

2. Плодородие почв и применение удобрений

defecat (15–34 c/ha with cost 1 t CaCO₃ 7,5–17,0 c/ha), and the maximal a productivity gain of grain millet is received from dose meliorates 4,0 t/ha CaCO₃ (3,0–4,0 c/ha of a grain with cost 1 t CaCO₃ 0,6-1,0 c/ha of a grain).

Поступила 10.02.14

УДК 631.8.022.3:633.367:631.559

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ И СЕМЯН ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ЛЕГКОСУГЛИНИСТЫХ И РЫХЛОСУПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ

В.И. Сороко, Г.В. Пироговская, С.С. Хмелевский, О.И. Исаева
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Значение люпина узколистного в земледелии обусловлено многими факторами: он не требует большого количества удобрений, при соблюдении технологической дисциплины обеспечивает высокие урожаи зеленой массы и семян и широко используется в кормопроизводстве [1, 2, 3]. При использовании семян зернобобовых культур на кормовые цели наибольшую прибыль обеспечивал люпин узколистный – 496,5 дол. USD/га [4]. В Беларуси в последние годы посевные площади под люпином узколистным колеблются в пределах 32–40 тыс. га при средней урожайности в сельскохозяйственных предприятиях 15,3–22,8 ц/га. Оптимальные посевные площади люпина в республике к 2015 г. должны возрасти до 130 тыс. га при общей потребности в зернобобовых культурах 375 тыс. га [5]. Перспектива увеличения посевных площадей, создание новых отечественных высокопродуктивных сортов, с повышенной потребностью к обеспеченности всеми элементами питания, предполагает разработку и внедрение в производство новых эффективных приемов, обеспечивающих повышение урожайности и качественных показателей люпина узколистного, в том числе применение микроэлементов [6]. Недостаточное потребление микроэлементов растениями сдерживает рост урожайности и оказывает негативное действие на качество корма. Так, дефицит кобальта в травяных кормах составляет 70–80%, марганца – 10–20%, молибдена – 60–65% [7, 8, 9]. Дефицит бора в кормах обусловлен недостатком его в 50% почв нечерноземной зоны, а кобальта, марганца и молибдена — в 73, 72 и 55% почв соответственно [8].

Необходимость применения микроэлементов под люпин узколистный обусловлена его биологическими особенностями. По сравнению с зерновыми

культурами вегетативные органы и семена люпина содержат более высокое количество микроэлементов, особенно марганца, бора и молибдена. При недостатке необходимых микроэлементов снижается урожайность и устойчивость к болезням. Например, острый недостаток марганца вызывает сплит семян (растрескивание оболочек), вегетативное израстание и угнетение генеративной сферы [6]. Установлено также, что бобовые растения содержат от 0,024 до 0,052 мг % кобальта, тогда как злаковые только 0,008–0,026 мг % [8], что свидетельствует о высокой потребности бобовых культур в кобальте.

Последние исследования показали, что под бобовые эффективно применение как одного из необходимых микроэлементов, так и нескольких. Перспективным направлением при использовании микроудобрений является применение их в составе комплексных многокомпонентных удобрений, содержащих необходимые растениям микроэлементы в хелатной форме (Zn, Si, B, Mo, Co, Mn). **Микроэлементы в виде солей и комплексонов используются также для предпосевной обработки семян и некорневых подкормок** [10, 11, 12].

В наших исследованиях изучалось влияние комплексных удобрений с микроэлементами на урожайность и качество зеленой массы и семян люпина узколистного при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой и рыхлосупесчаной почвах.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению влияния системы удобрения на продуктивность и качество зеленой массы и семян люпина узколистного проводились в 2011–2012 гг. на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной, развивающейся на рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 0,35 м рыхлым песком, почве в КСПУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области и на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в СПК «Щемяслица» (2011 г.) и ОАО «Гастелловское» (2012 г.) Минского района Минской области.

Повторность вариантов в опытах – 4-кратная. В 2011 г. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве общая площадь делянки составила 32 м², учетная — 21 м²; в 2012 г. – 27 м² и 17,5 м². Предшественники – яровой рапс, ячмень. Общая площадь делянки на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве составила 18 м², учетная – 10 м². Предшественник – овес + промежуточная культура.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя почв (0–25 см) в опытах на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве была следующая: в 2011 г. pH_{KCl} – 5,46 (среднее по полю); P₂O₅ – 452 мг/кг почвы; K₂O – 345 мг/кг; Ca – 739; Mg – 155 мг/кг почвы; содержание гумуса – 2,01%; в 2012 г. pH – 5,89; P₂O₅ – 579 мг/кг почвы; K₂O – 373 мг/кг; Ca – 1482; Mg – 117 мг/кг почвы; содержание гумуса – 2,46%. Содержание подвижных форм марганца составило в среднем 2,0–5,9 мг/кг, бора (H₂O) – 0,33–0,65 мг/кг. Соответственно на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве в 2011 г.: pH_{KCl} – 5,39, P₂O₅ – 293, K₂O – 295 мг/кг почвы, содержание гумуса – 2,69%; в 2012 г.: pH_{KCl} – 5,55, P₂O₅ – 291, K₂O – 274 мг/кг почвы, Ca – 584, Mg – 52 мг/кг почвы, содержание гумуса – 2,63%. Содержание

2. Плодородие почв и применение удобрений

подвижных форм молибдена составило в среднем 0,1 мг/кг, кобальта – 0,35 мг/кг, марганца – 0,45 мг/кг, бора (H_2O) – 0,30 мг/кг.

Анализ почвенных и растительных образцов выполнялся в соответствии с общепринятыми методиками.

В почвенных образцах определяли: pH в KCl суспензии – методом ЦИНАО (ГОСТ 26483–85); подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову, в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207–91); обменные катионы (Ca^{++} , Mg^{++}) – методом ЦИНАО (ГОСТ 26487–85); гумус – методом ЦИНАО (ГОСТ 26213–91).

В растительных пробах определение азота, фосфора, калия, кальция, магния проводилось после мокрого озоления (смесью серной кислоты и перекиси водорода), в том числе азот – по ГОСТ 13496.4–93 п. 2; фосфор – спектрофотометрически; калий – на пламенном фотометре; кальций – по ГОСТ 26570–95; магний – по ГОСТ 30502–97, на атомно-адсорбционном спектрофотометре. Из качественных характеристик в зеленой массе и семенах люпина определено содержание протеина, рассчитанное по азоту. Определение критических и незаменимых аминокислот (лизин, треонин, метионин, валин, изолейцин, лейцин, фенилаланин) в семенах люпина проводилось на жидкостном хроматографе Agilent 1100.

Статистическая обработка результатов исследований проведена по Б.А. Доспехову с использованием соответствующих программ дисперсионного анализа.

Температура воздуха и осадки приведены по данным наблюдений Гидрометцентра и в экспериментальной базе им. Суворова Узденского района, а также на лизиметрической станции РУП «Институт почвоведения и агрохимии» (г. Минск). Гидротермический коэффициент (ГТК) рассчитывался по Г.Т. Селянинову.

Объектом исследований являлся люпин узколистый Першацвет. Сорт зернового направления, обладает быстрым начальным ростом и устойчивостью к болезням.

В опытах изучались комплексные удобрения в дозе $N_{15}P_{50}K_{100}$ с микроэлементами (B, Mo, Mn, Co) в различных сочетаниях. Схемы опытов представлены в таблицах.

Климатические условия (сумма активных температур, сроки наступления заморозков, количество и распределение в течение года осадков и влагообеспеченность почв), а также биологические особенности растений, их адаптивность к условиям произрастания определяют эффективность удобрений и, как следствие, продуктивность растений [13, 14]. Известно, что в засушливые годы эффективность NPK снижается в среднем на 36%, а во влажные годы возрастает на 52% по сравнению с действием удобрений в нормальные годы [14, 15].

Для оценки условий увлажнения применяется показатель увлажнения – гидротермический коэффициент (ГТК). Если ГТК больше 1,6, то год считается влажный, от 1,6 до 1,3 – оптимальный, от 1,3 до 1,0 – слабозасушливый, от 1,0 до 0,7 – засушливый, от 0,7 до 0,4 – очень засушливый, от 0,4 до 0,2 – сухой, от 0,2 и меньше – очень сухой [16].

Метеорологические условия вегетационных периодов 2011–2012 гг. приведены в таблице 1.

Температура воздуха, количество атмосферных осадков и гидротермический коэффициент за период апрель-август, 2011–2012 гг.

Год	Показатель	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	За 4–8 месяц
Дерново-подзолистая легкосуглинистая почва, СПК «Щемяслица», ОАО «Гастелловское»							
2011	Осадки, мм	13,8	70,5	62,3	119,1	56,9	322,6
	t °С	8,8	14,2	18,7	20,7	18,2	16,1
	Сумма t ° > 5°С	264	440,2	561	641,7	564,2	2471,1
	ГТК	0,52	1,60	1,11	1,86	1,01	1,31
2012	Осадки, мм	95,4	63,7	99,5	25,9	37,2	321,7
	t °С	8,0	14,7	15,6	21,0	18,3	15,5
	Сумма t ° > 5°С	240	455,7	468	651	567,3	2382
	ГТК	3,98	1,40	2,13	0,40	0,66	1,35
Средне-голетнее	Осадки, мм	46	61	82	90	81	72,0
	t °С	5,5	12,7	16,0	17,7	16,3	13,6
	Сумма t ° > 5°С	165	393,7	480	548,7	505,3	418,5
	ГТК	2,79	1,55	1,71	1,64	1,60	1,90
Дерново-подзолистая рыхлосупесчаная, КСПУП «Экспериментальная база им. Суворова»							
2011	Осадки, мм	21,6	73,3	131,2	92	57,3	375,4
	t °С	8,8	14,2	18,7	20,7	18,2	16,1
	Сумма t ° > 5°С	264,0	440,2	561,0	641,7	564,2	2471,1
	ГТК	0,82	1,67	2,34	1,43	1,02	1,52
2012	Осадки, мм	86,7	47,2	135	30,9	69,1	368,9
	t °С	8,6	14	14,4	19,1	15,9	14,4
	Сумма t ° > 5°С	258,0	434,0	432,0	592,1	492,9	2209,0
	ГТК	3,36	1,09	3,13	0,52	1,40	1,67
Средне-голетнее	Осадки, мм	48	61	81	90	83	363,0
	t °С	5,3	12,4	16,1	17,6	16,3	13,5
	Сумма t ° > 5°С	159,0	384,4	483,0	545,6	505,3	2077,3
	ГТК	3,02	1,59	1,68	1,65	1,64	1,75

2. Плодородие почв и применение удобрений

В опытах на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (2011 г. – СПК «Щемыслица», 2012 г. – ОАО «Гастелловское») распределение осадков в период возделывания люпина узколистного (апрель-август) было следующим: в мае 2011 г. выпало 70,5 мм осадков, в июле – 119,1 мм, при среднемноголетнем – 61 и 90 мм, а апрель и август были засушливыми (13,8 и 56,9 мм, при среднемноголетнем – 48 и 83 мм). Засушливые условия в апреле несколько задержали всхожесть семян люпина, всходы появились через 12–15 суток. В целом осадки в 2011 г. за вегетационный период возделывания люпина узколистного (апрель-август) составили 322,6 мм, сумма температур – 2471,1 °С, ГТК = 1,31, что характеризует условия 2011 г. как оптимальные, способствующие созданию высокого урожая.

В 2012 г. в опыте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве осадки в апреле, мае и июне были выше среднемноголетних, а июль и август были засушливыми. ГТК по месяцам изменялся в пределах от 0,40 (июль) до 3,98 (апрель). За апрель-август выпало 321,7 мм осадков, сумма температур составила 2382 °С, ГТК = 1,35, что характеризует 2012 г. как оптимальный, однако сильная засуха в июле (осадков в 3,5 раза меньше среднемноголетней нормы) снизила урожай зеленой массы и семян люпина по сравнению с 2011 г.

В опытах на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве (КСПУП «Экспериментальная база им. Суворова») вегетационный период 2011 г. отличался обильным выпадением осадков в мае и июне, в июле – на уровне среднемноголетних, а апрель и август были засушливыми с осадками 21,6 и 57,3 мм, при среднемноголетних значениях – 48 и 83 мм. В целом влагообеспеченность растений была хорошей, а засушливые условия в апреле и августе не оказали сильного влияния на снижение урожайности люпина. Гидротермический коэффициент за апрель-август составил 1,52, т.е. вегетационный период был оптимальным.

2012 г. отличался обильным выпадением осадков в апреле и июне (в виде 2-х ливней), а июль был засушливым, август – на уровне среднемноголетних. Осадки за 4–8 месяц составили 68,9 мм, сумма температур – 2209 °С, гидротермический коэффициент – 1,67 (влажный). Ливневые дожди в июне и засушливые условия в июле отрицательно сказались на росте, развитии растений и урожайности люпина узколистного.

Результаты метеорологических наблюдений свидетельствуют, что 2011 г. был более благоприятным для люпина в сравнении с 2012 г. как при возделывании на дерново-подзолистой легкосуглинистой, так и на рыхлосупесчаной почвах. Основной причиной снижения урожая зеленой массы и семян люпина являлась июльская засуха (осадки в 3,5 и 2,9 раза меньше нормы, при ГТК – 0,40 и 0,52 соответственно).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве эффективность комплексных удобрений с добавками микроэлементов (В, Мо, Мп, Со), применяемых по отдельности или в сочетаниях, изучалась на люпине узколистном при основном внесении, перед севом. В качестве базового использовался вариант с внесением комплексного удобрения без микроэлементов в дозе $N_{15}P_{50}K_{100}$.

В среднем за два года исследований (2011–2012 гг.) в вариантах с применением удобрений была получена высокая урожайность зеленой массы люпина – 517–557 ц/га с прибавкой от удобрений 142–182 ц/га (табл. 2).

По результатам двухгодичных исследований, выявлено положительное влияние новых форм удобрений на урожайность зеленой массы люпина узколистного по сравнению с базовым вариантом.

Применение комплексных удобрений с В и Мо, а также NPK с В, Мо и Мп в дозе $N_{15}P_{50}K_{100}$ обеспечило достоверную прибавку зеленой массы – 40 и 37 ц/га, или 7,2–6,8 ц/га к.ед. соответственно. Внесение NPK с В, а также NPK с В, Мо и Со обеспечило увеличение урожайности зеленой массы люпина только в условиях 2012 г. (14 и 32 ц/га), а в среднем за два года урожайность находилась на уровне базового варианта (различия в пределах НСР).

Окупаемость 1 кг NPK при внесении NPK с В и Мо и NPK с В, Мо, Мп повышалась от 15,4 (базовый) до 19,8 и 19,5 к.ед. с прибавкой к базовому варианту 4,4 и 4,1 к.ед. зеленой массы люпина (табл. 2).

Таблица 2

Влияние новых форм комплексных удобрений с добавками микроэлементов на урожайность зеленой массы люпина узколистного Першацвет на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, 2011–2012 гг.

Вариант	Урожайность зеленой массы, ц/га			Прибавка		Сбор к.ед., ц/га		
	2011 г.	2012 г.	среднее	к базовому, ц/га	от 1 кг NPK, к.ед.	2011 г.	2012 г.	среднее
Контроль без удобрений	520	230	375	–	–	93,6	41,4	67,5
$N_{15}P_{50}K_{100}$ – комплексное без микроэлементов (базовый)	716	317	517	–	15,4	128,9	57,1	93,0
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В	705	331	518	1	15,6	126,9	59,6	93,2
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Мо	760	353	557	40	19,8	136,8	63,5	100,2
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Мо, Мп	752	356	554	37	19,5	135,4	64,1	99,7
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Мо, Со	729	349	539	22	17,9	131,2	62,8	97,0
НСР ₀₅	51,9	20,8	29,1	–	–	9,1	3,8	6,6

2. Плодородие почв и применение удобрений

Качественные показатели зеленой массы люпина в вариантах с внесением комплексных удобрений с микроэлементами повышались по отношению к удобрениям без добавок. Содержание протеина возросло на 0,2–3,3%, а сбор сырого протеина с гектара – на 1,4–2,9 ц, или 10,5–21,3%. Обеспеченность 1 к.ед. переваримым протеином возросла до 113,2–124,6 г и была на 3,3–14,7 г (3,0–13,4%) выше по отношению к базовому варианту (109,9 г) (табл. 3).

Таблица 3

Влияние новых форм комплексных удобрений с добавками микроэлементов на качество зеленой массы люпина узколистного Першацвет на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, 2011–2012 гг.

Вариант	Сырой протеин			Переваримый протеин	
	%	сбор, ц/га	+,- к базовому	в 1 к.ед., г	+,- к базовому
Контроль без удобрений	24,3	10,6	–	115,8	–
$N_{15}P_{50}K_{100}$ – комплексное без микроэлементов (базовый)	23,3	13,8	–	109,9	–
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В	25,4	15,2	1,4	121,0	11,1
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Мо	23,5	16,7	2,9	123,5	13,6
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Мо, Мп	25,1	15,3	1,5	113,2	3,3
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Мо, Со	26,6	16,3	2,5	124,6	14,7
НСР ₀₅	0,75	–	–	–	–

Химический состав зеленой массы при внесении удобрений изменялся неоднозначно, в большей степени варьировало содержание азота и калия, также в удобренных вариантах наблюдалась тенденция к увеличению кальция. Содержание азота составило 3,73–4,26% (на контроле 3,88), фосфора – 1,15–1,23% (1,20), калия – 2,44–2,67% (2,34), кальция – 1,40–1,70% (1,38), магния – 0,43–0,47% (0,46) (табл. 4).

Урожайность семян люпина, как и зеленой массы, в 2011 г. была в 1,2–1,5 раза выше в сравнении с урожаем 2012 г. (табл. 5).

Уровень почвенного плодородия позволил сформировать высокий урожай семян люпина узколистного на контроле без удобрений, который в среднем за 2011–2012 гг. составил 27,7 ц/га. Внесение комплексных удобрений без добавок повышало урожайность на 4,1 ц/га (31,8 ц/га).

Внесение комплексных удобрений с добавками микроэлементов позволило увеличить урожайность семян люпина узколистного до 33,1–35,8 ц/га, или на 1,3–4,0 ц/га (4,1–12,6%), по сравнению с базовым вариантом, где микроэлементы не входили в состав комплексного удобрения. По результатам двухгодичных исследований, лучшими формами удобрений, которые в большей степени оказывали положительное влияние на урожайность семян люпина узколистного при дозе внесения $N_{15}P_{50}K_{100}$, были NPK с В, Мо (средняя урожайность 35,8 ц/га) и NPK с В (35,4 ц/га), с достоверной прибавкой зерна 4,0–3,6 ц/га.

Окупаемость 1 кг удобрений в базовом варианте была достаточно низкой – 2,5 семян, при внесении новых форм комплексных удобрений с микроэлементами возрастала до 3,3–4,9 кг, или на 0,8–2,4 кг семян по отношению к базовому варианту (табл. 5).

Качество семян люпина при внесении комплексных удобрений с добавками микроэлементов улучшалось как по сравнению с контрольным, так и с базовыми вариантами: содержание протеина возрастало с 24,3–27,9% до 28,6–29,5%. Сбор протеина увеличивался с 7,6 (базовый вариант) до 8,3–8,9 ц/га, или на 0,7–1,3 ц/га (9,2–17,1%). Ценность семян как корма для животных также повышалась. Обеспеченность 1 к.ед. переваримым протеином возросла с 155,0 г на контроле и 177,7 г в базовом варианте до 182,3–193,2 г при внесении комплексных удобрений с микроэлементами, т.е. повышалась на 4,6–15,5 г, или 2,6–8,7% (табл. 6).

Таблица 4

Содержание элементов питания в зеленой массе люпина узколистного Першацвет на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, 2011–2012 гг.

Вариант	Содержание элементов питания, %				
	$N_{\text{общ.}}$	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg
Контроль без удобрений	3,88	1,20	2,34	1,38	0,46
$N_{15}P_{50}K_{100}$ – комплексное без микроэлементов (базовый)	3,73	1,20	2,44	1,58	0,45
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В	4,06	1,17	2,67	1,40	0,43
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Мо	3,76	1,23	2,63	1,63	0,48
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Мо, Мп	4,01	1,23	2,57	1,41	0,47
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Мо, Со	4,26	1,15	2,63	1,70	0,47
HCP_{05}	0,14	0,04	0,03	0,007	0,006

2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 5

Влияние новых форм комплексных удобрений с добавками микроэлементов на урожайность семян люпина узколистного Першацвет на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, 2011–2012 гг.

Вариант	Урожайность зерна, ц/га			Прибавка к базовому		Прибавка	
	14% влажность			ц/га	%	от 1 кг NPK, кг зерна	к базовому, кг
	2011 г.	2012 г.	среднее				
Контроль без удобрений	32,8	22,5	27,7	–	–	–	–
$N_{15}P_{50}K_{100}$ – комплексное без микроэлементов	35,9	27,6	31,8	–	–	2,5	–
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В	38,3	32,5	35,4	3,6	11,3	4,7	2,2
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Мо	42,6	29	35,8	4,0	12,6	4,9	2,4
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Мо, Мп	37,6	28,6	33,1	1,3	4,1	3,3	0,8
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Мо, Со	38,2	29,4	33,8	2,0	6,3	3,7	1,2
HCP ₀₅	2,4	2,0	2,21	–	–	–	–

Таблица 6

Влияние новых форм комплексных удобрений с добавками микроэлементов на качество семян люпина узколистного Першацвет на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, 2011–2012 гг.

Вариант	Сырой протеин			Переваримый протеин	
	%	сбор, ц/га	+,- к базовому	в 1 к.ед., г	+,- к базовому
Контроль без удобрений	24,3	5,8	–	155,0	–
$N_{15}P_{50}K_{100}$ – комплексное без микроэлементов	27,9	7,6	–	177,7	–
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В	28,6	8,7	1,1	182,3	4,6
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Мо	29,1	8,9	1,3	185,3	7,6
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Мо, Мп	29,1	8,3	0,7	188,1	10,4
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Мо, Со	29,5	8,6	1,0	193,2	15,5
HCP ₀₅	0,87	–	–	–	–

Кроме общей обеспеченности кормов переваримым протеином, большое значение имеет также ценность белка сельскохозяйственных культур. Установлено, что биосинтез аминокислот определяется генетическими факторами, однако агротехнические приемы могут влиять на количество тех или иных фракций аминокислот. Аминокислоты, содержащиеся в белках кормов, делят на незаменимые и критические. Недостаточное количество незаменимых аминокислот в кормах для животных вызывает различные нарушения деятельности организма [17, 18]. В число незаменимых аминокислот входят критические, имеющие особенное значение.

В наших исследованиях изучалось воздействие стандартных и комплексных удобрений с микроэлементами на содержание незаменимых аминокислот в семенах люпина узколистного при возделывании на дерново-подзолистых легкосуглинистой и рыхлосупесчаной почвах.

Установлено, что на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве сумма критических аминокислот в варианте с комплексными удобрениями без микроэлементов составила 26,86 г/кг семян. Введение модифицирующих добавок в состав комплексных удобрений (NPK с В, Мо, Мп и NPK с В, Мо, Со) увеличивало количество критических аминокислот на 11–12% (табл. 7).

Содержание незаменимых аминокислот в семенах люпина узколистного в варианте с NPK без добавок составило 79,76 г/кг, в вариантах с новыми формами комплексных удобрений с микроэлементами оно повышалось на 0,25–7,59 г/кг, или 0,31–9,5%. При этом следует отметить, что в вариантах, где вводились три вида микроэлементов (**В, Мо, Мп** или **В, Мо, Со**), **содержание незаменимых аминокислот** было более высоким по сравнению с внесением одного бора или бора с молибденом на 1,29–7,34 г/кг.

Содержание общего азота в семенах люпина изменялось в большей степени в сравнении с другими элементами минерального питания и составляло от 3,89% в контрольном варианте и 4,46% в базовом до 4,58–4,72% в вариантах с комплексными удобрениями с модифицирующими добавками. Содержание фосфора, в зависимости от вариантов опыта, находилось в пределах от 1,12 до 1,27%, калия – 0,97–1,18, кальция – 0,16–0,22 и магния – 0,26–0,33% (табл. 8).

На дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве в КСПУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области изучалась эффективность комплексного NPK с добавками В, Мп и Мо. Урожайность зеленой массы на контроле составила в среднем за два года 373 ц/га, в вариантах с удобрениями – 451–481 ц/га. Применение комплексного NPK с В, Мо, Мп под люпин узколистный способствовало увеличению урожайности зеленой массы люпина на 11–19 ц/га и окупаемости 1 кг NPK удобрений на 1,7–2,3 к.ед. (табл. 9).

Урожайность семян люпина на контроле составила 24,5 ц/га, при внесении удобрений – 30,0–32,8 ц/га. Прибавка урожая от внесения стандартных форм удобрений составила 4,3–5,5 ц/га, при внесении комплексных с микроэлементами – 5,5–8,3 ц/га. Внесение удобрений с модифицирующими добавками увеличивало урожайность семян по сравнению со стандартными туками на 1,8–2,8 ц/га с повышением окупаемости 1 кг удобрений с 3,4–4,4 до 4,4–6,6 к.ед. (на 1,0–2,2 к.ед.) в зависимости от системы удобрения (органо-минеральной или минеральной).

2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 7

Влияние форм комплексных удобрений с добавками микроэлементов на аминокислотный состав люпина узколистного Першацвет на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, 2011–2012 гг., г/кг семян

Вариант	Лизин	Треонин	Метионин	Валин	Изолейцин	Лейцин	Фенилаланин	Сумма аминокислот	
								кри- тиче- ских	неза- мени- мых
Контроль без удобрений	10,65	11,57	2,55	10,32	10,81	18,50	10,00	24,77	74,40
$N_{15}P_{50}K_{100}$ – комплексное без микроэлементов	12,10	12,34	2,42	11,08	11,29	19,83	10,70	26,86	79,76
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В	12,48	12,17	2,22	11,56	11,52	20,01	10,77	26,87	80,73
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Мо	11,99	12,00	2,83	11,32	11,98	19,37	10,52	26,82	80,01
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Мо, Мп	13,65	13,54	2,71	11,44	10,57	19,66	10,45	29,90	82,02
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Мо, Со	13,98	13,09	2,98	11,94	12,77	21,15	11,44	30,05	87,35

Таблица 8

Содержание элементов питания в семенах люпина узколистного Першацвет на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, 2011–2012 гг.

Вариант	Содержание элементов питания, %				
	$N_{\text{общ.}}$	P_2O_5	K_2O	Са	Мg
Контроль без удобрений	3,89	1,21	1,18	0,18	0,28
$N_{15}P_{50}K_{100}$ – комплексное без микроэлементов	4,46	1,24	1,03	0,22	0,30
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В	4,58	1,27	1,06	0,18	0,26
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Мо	4,65	1,20	0,97	0,16	0,28
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Мо, Мп	4,65	1,12	0,99	0,18	0,33
$N_{15}P_{50}K_{100}$ с В, Мо, Со	4,72	1,22	1,03	0,16	0,27
HCP_{05}	0,14	0,04	0,03	0,007	0,006

Влияние системы удобрения на урожайность зеленой массы и семян люпина узколистного Першацвет на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве (КСПУП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района Минской области), 2011–2012 гг.

Вариант	Урожайность зеленой массы, ц/га	Прибавка от удобрений		Урожайность зерна, ц/га	Прибавка от удобрений	
		к контролю и НРК ст*, ц/га	от 1 кг НРК, к.ед.		к контролю и НРК ст*, ц/га	от 1 кг НРК, кг зерна
	зеленая масса			семена		
Контроль без удобрений	373			24,5	–	–
N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ смесь стандартных удобрений (ст)	451	78	9,7	30,0	5,5	4,4
N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ комплексное с В, Мп, Мо	470	$\frac{97}{19^*}$	12,0	32,8	$\frac{8,3}{2,8^*}$	6,6
6 т/га ОУ** + N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ ст	470	81	10,0	30,8	4,3	3,4
6 т/га ОУ + N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ комплексное с В, Мп, Мо	481	$\frac{92}{11^*}$	11,4	32,0	$\frac{5,5}{1,8^*}$	4,4
НСР ₀₅	18,9	–	–	2,4	–	–

Примечание:

1. Прибавка от новых форм удобрений к стандартным тукам, 6 т/га.
2. ОУ – доза органических удобрений в севообороте, среднегодовая (третий год последействия). Урожай зеленой массы на фоне 6 т/га ОУ составил 389 ц/га, семян – 26,5 ц/га.

Содержание сырого протеина в зеленой массе люпина составило в среднем по вариантам опыта 23,8%, а на контроле – 22,7%, в вариантах с удобрениями – 23,5–24,6%. В вариантах со стандартными, или на 0,3–1,3 ц/га. Содержание переваримого протеина в 1 к.ед. зеленой массы составило в среднем по вариантам опыта 107,0 г, что несколько выше минимальной физиологически обоснованной потребности – 105 г [19]. Комплексные удобрения с микроэлементами увеличивали обеспеченность 1 к.ед. протеином с 105,1–106,8 до 106,9–110,9 – на 0,1– 5,9 г (табл. 10).

2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 10

Влияние новых форм комплексных удобрений с добавками микроэлементов на качество зеленой массы и семян люпина узколистного Першацвет на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве, 2011–2012 гг.

Вариант	Сырой протеин			Переваримый протеин	
	%	сбор, ц/га	+,- к базовому	в 1 к.ед., г	+,- к базовому
	зеленая масса				
Контроль без удобрений	22,7	10,6	–	105,5	–
N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ ст	23,5	12,8	–	105,1	–
N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ комплексное с В, Мп, Мо	24,6	14,1	1,3	110,9	5,9
ОУ ₁ + N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ ст	23,9	13,6	–	106,8	–
ОУ ₁ + N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ комплексное с В, Мп, Мо	24,1	13,9	0,3	106,9	0,1
Среднее по зеленой массе	23,8	13,0	–	107,0	–
семена					
Контроль без удобрений	26,1	5,5	–	166,2	–
N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ ст	26,6	6,9	–	169,6	–
N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ комплексное с В, Мп, Мо	27,9	7,9	1,0	178,1	8,6
ОУ ₁ + N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ ст	27,1	7,2	–	172,7	–
ОУ ₁ + N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ комплексное с В, Мп, Мо	28,4	7,8	0,6	181,1	8,4
Среднее по зерну	27,2	7,1	–	173,5	–

Содержание сырого протеина в семенах люпина было выше, чем в зеленой массе и составило в среднем по вариантам опыта 27,2%, а на контроле – 26,1%, в вариантах с удобрениями – 26,6–28,4%. В вариантах со стандартными удобрениями содержание протеина было на уровне 26,6–27,1%, в вариантах с комплексными удобрениями – 27,9–28,4%, что на 1,3% выше, чем в вариантах

со стандартными удобрениями. Содержание переваримого протеина в 1 к.ед. семян люпина узколистного составило на фоне стандартных удобрений 169,6–172,7, а на фоне NPK с В, Мп, Мо – 178,1–181,1 г, т.е. выше на 8,4–8,6 г.

Полученные результаты на дерново-подзолистых легкосуглинистых и рыхлосупесчаных почвах свидетельствуют, что использование комплексных удобрений с микроэлементами позволяет увеличить обеспеченность 1 к.ед. зеленой массы люпина протеином по сравнению со стандартными туками в среднем на 6,9 г, а 1 к.ед. семян – на 9,0 г. В то же время известно, что недостаток 1 г переваримого белка в кормах до физиологической нормы приводит к увеличению их расхода на 1,5–2,0%. [20].

Расчеты показывают, что использование зеленой массы люпина, выращенной с применением комплексных удобрений с микроэлементами, на корм животным в зеленом конвейере с недостаточным количеством белка уменьшает расход корма на 10–14%, а при скармливании семян – на 13–18% по сравнению с продукцией, полученной при внесении стандартных форм удобрений.

При возделывании люпина узколистного Першацвет на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве с использованием NPK с В, Мп и Мо наблюдалось увеличение суммы критических аминокислот в семенах люпина с 27,13–27,20 до 27,77–28,24 г на 1 кг семян, или на 0,64–1,04 г/кг (2,4–3,8%) по сравнению с внесением смесей стандартных удобрений. Внесение комплексных удобрений с микроэлементами увеличивало количество незаменимых аминокислот в семенах люпина в большей степени с 78,09–79,36 до 80,96–86,13 г/кг, или на 2,9–6,8 г/кг (3,7–8,5%) (табл. 11).

Таблица 11

Влияние комплексных удобрений с добавками микроэлементов на аминокислотный состав семян люпина узколистного Першацвет на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве, 2011–2012 гг., г/кг семян

Вариант	Лизин	Треонин	Метионин	Валин	Изолейцин	Лейцин	Фенилаланин	Сумма аминокислот	
								критических	незаменимых
Контроль без удобрений	11,88	10,43	2,19	9,95	10,09	17,56	8,92	24,50	71,02
N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ ст	12,29	12,42	2,42	10,89	11,20	19,10	9,77	27,13	78,09
N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ комплексное с В, Мп, Мо	12,05	13,02	2,70	11,37	11,56	19,92	10,34	27,77	80,96

2. Плодородие почв и применение удобрений

Окончание табл. 11

Вариант	Лизин	Треонин	Метионин	Валин	Изолейцин	Лейцин	Фенилаланин	Сумма аминокислот	
								критических	незаменимых
ОУ ₁ + N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ ст	11,85	12,53	2,82	12,28	12,33	15,92	11,63	27,20	79,36
ОУ ₁ + N ₁₅ P ₅₀ K ₈₀ комплексное с В, Mn, Mo	11,89	13,63	2,72	12,23	12,20	21,29	12,17	28,24	86,13

Следует отметить также, что суммарное содержание критических и незаменимых аминокислот было более высоким на фоне последствий (3-й год) органических удобрений.

ВЫВОДЫ

1. Применение на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве комплексных удобрений с добавками микроэлементов (NPK с В, Мо, Mn и NPK с В, Мо) в дозе N₁₅P₅₀K₁₀₀ обеспечило прибавку урожайности зеленой массы люпина узколистного 37–40 ц/га по сравнению с комплексным удобрением без микроэлементов. Семенная продуктивность при внесении NPK с В, Мо и NPK с В возрастала на 3,6–4,0 ц/га. На дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве применение комплексных NPK с В, Mn и Мо также обеспечило достоверную прибавку зеленой массы (19 ц/га) и семян люпина – 2,8 ц/га.

2. Качество зеленой массы люпина на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при внесении комплексных NPK с микроэлементами улучшалось за счет увеличения содержания протеина на 0,2–2,1%, сбора сырого протеина – на 1,4–2,9 ц/га, или 10,5–21,3%, обеспеченности 1 к.ед. переваримым протеином – на 3,3–14,7 г, или 3,0–13,4% (113,2–124,6 г). Качество семян люпина также улучшалось: сбор протеина увеличивался на 0,7–1,3 ц/га (8,9–17,7%), обеспеченность 1 к.ед. переваримым протеином — на 2,6–8,7%, или 4,6–15,5 г (182,3–193,2 г/кг).

3. Внесение комплексных NPK с микроэлементами на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве увеличивало сбор сырого протеина с урожаем зеленой массы люпина на 0,3–1,3 ц/га (2,2–10,2%) при содержании переваримого протеина в 1 к.ед. на уровне 106,8–106,9 г/кг (на 5,9 г, или 5,6%). Содержание сырого протеина в семенах люпина повышалось на 1,3%, сбор протеина – на 0,6–1,0 ц/га (8,3–14,5%), содержание переваримого протеина в 1 к.ед. семян – на 8,4–8,6 г (178,1–181,1 г/кг).

4. Применение комплексных удобрений с добавками микроэлементов при возделывании люпина узколистного на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве обеспечивало повышение содержания незаменимых аминокислот в

семенах на 0,97–7,59 г/кг, или 1,2–9,5%, в сравнении с комплексным удобрением без добавок (79,76 г/кг). В вариантах с NPK с В, Мо, Мп или NPK с В, Мо, Со содержание незаменимых аминокислот было на 1,6–8,3 г/кг выше, чем при внесении NPK с В или NPK с В и Мо. На рыхлосупесчаной почве в вариантах с NPK с В, Мп и Мо количество незаменимых аминокислот увеличивалось с 78,09–79,36 до 80,96–86,13 г/кг, или на 2,9–6,8 г/кг (3,7–8,5%).

5. По расчетным данным, использование зеленой массы люпина узколистного, выращенной на дерново-подзолистой легкосуглинистой и рыхлосупесчаной почвах с применением комплексных удобрений с микроэлементами, на корм животным позволяет уменьшить расход корма на 10–14%, а при скармливании семян люпина – на 13–18% за счет улучшения обеспеченности 1 к.ед. переваримым протеином по сравнению с продукцией, полученной при внесении стандартных форм удобрений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кукреш, Л.В. Пути решения растительного белка в кормопроизводстве республики / Л.В. Кукреш // Кормопроизводство. – 1998. – № 3. – С. 2–34.
2. Такунов, И.П. Люпин в земледелии России / И.П. Такунов. – Брянск: Придесенье, 1996. – 372 с.
3. Зернобобовые культуры / под общ. ред. Д. Шпаар. – Минск: ФУАинформ, 2000. – 262 с.
4. Кукреш, Л.В. Сбалансированный белком корм – залог высокой экономической эффективности животноводства / Л.В. Кукреш, И.В. Рышкель // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. агр. наук. – 2009. – № 1. – С. 62–65.
5. Шор, В.Ч. Кормовой люпин: перспективы в Беларуси / В.Ч. Шор, Н.С. Купцов // Наше сельское хозяйство. – 2012. – № 2. – С. 40–46.
6. Шор, В.Ч. Узколистный люпин: ключи к успешному возделыванию / В.Ч. Шор, Н.С. Купцов // Наше сельское хозяйство. – 2012. – № 4. – С. 44–47.
7. Кормовые нормы и состав кормов: справ. пособие / А.П. Шапов [и др.]. – Минск: Ураджай, 1991. – 384 с.
8. Ковальский, П.В. Микроэлементы в растениях и кормах / П.В. Ковальский. – М.: Колос, 1971. – 235 с.
9. Томмэ, М.Ф. Минеральный состав кормов / М.Ф. Томмэ. – М.: Колос, 1968. – 256 с.
10. Рак, М.В. Влияние кобальтовых и марганцевых удобрений на кормовую ценность люпина узколистного / М.В. Рак, Т.Г. Николаева // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – № 1(44). – С. 221–227.
11. Влияние молибдена, бора и способов их применения на семенную продуктивность узколистного люпина / О.Ч. Коженевский // Материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Гродно: ГГАУ, 2001. – С. 310–312.
12. Пуховская, Л.И. Влияние микроудобрений на урожай и качество узколистного кормового люпина / Л.И. Пуховская, В.Н. Халецкий // Почвоведение и агрохимия. – 2005. – № 1(34). – С. 288–291.
13. Грингоф, И.Г. Агрометеорология / И.Г. Грингоф, В.В. Попова, В.Н. Страшный; под общ. ред. И.Г. Грингофа. – Ленинград: Гидрометиздат, 1987. – 310 с.

2. Плодородие почв и применение удобрений

14. Ефимов, В.Н. Система применения удобрений / В.Н. Ефимов, И.Н. Донских, Г.И. Сеницын; под общ. ред. В.Н. Ефимова. – М.: Колос, 1984. – 272 с.
15. Панников, В.Д. Почва, климат, удобрения и урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. – М.: Агропромиздат, 1987. – 521 с.
16. Гольберг, М.А. Агроклиматические ресурсы Белорусской ССР / М.А. Гольберг, В.И. Мельник; под общ. ред. М.А. Гольберга. – Минск, 1985. – 114 с.
17. Рекомендации по определению биологической ценности белка сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2005. – 14 с.
18. Мироненко, А.В. Белки культурных и дикорастущих растений / А.В. Мироненко, В.И. Домаш, И.В. Рогульченко. – Минск: Навука і тэхніка, 1990. – 200 с.
19. Кадыров, М.А. Кормопроизводство в Беларуси: состояние, проблемы, решения / М.А. Кадыров, Л.В. Кукреш // Земляробства і ахова раслін. – 2005. – № 2. – С. 3–9.
20. Шлапунов, В.Н. Кормовое поле Беларуси / В.Н. Шлапунов, В.С. Цыдик. – Барановичи, 2003. – 304 с.

INFLUENCE OF COMPOSITE FERTILIZERS ON YIELD AND QUALITY OF GREEN MASSE AND GRAIN OF BLUE LUPINE ON PODZOLUVISOL SANDY LOAM AND LUVISOL LOAMY SAND SOILS

V.I. Soroko, G.V. Pirogovskaya, S.S. Khmelevskij, O.I. Isaeva

Summary

The effectiveness of nitrogen-phosphorous-potassium (composite) fertilizers with micronutrient supplements on the yield and quality of green mass and grain of blue lupine grown on Luvisol sandy loam and loamy sand soils is presented in the article. The composite fertilizers with micronutrients (NPK + B, Mo, Mn, NPK + B, Mo, NPK + B) in doses of $N_{15}P_{50}K_{100}$ were more effective than mixture of NPK and composite fertilizers without micronutrients. There were an increase of green mass by of 19–40 c/ha⁻¹ and grain productivity by 2.8–4.0 c/ha⁻¹.

It was found that the use composite fertilizers increased the row protein content in green mass and grain of blue lupine. Supply of 1 f.u. of green mass by digestible protein was increased by 3,1–17,8 g and achieved 106,8,0–127,7 g. Supply of 1 f.u. of grain was increased by 4,6–10,4 g (178,1–188,1 g/kg).

Поступила 14.03.14