83-86% (табл. 2).

Изучаемые смеси по-разному реагировали на предпосевное внесение азотного удобрения. Так, у смеси люпина с яровой пшеницей доля фиксированного азота в биомассе под влиянием этого фактора уменьшилась в среднем с 33% до 25%, а у люпиноячменной и люпиноовсяной смесей – наоборот увеличилась с 11% и 16% до 19% и 29% соответственно. В последнем случае положительное влияние предпосевого удобрения на азотфиксацию в наибольшей степени проявлялось в условиях избыточного увлажнения (табл. 2).

Повышение нормы высева люпина в семенах при посеве оказывало различное влияние на способность к фиксации азота смешанным посевом. В среднем за 2019-2020 годы увеличение нормы высева люпина с 1,4 до 1,6-1,8 млн./га снижало коэффициент N_2 - фиксации люпинопшеничной смеси с 33% до 26-21%, но не влияло на величину этого показателя у смеси люпина с ячменем, которая изменялась при этом в пределах 29-31%. У люпиноовсяной смеси максимум N_2 – фиксации в среднем за 2019-2020 годы наблюдался при норме высева люпина 1,6 млн./га, когда в надземной массе накапливалось 24 кг/га N_f , а коэффициент N_2 - фиксации составлял 28%. Как снижение нормы высева люпина в смеси до 1,4 млн./га, так и увеличение до 1,8 млн./га способствовало уменьшению фиксации азота атмосферы (табл. 2).

N₂ - фиксирующая способность люпинозлаковых смесей в зависимости от состава, удобрений и норм высева бобового компонента при разных погодных условиях вегетационного периода 2018-2020 гг.

Состав смеси	Варианты удобрений	Годы	ГТК за май-август	Урожайность сухой массы, ц/га			Азот в сухой массе, кг/га						Коэффициент N ₂ -фиксации, %		
							общий			фиксированный					
				Нормы высева											
				1,4	1,6	1,8	1,4	1,6	1,8	1,4	1,6	1,8	1,4	1,6	1,8
Люпин+пшеница яровая	P ₄₅ K ₆₀	2018	1,00	40,0	48,5	49,7	98	105	130	37	36	47	38	34	36
		2019	0,92	56,5	54,3	55,9	152	134	134	85	59	38	56	44	28
		2020	2,69	23,1	24,7	23,6	29	50	28	3	22	2	10	44	7
	N ₅₀ P ₄₅ K ₆₀	2018	1,00	38,2	37,2	38,6	139	139	106	48	50	25	34	36	24
		2019	0,92	50,7	81,8	65,7	119	222	183	449	67	68	41	30	37
		2020	2,69	38,8	36,9	41,7	53	43	41	9	3	0	17	7	0
Люпин+ячмень	P ₄₅ K ₆₀	2019	0,92	63,8	48,8	65,3	119	80	74	36	13	13	30	16	18
	N ₅₀ P ₄₅ K ₆₀			52,5	73,3	78,6	125	128	132	35	55	58	28	43	44
Люпин+овес	P ₄₅ K ₆₀	2019	0,92	64,8	71,2	67,0	137	97	113	37	18	37	27	19	33
		2020	2,69	26,8	28,2	34,5	37	32	40	6	0	0	16	0	0
	N ₅₀ P ₄₅ K ₆₀	2019	0,92	80,4	64,7	82,8	111	145	131	36	48	46	32	33	35
		2020	2,69	28,7	34,7	34,8	40	51	39	6	30	0	15	59	0

В целом, на основании полученных нами результатов не представляется возможным сделать однозначный выбор в пользу той или иной нормы высева люпина в рассматриваемых смесях, обеспечивающей достойные размеры азотфиксации и требуется продолжение исследований.

Следовательно, наилучшие условия для фиксации азота смесью люпина узколистного с яровой пшеницей в годы исследования отмечались в условиях умеренной засушливости на фоне осеннего внесения $P_{45}K_{60}$ и норме высева бобового компонента 1,4 млн./га + 3,5 млн./га яровой пшеницы. При этом, в надземной массе накапливалось в среднем более 60 кг/га $N_{биол.}$, а коэффициент N_2 - фиксации составлял 47%. У смеси люпина с ячменем и люпина с овсом максимальная N_2 - фиксация также наблюдалась в условиях умеренной засушливости, но на фоне полного минерального удобрения с предпосевным внесением N_{50} и нормах высева люпина в смесях 1,6 и 1,8 млн./га. На отмеченных вариантах в сухой надземной массе аккумулировалось 55-58 кг/га и 46-48 кг/га $N_{биол.}$ или 43-44% и 33-35% от общего накопления соответственно.

Нами установлено, что в среднем за годы исследований наименьшей продуктивностью как при возделывании на сенаж, так и на зерно выделялась смесь люпина с ячменем. Она обеспечивала получение 57,6 ц/га сухой сенажной массы и 30,5 ц/га зерна, в которых накапливалось 51,4 и 41,7 ГДж/га обменной энергии, 7,50 и 5,82 ц/га сырого протеина соответственно.

Люпинопшеничная и люпиноовсяная смеси были более продуктивны, увеличивая сбор сенажа на 18-20%, урожайность зерна – на 8% и 30%, накопление обменной энергии – на 21-22% и на 12-31%, сбор сырого протеина – на 13-15% и на 20-24% соответственно.

При этом, если по урожайности сенажной массы и зерна, накоплению в них обменной энергии наиболее высокими величинами выделялась смесь люпина с овсом, которая обеспечивала получение в среднем 69,4 ц/га сухой массы и 39,6 ц/га зерна с содержанием в них до 40% бобового компонента, то по сбору сырого протеина – люпинопшеничная смесь, в урожае сенажной массы которой его накапливалось порядка 9-5 ц/га, в урожае зерна – 7,24 ц/га или на 10% и 24% больше.

При выращивании на сенаж все изучаемые люпинозлаковые смеси наиболее высокую продуктивность создавали в условиях умеренной засушливости в течение вегетационного периода и снижали её на 8-42% в зависимости от показателя при избыточном увлажнении. Наиболее устойчивой к изменению погодных условий оказалась люпиноовсяная смесь. Уменьшение продуктивности у нее в связи с ухудшением условий увлажнения находилось в пределах 8-24%, а наиболее уязвимой – смесь люпина с яровой пшеницей (-14-42%). Между ними располагалась смесь люпина с ячменем у которой показатели продуктивности от избыточного увлажнения снижались на 19-25%. При этом у всех смесей в наибольшей степени уменьшилось накопление сырого протеина в урожае (-24-42%), что очевидно, обусловлено негативным влиянием большого количества выпавших осадков на азотфиксацию (табл. 3-4).

При выращивании на зерно от избыточного увлажнения наиболее страдала смесь люпина с ячменем. Она снижала урожайность в среднем на 21% (с 33,2 ц/га до 26,3 ц/га), сбор сырого протеина – на 10% (с 6,12 ц/га до 5,53 ц/га), накопление обменной энергии – на 22% (с 41,8 ГДж/га до 32,8 ГДж/га).

Зерновая продуктивность смесей люпина узколистного с яровой пшеницей и с овсом под влиянием избыточного увлажнения повышалась на 3-31% и на 29-35% соответственно в зависимости от показателя. При этом в урожае зерна люпиноовсяной смеси на треть увеличивалось накопление протеина и энергии, а урожайность возрастала на 35% и достигала 45,5 ц/га, а сбор протеина и энергии – 7,83 ц/га и 55,3 ГДж/га (табл. 3-4).

Продуктивность люпинопшеничной смеси на сенаж и зерно в зависимости от удобрений и норм высева бобового компонента при разных погодных условиях в течение активной вегетации, 2018-2020 гг.

Дозы удобрений, кг/га, «А»	Нормы высева в смеси, млн./га «В»	Показатели продуктивности								
		Урожайность, ц/га			Сбор сырого протеина, ц/га			Накопление обменной энергии, ГДж/га		
		Годы исследований								
		2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
		гидротермический коэффициент								
		1,00	0,92	2,69	1,00	0,92	2,69	1,00	0,92	2,69
Сенажная масса										
P ₄₅ K ₆₀	1,4	69,3	56,5	37,4	9,71	9,50	5,31	64,4	55,5	34,1
	1,6	86,2	54,3	61,4	11,32	8,40	6,35	78,7	51,9	55,3
	1,8	68,2	55,8	57,9	11,29	8,40	7,56	67,2	52,8	50,1
N ₅₀ P ₄₅ K ₆₀	1,4	60,1	50,7	78,6	7,98	7,50	6,83	54,9	47,8	62,4
	1,6	103,3	81,8	66,2	14,79	13,90	6,07	96,7	80,7	56,6
	1,8	103,5	65,7	66,3	16,52	11,50	6,51	100,6	65,5	57,5
НСП ₀₀₅ , ц/га А		8,5	5,2	12,5						
В		10,4	8,7	10,2						
АВ		14,4	9,2	17,7						
Зерно										
P ₄₅ K ₆₀	1,4	28,2	31,7	34,1	7,62	7,26	5,84	36,4	40,8	41,1
	1,6	31,3	29,3	32,1	7,81	6,62	8,41	40,2	37,6	40,5
	1,8	31,7	32,7	34,2	8,01	7,68	9,04	40,7	42,2	43,4
N ₅₀ P ₄₅ K ₆₀	1,4	27,8	29,5	46,0	6,86	6,14	7,13	35,9	37,6	55,7
	1,6	30,0	27,4	45,0	7,45	6,19	6,82	38,7	35,2	53,8
	1,8	28,6	30,8	44,3	7,50	6,87	7,13	37,0	39,5	53,4
НСП ₀₀₅ , ц/га А		2,6	1,9	4,4						
В		3,2	2,3	3,6						
АВ		4,6	3,8	6,2						

Следовательно, из трех изучаемых смесей люпиноовсяная и люпинопшеничная по показателям продуктивности и реакции на изменение погодных условий наиболее подходят к возделыванию в регионах Центрального Нечерноземья.

С увеличением нормы высева люпина в семенах при посеве от 1,4 млн./га до 1,6-1,8 млн./га сбор сухой сенажной массы у смесей люпина с яровой пшеницей и люпина с ячменем в среднем за годы исследования возрастал соответственно на 18-28% и 6-9%, накопление сырого протеина – на 30-32% и 8-11%, обменной энергии – на 23-32% и 6-8%. Близкая к максимальной продуктивность (97-98%) у них обеспечивалась нормой высева люпина 1,6 млн./га. Для смеси люпина с овсом наиболее эффективна норма высева бобового компонента 1,4 млн./га. При отмеченных параметрах урожайность сухой массы составляла в среднем 75,5, 58,2, и 72,2 ц/га, накопление обменной энергии в урожае 70,0, 52,9, и 64,0 ГДж/га, а сбор сырого протеина достигал максимальных значений 10,14, 7,60, и 8,70 ц/га соответственно по составу.

Соотношение компонентов в конечной продукции на отмеченных оптимальных вариантах норм высева люпина наиболее благоприятным было у смесей люпина с яровой пшеницей и у люпина с ячменем, где доля люпина соответственно составляла 48 и 46%. У смеси люпина с овсом преобладал злаковый компонент, доля которого доходила до 65% (табл. 3-6).

Продуктивность люпиноячменной и люпиноовсяной смеси на сенаж и зерно в зависимости от удобрений и норм высева бобового компонента при разных погодных условиях в течение активной вегетации, 2019-2020 гг.

Дозы удобрений, кг/га, «А»	Нормы высева в смеси, млн./га «В»	Люпин+ячмень						Люпин+овес					
		Урожайность, ц/га		Сбор сырого протеина, ц/га		Накопление обменной энергии, ГДж/га		Урожайность, ц/га		Сбор сырого протеина, ц/га		Накопление обменной энергии, ГДж/га	
		Годы исследований											
		2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
		Гидротермический коэффициент											
		0,92	2,69	0,92	2,69	0,92	2,69	0,92	2,69	0,92	2,69	0,92	2,69
Сенажная масса													
P ₄₅ K ₆₀	1,4	63,8	38,1	8,90	5,37	59,0	33,5	68,4	57,9	8,00	7,72	57,8	53,3
	1,6	48,8	50,0	6,70	5,98	44,9	44,2	71,2	50,0	9,20	5,76	64,4	44,2
	1,8	65,3	44,5	7,60	6,33	49,3	41,4	67,0	61,6	9,20	5,86	61,7	52,0
N ₅₀ P ₄₅ K ₆₀	1,4	52,7	64,5	6,50	7,48	46,9	56,6	80,4	82,3	10,20	8,86	73,2	71,6
	1,6	73,3	61,6	10,60	7,13	68,6	54,0	64,7	80,0	9,30	9,08	60,4	71,0
	1,8	78,6	50,0	11,0	6,40	72,8	45,1	82,7	66,1	11,90	6,91	77,2	57,0
HCP ₀₀₅ , ц/га А		8,0	3,7					9,1	5,8				
В		8,3	5,5					8,4	7,2				
АВ		15,2	9,5					14,6	10,1				
Зерно													
P ₄₅ K ₆₀	1,4	33,0	22,2	6,24	4,91	41,6	27,9	36,2	43,9	6,81	8,75	45,7	54,3
	1,6	32,8	23,6	6,36	5,64	41,5	29,8	36,7	40,0	6,75	7,93	46,2	49,4
	1,8	36,8	23,6	7,51	4,40	46,8	29,0	36,2	43,3	6,81	6,83	45,7	52,3
N ₅₀ P ₄₅ K ₆₀	1,4	30,4	28,8	4,86	6,39	37,6	36,3	26,4	45,9	4,57	6,36	33,0	54,7
	1,6	32,6	29,7	5,64	6,51	40,8	37,1	33,6	47,8	5,75	8,40	41,9	58,1
	1,8	33,6	30,0	6,12	5,33	42,2	36,7	33,0	52,2	5,87	8,73	41,4	63,0
HCP ₀₀₅ , ц/га А		2,9	3,6					2,0	5,2				
В		3,5	3,0					2,5	4,3				
АВ		5,0	5,1					3,6	7,4				

При возделывании рассматриваемых смесей на зерно повышение доли люпина в семенах практически не оказывало влияния на их зерновую продуктивность и накопление обменной энергии в урожае, но приводило к достоверным положительным изменениям в накоплении сырого протеина, носившим как правило затухающий характер.

В среднем за годы исследований наиболее высокие величины продуктивности люпинопшеничной смеси отмечались при норме высева люпина 1,8 млн/га: урожайность зерна и накопление обменной энергии составили 33,7 ц/га и 42,8 ГДж/га (+2 и 4% к наименьшей норме высева), сбор сырого протеина – 7,70 ц/га (+13%).

У смеси люпина с ячменем и с овсом наиболее высокие величины продуктивности создавались при норме высева люпина в семенах 1,6 млн/га, а урожайность достигала соответственно 29,7 ц/га и 39,5 ц/га, накопление обменной энергии – 37,4 и 48,9 ГДж/га или + 4% и 5% к норме высева 1,4 млн/га, а сбор сырого протеина составил 6,04 и 7,21 ц/га, что превышало величину аналогичного показателя при наименьшей норме высева на 8 и 9%. Соотношение компонентов смесей в конечном урожае при указанных оптимальных нормах высева люпина в смешанных посевах с участием яровой пшеницы и ячменя составляло 48:52 и 42:58. В тоже время у смеси люпина с овсом преобладал злаковый компонент, доля которого составила 72% (табл. 3-6).

Таблица 5

Ботанический состав люпинопшеничной смеси на сенаж и зерно в зависимости от удобрений и норм высева бобового компонента при разных погодных условиях вегетационного периода. 2018-2020 гг.

Дозы удобрений, кг/га	Норма высева люпина в смеси, млн./га	Годы исследований					
		2018		2019		2020	
		Гидротермический коэффициент					
		1,00		0,92		2,69	
		Компоненты смеси, %					
		бобовый	злаковый	бобовый	злаковый	бобовый	злаковый
		Сенажная масса					
P ₄₅ K ₆₀	1,4	65	35	68	32	70	30
	1,6	54	46	58	42	44	56
	1,8	67	33	60	40	51	49
N ₅₀ P ₄₅ K ₆₀	1,4	42	58	61	39	20	80
	1,6	40	60	62	38	30	70
	1,8	52	48	47	53	41	59
		Зерно					
P ₄₅ K ₆₀	1,4	62	38	50	50	24	76
	1,6	60	40	48	52	58	42
	1,8	61	39	54	46	59	41
N ₅₀ P ₄₅ K ₆₀	1,4	58	42	34	66	14	86
	1,6	52	48	37	63	16	84
	1,8	53	47	36	64	22	78

Отмеченные особенности влияния норм высева люпина в смесях при посеве на продуктивность в зависимости от целей возделывания следует учитывать в практике их использования в кормопроизводстве Центрального Нечерноземья.

Реакция люпинозлаковых смесей на предпосевное внесение азота минеральных удобрений находилась в зависимости от целей их выращивания. При возделывании на сенаж независимо от условий увлажнения применение азота приводило к росту продуктивности. Сбор сухой массы возрастал на 10-35% в сравнении с фосфорно-калийным фоном в зависимости от состава. Накопление обменной энергии в ней увеличивалось на 15-34%, выход сырого протеина на 19-28%. На фоне N₅₀P₄₅K₆₀ максимальная урожайность сухой сенажной массы достигала 75,9-77,6 ц/га, накопление сырого протеина 10,47-12,04 ц/га,

обменной энергии 70,3-74,4 ГДж/га. Эти величины создавались при возделывании люпинопшеничной и люпиноовсяной смесей при умеренной засушливости. Максимальная продуктивность люпиноячменной смеси составляла только 83-89% от указанных выше значений (табл. 3-6).

Таблица 6

Ботанический состав люпиноячменной и люпиноовсяной смеси на сенаж и зерно в зависимости от удобрений и норм высева бобового компонента при разных погодных условиях вегетационного периода

Дозы удобрений, кг/га	Норма высева люпина в смеси, млн./га	Годы исследований	ГТК	Состав смеси			
				Люпин+ячмень		Люпин+овес	
				Бобовый	Злаковый	Бобовый	Злаковый
Сенажная масса							
P ₄₅ K ₆₀	1,4	2019	0,92	52	48	30	70
		2020	2,69	66	34	58	42
	1,6	2019	0,92	52	48	41	59
		2020	2,69	54	46	56	44
	1,8	2019	0,92	38	62	40	60
		2020	2,69	66	34	32	68
N ₅₀ P ₄₅ K ₆₀	1,4	2019	0,92	35	65	11	89
		2020	2,69	39	61	42	58
	1,6	2019	0,92	33	67	30	70
		2020	2,69	46	54	39	61
	1,8	2019	0,92	28	72	19	81
		2020	2,69	60	40	39	61
Зерно							
P ₄₅ K ₆₀	1,4	2019	0,92	38	62	24	76
		2020	2,69	44	56	44	56
	1,6	2019	0,92	42	58	23	77
		2020	2,69	59	41	44	56
	1,8	2019	0,92	44	56	25	75
		2020	2,69	32	68	21	79
N ₅₀ P ₄₅ K ₆₀	1,4	2019	0,92	24	76	16	84
		2020	2,69	43	57	16	84
	1,6	2019	0,92	27	73	14	86
		2020	2,69	38	62	32	68
	1,8	2019	0,92	24	76	14	86
		2020	2,69	25	75	28	72

При выращивании на зерно в условиях умеренной засушливости азот удобрений оказывал отрицательное влияние на продуктивность смесей, урожайность которых в зависимости от состава снижалась в среднем на 6-15%, сбор сырого протеина и энергии – на 9-20% и 6-16% в сравнении с величинами аналогичных показателей на фосфорно-калийном фоне. Максимальной продуктивностью выделялась люпиноовсяная смесь, обеспечившая без внесения азотного удобрения получение в среднем более 36 ц/га зерна, в котором накапливалось около 7 ц/га сырого протеина и до 46 ГДж/га обменной энергии, а доля люпина в конечном урожае составляла 24%. Однако наибольшим накоплением сырого протеина характеризовалась все же смесь люпина узколистного с яровой пшеницей – 7,50

ц/га или на 10% выше. В ее составе преобладал люпин, доля которого составила 56% (табл. 3-6).

В условиях большого количества осадков за вегетацию (ГТК 2,69) азот удобрения в комплексе с двукратной обработкой посевов антистрессантом помогал растениям справиться с переувлажнением. Он повышал урожайность зерна и накопление обменной энергии в нем на 15-35% и 13-30% соответственно в зависимости от состава смесей.

Однако его влияние на накопление сырого протеина в урожае носило противоречивый характер и зависело от состава смесей. Если у люпинопшеничной смеси под влиянием этого фактора уровень накопления сырого протеина уменьшался на 9% в сравнении с величиной на фоне РК, то у смеси люпина с ячменем – наоборот возрастал на 22% или с 4,28 ц/га до 6,08 ц/га, а у люпиноовсяной величины этого показателя были равными 7,84% и 7,83 ц/га. Максимальной продуктивностью также выделялась смесь люпина с овсом с урожайностью зерна около 50 ц/га, накоплением протеина и энергии 7,83 ц/га, 60,1 ГДж/га при доле люпина в зерносмеси 25% (табл. 3-6).

Заключение

На хорошо обеспеченной фосфором и калием среднесуглинистой дерново-подзолистой почве Центра Нечерноземной зоны России люпинозлаковые смеси на сенаж с участием люпина узколистного детерминантного сорта Ладный, яровой пшеницей, ячменем или овсом наиболее высокую продуктивность обеспечивали при посеве нормами высева люпина в смеси 1,6-1,8 млн./га, зерновых 3,5; 3,6 и 2,25 млн./га или 60, 72 и 50% от полной нормы высева на фоне $N_{50}P_{45}K_{60}$ в условиях умеренной засушливости (ГТК 0,92-1,00). Сбор сенажной массы в зависимости от состава достигал 73-93 ц/га, обменной энергии и протеина 73-89 ГДж/га и 9,2-14,3 ц/га. Ухудшение метеорологических условий вследствие переувлажнения снижало показатели продуктивности на 8-42%.

При выращивании на зерно реакция смешанных посевов на изучаемые элементы агротехнологии зависела от погодных условий вегетационного периода. Смеси люпина с яровой пшеницей и с овсом наиболее высокую продуктивность создавали при избыточном увлажнении (ГТК 2,60) по тем же параметрам агротехнических факторов, что и при выращивании на сенаж: урожайность 45 и 52 ц/га, выход сырого протеина 6,8 и 8,7 ц/га, накопление обменной энергии 54 и 63 ГДж/га.

Для люпиноячменной смеси наилучшие условия формирования зерновой продуктивности обеспечивались при умеренной засушливости вегетационного периода, посеве нормами высева 1,8 + 3,6 млн./га по фону $P_{45}K_{60}$: урожайность 36,8 ц/га, сбор протеина 7,5 ц/га, обменной энергии 47 ГДж/га.

N_2 - фиксирующая способность смеси люпина с яровой пшеницей наибольших величин, судя по доле $N_{биол.}$ в урожае надземной массы, достигала в условиях умеренной засушливости на фоне $P_{45}K_{60}$ и составляла в среднем 39%, у люпиноячменной – 44% по фону $N_{50}P_{45}K_{60}$, а у смеси люпина с овсом при избыточном увлажнении также на фоне полного минерального удобрения – 59%.

Литература

1. Артюхов А.И., Гапонов Н.В. Перспективные подходы к решению проблемы протеиновой питательности кормов // Научные основы повышения эффективности систем земледелия и животноводства / Труды регион. науч.-практ. конф. – Калуга. – 2011. – С. 14-48.
2. Мазуров В.Н., Лукашов В.Н., Исаков А.Н. Использование зернобобовых культур и бобово-злаковых смесей на корм скоту в условиях Калужской области // Зернобобовые и крупяные культуры. 2013. - № 2 (6). - С.123-125.
3. Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Грядунова Н.В. Развитие производства зернобобовых культур в Российской Федерации // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – № 2 (26) – С. 4-10.
4. Шпаков А.С., Волович В.Т. Кормопроизводство Центрального Федерального округа: состояние и перспективы развития // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство / Сб. науч. трудов. – М. – 2017. Вып. 15 (63). – С. 5-13.
5. Исаева Е.И. Способы использования люпина в севообороте как важный фактор биологизации системы кормопроизводства в условиях юго-запада Нечерноземной зоны России // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство / Сб. науч. трудов. – М.: – 2016. Вып. 10 (58). – С. 103-108.
6. Дебелый Г.А., Рыжков Т.Ф. Биохимические исследования зерновых бобовых культур в НИИСХ ЦРНЗ // Материалы науч.-практ. конф. Немчиновка. – 2006. – С. 104-109.

7. Купцов Н.С., Такунов И.П. Люпин – генетика, селекция, гетерогенные посевы. – Брянск, Клинцы: Изд.- во ГУН «Клинцовская городская типография», – 2006. – 576 с.
8. Новиков М.Н., Такунов И.П. Смешанные посевы с люпином в земледелии Нечерноземной зоны. – М.: ООО «Столичная типография». – 2008. – 160 с.

References

1. Artyukhov A.I., Gaponov N.V. Promising approaches to solving the problem of protein nutritional value of feed. Scientific bases for increasing the efficiency of farming and livestock systems. Proceedings of the region. scientific-practical conf., Kaluga, 2011, pp. 14-48. (In Russian)
2. Mazurov V.N., Lukashov V.N., Isakov A.N. The use of leguminous crops and legume-cereal mixtures for livestock feed in the conditions of the Kaluga region. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*. 2013, No. 2 (6). p. 123-125. (In Russian)
3. Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Gryadunova N.V. Development of production of leguminous crops in the Russian Federation. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury*, 2018, No. 2, pp. 4-10. (In Russian)
4. Shpakov A.S., Volovich V.T. Feed production of the Central Federal District: state and development prospects. Multifunctional adaptive feed production. Coll. scientific works. Moscow, 2017, 15 (63), pp. 5-13. (In Russian)
5. Isaeva E.I. Methods of using lupine in crop rotation as an important factor in the biologization of the forage production system in the south-west of the Non-Chernozem zone of Russia. Multifunctional adaptive forage production. Coll. scientific works. Moscow, 2016. Issue. 10 (58), pp. 103-108. (In Russian)
6. Debely G.A., Ryzhkov T.F. Biochemical studies of grain legumes in the Research Institute of Agriculture TsRNZ. Materials of scientific and practical conf. Nemchinovka, 2006, pp. 104-109. (In Russian)
7. Kuptsov N.S., Takunov I.P. Lupine - genetics, breeding, heterogeneous crops. Bryansk, Klinty, *GUN "Klintsovskaya city printing house"*, 2006, 576 p. (In Russian)
8. Novikov M.N., Takunov I.P. Mixed crops with lupine in agriculture in the Non-Black Earth Zone, Moscow, *ООО «Stolichnaya tipografiya»*, 2008, 160 p. (In Russian)