

КОМПЛЕКСНЫЕ СТИМУЛЯТОРЫ РОСТА КАК ЭЛЕМЕНТ АГРОТЕХНОЛОГИИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЛЮПИНА БЕЛОГО (*Lupinus albus* L.)

© Г. Л. Яговенко¹, Т. В. Яговенко¹, С. А. Пигарева¹,
Н. В. Грибушенкова¹, Н. В. Мисникова¹

В условиях юго-западной части Нечерноземной зоны в 2020 – 2022 гг. изучено действие комплексных стимуляторов роста нового поколения Витазим и Фитаktiv Вита на ряд физиологических показателей, формирование урожайности и качество получаемой продукции. Определены эффективность препаратов, содержащих в своем составе регулятор роста, макро- и микроудобрения в хелатной форме, и способы их применения при формировании урожайности люпина белого сортов Пилигрим и Алыи парус. Установлено положительное влияние комплексных стимуляторов роста на фотосинтез, азотфиксацию и формирование урожайности люпина. Препарат Фитаktiv Вита увеличивал величину фотосинтетического потенциала у сорта Пилигрим на 10,4 % относительно контроля. Максимальные значения этого показателя у сорта Алыи парус обеспечивал препарат Витазим — в среднем на 20,2 % выше контроля. Стимуляторы роста усиливали накопление сухой массы растениями и увеличивали долю корневой системы в общей сухой массе, оказывали положительное воздействие на азотфиксацию сортов. Влияние стимуляторов роста на ряд физиологических показателей люпина положительно сказалось на урожайности зерна. В среднем максимальная прибавка урожайности семян у сортов получена от применения препаратов Фитаktiv Вита и Витазим при двукратной внекорневой обработке в фазы 2 пары настоящих листьев и бутонизации. Урожайность семян у сорта Пилигрим при использовании Фитаktива Вита превысила контроль на 11,4 %, у сорта Алыи парус — на 11,3 %; при использовании Витазима — соответственно на 3,7 и 10,8 %.

Ключевые слова: люпин белый; стимуляторы роста; фотосинтез; азотфиксация; урожайность; белок; алкалоиды.

В настоящее время потребность животноводства в улучшении кормовой базы стимулирует интерес к поиску новых источников высококачественного белка. Одним из таких источников может служить люпин белый (*Lupinus albus* L.). Роль этой культуры с учетом её биологических особенностей, в частности высокой азотфиксирующей способности, возрастает в условиях биологизации земледелия и внедрения энергосберегающих технологий [1]. Зерно этого вида люпина имеет сбалансированный, легкоусвояемый и экологически чистый белок и может использоваться в качестве высокобелковой добавки при кормлении всех видов животных. По содержанию белка в зерне (35 – 45 %) эта культура не уступает сое и практически не содержит ингибиторов трипсина [2].

О высоком кормовом достоинстве люпина свидетельствуют многочисленные данные по изучению биохимического состава различных частей

и органов растения. По содержанию белка, жира, безазотистых экстрактивных веществ, золы, клетчатки и различных аминокислот зерно люпина в несколько раз превосходит не только зерновые культуры, такие как ячмень, овес, рожь, пшеницу и тритикале, но и зернобобовые — горох, вику, кормовые бобы [3 – 5].

Урожайность люпина белого достаточно высока — до 6,0 т/га [6, 7], но не всегда стабильна по годам выращивания, поэтому наряду с селекционным улучшением культуры большое значение приобретает разработка агротехнических приемов, позволяющих повысить урожайность и качество зерна, обеспечивающих снятие стресса, вызываемого неблагоприятными погодными условиями и применением химических средств защиты [8].

Реализация генетического потенциала зернобобовых культур возможна лишь в условиях полного удовлетворения биологических потребностей, при благоприятном сочетании почвенно-климатических и технологических факторов. Современным направлением повышения урожайности и качества продукции растениеводства яв-

¹ Всероссийский НИИ люпина — филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», п. Мичуринский, Брянская область; lupin.labphys@mail.ru

ляется внедрение в сельскохозяйственное производство энергосберегающих технологий с применением комплексных биопрепаратов [9, 10]. Самым распространенным и дешевым способом повышения адаптационных свойств культуры является использование для защиты семян и растений стимуляторов роста, микроэлементов и аминокислот [11]. Низкие нормы расхода этих препаратов и возможность управления процессами метаболизма растений определяют перспективность более широкого их применения в современных агротехнологиях. Разработаны новые микроудобрения в хелатной и органоминеральной формах, а также комплексные препараты на основе микроэлементов и регуляторов роста [12]. Преимуществом новых комплексных стимуляторов роста растений является их полная экологическая безопасность, многофункциональность действия, в том числе способность снижать последствия разнообразных стрессовых воздействий окружающей среды [13].

Возникает необходимость расширения поиска эффективных препаратов для люпина белого с учетом сортовой отзывчивости, изучение действия комплексных стимуляторов роста нового поколения, содержащих в своем составе регулятор роста, макро- и микроудобрения в хелатной форме на ряд физиологических показателей, формирование урожайности и качества получаемой продукции для разработки элементов технологии возделывания люпина белого [14].

Цель работы — определить эффективность препаратов нового поколения и способов их применения для формирования урожайности люпина белого сортов Пилигрим и Алый парус.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работу выполняли в 2020–2022 гг. на опытном поле ВНИИ люпина — филиала ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» в почвенно-климатических условиях юго-западной части Нечерноземной зоны. Материалом исследований служили сорта люпина белого с разными темпами роста Пилигрим (раннеспелый) и Алый парус (позднеспелый). В исследования включены комплексные стимуляторы роста Витазим и Фитактив Вита [10].

Почва опытного участка — серая лесная легкосуглинистая. Посев — ручной. Площадь делянки — 10 м²; норма высева — 1,0 млн всхожих семян/га; повторность — 4-кратная; размещение делянок — систематическое.

Схема опыта включала 2 приема использования комплексных препаратов: I — предпосевная

обработка семян и опрыскивание в фазу бутонизации; II — опрыскивание растений в фазу 2 пар настоящих листьев и в фазу бутонизации. Физиологически активные вещества применяли на фоне монофосфата калия (K₂O — 28 %, P₂O₅ — 23 %) в дозе 2,0 г/л. Контролем служил вариант с обработкой только монофосфатом калия. Для обработки семян использовали препараты в дозах: Витазим — 1,0 л/т, Фитактив Вита — 0,05 л/т; для опрыскивания растений — соответственно 0,5 и 0,07 л/га.

Закладку, проведение полевых опытов и статистическую обработку данных проводили по методике [15]. Фотосинтетические показатели рассчитывали по методике [16]: фотосинтетический потенциал (ФП, млн м²/га·сут.) — как произведение суммарной ассимилирующей поверхности на длительность учетного периода; чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ, г/м²·сут.) — как накопление органического вещества единицей листовой поверхности за единицу времени. Содержание общего азота в семенах определяли по общепринятым методикам биохимических исследований [17]; коэффициент азотфиксации — методом сравнения с небобовой культурой по методике [18], алкалоидность — по методике [19]. В опыте также оценивали сухую массу растений в фазу сизоблестящего боба, урожайность семян и элементы структуры урожая по методике [20].

В годы исследований метеорологические условия вегетационных периодов отличались от средних многолетних, но в целом 2020–2022 гг. были благоприятными для возделывания люпина (табл. 1). Различия по сумме активных температур и количеству выпавших осадков позволили объективно оценить эффективность применения комплексных стимуляторов роста в посевах люпина белого.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено положительное влияние комплексных стимуляторов роста Витазим и Фитактив Вита на фотосинтетическую деятельность, азотфиксацию и формирование урожайности люпина белого сортов Пилигрим и Алый парус.

Наибольшие значения ФП у сорта Пилигрим отмечены в 2020 г. — 1,81–2,40 млн м²/га·сут.; у сорта Алый парус в 2022 г. — 2,37–2,85 млн м²/га·сут. В среднем за годы исследований обработки препаратом Фитактив Вита увеличивали величину ФП сорта Пилигрим относительно контроля на 10,4 % (табл. 2). Растения и посевы сорта Алый парус по сравнению с сортом Пилигрим формировали более высокий ФП, так как имели

Таблица 1. Метеорологические условия вегетационного периода люпина белого

Год	Май	Июнь	Июль	Август	Сумма активных температур, °С	ГТК
Среднемесячная температура воздуха, °С						
2020 г.	11,1	20,3	18,8	17,5	2439,6	2,05
2021 г.	13,3	19,5	22,1	19,5	2682,0	1,83
2022 г.	11,4	19,4	18,7	20,8	2530,8	1,01
Средняя многолетняя	13,5	16,6	17,7	16,6	2022,0	1,42
Среднемесячное количество осадков, мм					Сумма осадков, мм	
2020 г.	136,7	140,6	75,9	46,0	399,2	
2021 г.	143,3	153,7	41,8	55,3	394,1	
2022 г.	83,5	89,8	83,4	16,2	272,9	
Среднее многолетнее	53,0	79,0	86,0	69,0	287,0	

Таблица 2. Влияние регуляторов роста на фотосинтетические показатели люпина белого в фазы всходы — сизо-блестящий боб

Вариант	ФП, млн м ² /га·сут.				ЧИФ, г/м ² сут.			
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее	2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее
Сорт Пилигрим								
Контроль — фон	2,04	1,54	1,48	1,69	7,52	8,83	10,9	9,1
Витазим* + фон	2,27	1,71	1,52	1,83	8,14	7,53	14,6	10,1
Витазим** + фон	1,81	1,75	1,63	1,73	6,46	10,32	12,3	9,7
Фитактив Вита* + фон	2,40	1,60	1,57	1,86	8,76	7,23	14,9	10,3
Фитактив Вита** + фон	2,10	1,67	1,85	1,87	8,46	6,99	14,1	9,8
Сорт Алый парус								
Фон	1,92	1,50	2,37	1,93	6,72	6,21	14,3	9,1
Витазим* + фон	2,70	1,60	2,63	2,31	7,49	6,99	13,6	9,4
Витазим** + фон	2,69	1,53	2,77	2,33	7,28	8,21	16,1	10,5
Фитактив Вита* + фон	2,60	1,60	2,54	2,25	6,92	6,18	15,4	9,5
Фитактив Вита** + фон	2,33	1,62	2,85	2,27	6,79	7,75	13,7	9,4

Здесь и в табл. 3 – 5: * — обработка семян + опрыскивание в фазу бутонизации; ** — опрыскивание в фазы: 2 пары настоящих листьев + бутонизация.

Таблица 3. Влияние стимуляторов роста на накопление сухой массы растением люпина белого в фазу сизо-блестящего боба

Вариант	Сухая масса растения, г				Доля массы корневой системы, %			
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее	2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее
Сорт Пилигрим								
Фон	14,8	15,8	12,5	14,4	19,8	10,3	12,0	14,0
Витазим* + фон	15,2	17,1	14,9	15,7	21,4	11,8	12,2	15,1
Витазим** + фон	11,9	17,2	14,2	14,4	25,7	11,5	12,5	16,6
Фитактив Вита* + фон	15,9	16,5	16,2	16,2	21,6	11,5	12,1	15,1
Фитактив Вита** + фон	16,0	15,5	17,6	16,4	21,4	13,7	12,6	15,9
НСР ₀₅	0,074	0,045	0,159		—			
Сорт Алый парус								
Фон	15,8	17,3	24,3	19,1	13,6	11,9	12,8	12,8
Витазим* + фон	20,8	18,2	24,5	21,2	15,8	12,1	15,6	14,5
Витазим** + фон	21,6	19,6	28,9	23,4	18,7	11,4	14,0	14,7
Фитактив Вита* + фон	17,2	15,4	25,4	19,3	21,5	12,0	13,7	15,7
Фитактив Вита** + фон	17,9	16,3	25,4	19,9	20,4	11,2	13,9	15,3
НСР ₀₅	0,185	0,935	0,263					

большую ассимиляционную поверхность и более продолжительный период ее функционирования. У сорта Алый парус максимальные значения этого показателя при 2 способах обработки обеспечивал препарат Витазим. Превышение над контролем составило в среднем 20,2 %. Максимальной ЧПФ была у сорта Пилигрим в вариантах, включающих предпосевную обработку семян с последующим опрыскиванием в фазу бутонизации. При использовании Витазима и Фитактива Вита ЧПФ в среднем за 3 года превышала контроль на 10,9 и 15,4 % соответственно.

Наибольшее значение при формировании урожайности имеет образование сухого вещества (СВ) в период после цветения [21]. Использование стимуляторов роста обеспечивало не только изменение фотосинтетической деятельности ценозов люпина белого, но также активизировало накопление сухой массы как растением в целом, так и корневой системой, в частности (табл. 3). Этот результат важен, так как корневая система играет ключевую роль в жизнедеятельности растений люпина, обеспечивает формирование азотфиксирующего аппарата, является специализированным органом поглощения и фиксации азота.

Обработка препаратами во всех вариантах в целом увеличивала аккумуляцию СВ растениями. В среднем за годы исследований у раннеспелого сорта Пилигрим для накопления СВ в фазу сизо-блестящего боба лучшим был препарат Фитактив Вита, обработка которым повышала сухую массу опытных растений по сравнению с контролем на 12,5 и 13,9 % соответственно. Для позднес-

пелого сорта Алый парус более эффективным был препарат Витазим. Так, в варианте с опрыскиваниями в фазы 2 пар настоящих листьев и бутонизации сухая масса растения превысила контроль на 11,0 %, а в варианте с предпосевной обработкой и последующим опрыскиванием в фазе бутонизации — на 22,5 %.

Стимуляторы роста также увеличивали долю корневой системы в общей сухой массе растений. Максимальные значения показателя во всех вариантах опыта отмечены в 2020 г. (ГТК 2,05). Этот показатель у сорта Пилигрим варьировал от 19,8 (контроль) до 25,7 % (вариант с двойным опрыскиванием по вегетации Витазимом), у сорта Алый парус — от 13,6 (контроль) до 21,5 % (вариант с обработкой семян и последующим опрыскиванием Фитактивом Вита). В 2021 и 2022 гг. доля корневой системы во всех вариантах опыта была меньше почти в 2 раза.

Одним из важных моментов при использовании стимуляторов роста является установление влияния разрабатываемых приемов их применения на уровень симбиотической активности и накопление биологического азота в получаемой продукции [22]. Клубеньки бобовых культур являются сложной азотфиксирующей системой. Установлено, что изучаемые биостимуляторы оказывали положительное действие на накопление клубеньками сухой массы и азота (табл. 4).

Максимальное значение сухой массы клубеньков в фазе сизо-блестящего боба у обоих сортов зафиксировано в 2020 г., минимальное — в 2021 г. У сортов Пилигрим и Алый парус в вариантах, об-

Таблица 4. Влияние стимуляторов роста на накопление сухой массы и азота клубеньками растений люпина белого в фазу сизо-блестящего боба

Вариант	Сухая масса клубеньков, г/раст.				Содержание азота в клубеньках, %			
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее	2020 г.	2021 г.	2022 г.	среднее
<i>Сорт Пилигрим</i>								
Фон	0,17	0,09	0,09	0,12	4,38	4,43	3,99	4,27
Витазим * + фон	0,21	0,10	0,11	0,14	4,87	4,78	4,02	4,56
Витазим ** + фон	0,20	0,14	0,10	0,15	4,59	4,81	4,34	4,58
Фитактив Вита* + фон	0,25	0,15	0,14	0,18	4,57	4,76	4,16	4,50
Фитактив Вита** + фон	0,24	0,17	0,15	0,19	4,50	4,28	3,95	4,24
НСР ₀₅	0,056	0,280	0,025		0,017	0,030	0,002	
<i>Сорт Алый парус</i>								
Фон	0,16	0,07	0,09	0,11	3,09	3,50	4,30	3,63
Витазим * + фон	0,28	0,06	0,11	0,15	3,38	3,73	4,27	3,79
Витазим ** + фон	0,25	0,09	0,10	0,15	3,47	3,65	4,24	3,79
Фитактив Вита* + фон	0,26	0,09	0,12	0,16	3,47	3,66	3,64	3,59
Фитактив Вита** + фон	0,25	0,08	0,13	0,15	3,57	3,70	4,00	3,76
НСР ₀₅	0,005	0,050	0,002					

Таблица 5. Влияние комплексных стимуляторов роста на урожайность семян люпина белого (в т/га)

Вариант	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее
Сорт Пилигрим				
Фон	3,64	3,73	3,17	3,51
Витазим * + фон	3,75	3,46	3,15	3,45
Витазим ** + фон	3,62	3,68	3,61	3,64
Фитактив Вита* + фон	3,71	3,44	3,63	3,59
Фитактив Вита** + фон	3,85	3,82	4,07	3,91
НСР ₀₅	0,210	0,050	0,108	
Сорт Алый парус				
Фон	3,45	3,49	3,66	3,53
Витазим * + фон	3,99	3,56	4,00	3,85
Витазим ** + фон	4,21	3,59	3,93	3,91
Фитактив Вита* + фон	3,82	3,49	4,16	3,82
Фитактив Вита** + фон	4,01	3,43	4,36	3,93
НСР ₀₅	0,370	0,070	0,054	

Вита и Витазима при внекорневой обработке в фазы 2 пары настоящих листьев и бутонизации. Превышение над контролем при использовании Фитактива Вита у сорта Пилигрим составило 11,4 % (0,40 т/га), у сорта Алый парус — 11,3 % (0,40 т/га), при использовании Витазима — соответственно 3,7 % (0,13 т/га) и 10,8 % (0,38 т/га).

В среднем за 3 года рост урожайности семян люпина белого при обработках стимуляторами роста проходил в основном за счет повышения зерновой продуктивности 1 растения и массы 1000 семян. Так, у сорта Пилигрим в вариантах с применением Фитактива Вита и Витазима для предпосевной обработки семян и опрыскивания растений в фазе бутонизации зерновая продуктивность 1 растения возрастала по сравнению с контролем соответственно на 13,8 и 3,4 %, при двукратной обработке по вегетации — на 14,9 и 8,0 %. Масса 1000 семян у этого сорта увеличивалась на 6,2 и 10,7 % (Фитактив Вита); 0,7 и 3,9 % (Витазим). У сорта Алый парус в вариантах с Фитактивом Вита урожайность семян повышалась в среднем на 20,2 %, в вариантах с Витазимом — на 19,1 %; масса 1000 семян — соответственно на 10,5 и 8,5 %. Таким образом, комплексный препарат Фитактив Вита, используемый для внекорневого опрыскивания в фазах: 2 пар настоящих листьев и бутонизации на фоне монофосфата калия, позволил растениям обоих сортов сформировать наибольший урожай семян.

Оценка экономической эффективности показала, что окупаемость затрат в лучшем варианте у сорта Алый парус составила 22,3 руб./руб. затрат; у сорта Пилигрим — 20,1 руб./руб. затрат.

Корреляционный анализ показал наличие связей различной силы между отдельными показате-

лями: урожайностью семян и работой фотосинтетического аппарата ($r = 0,50 - 0,87$); накоплением СВ и урожаем семян у сортов Пилигрим ($r = 0,44$) и Алый парус ($r = 0,68$); долей корневой системы и суммой активных температур ($r = -0,79$), ФП ($r = 0,61 - 0,76$), азотфиксацией ($r = 0,52$), урожайностью семян ($r = 0,54$); накоплением азота клубеньками и фотосинтетическими показателями ФП ($r = 0,69$) и ЧПФ ($r = 0,76$); коэффициентами азотфиксации и суммой активных температур ($r = -0,57$) и количеством осадков ($r = 0,75$). Полученные результаты свидетельствуют о комплексном системном ответе растений люпина на внесение стимуляторов роста, что соответствует данным, полученным другими авторами [23].

Для люпина основными показателями качества продукции является содержание в зерне сырого протеина и алкалоидов. Данные трехлетних экспериментов свидетельствуют о том, что стимуляторы роста практически не снижают уровень протеина: в семенах сорта Пилигрим он находится на уровне 35,8 – 37,5 %, сорта Алый парус — 34,3 – 38,7 %. Уровень алкалоидов у обоих сортов варьировал в пределах 0,054 – 0,067 %. Согласно Международному классификатору рода *Lupinus* L. по содержанию алкалоидов семена с указанной алкалоидностью относятся к малоалкалоидным [24].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что стимуляторы роста Фитактив Вита и Витазим, включающие комплекс макро- и микроудобрений в хелатной форме, применяемые на фоне монофосфата калия, достаточно эффективны при выращивании люпина белого. Их использование для предпосевной обработки се-

мян и внекорневого опрыскивания в различные фазы роста способствуют увеличению массы СВ растения и доли в нем корневой системы; улучшают регуляцию процессов фотосинтеза и азотфиксации. В результате, урожайность семян в зависимости от вариантов внесения препаратов увеличивается на 3,4 – 14,9 %, масса 1000 семян — на 0,7 – 10,7 %. При этом качество полученной продукции не снижается: уровень протеина в зерне находится в пределах от 35,8 – 37,5 до 34,3 – 38,7 %, алкалоидов — 0,054 – 0,067 %.

Лучшим в опыте стал комплексный препарат Фитактив Вита, используемый для опрыскиваний в фазы 2 пар настоящих листьев и бутонизации на

фоне монофосфата калия. В этом варианте получен максимальный урожай семян у сорта Пилигрим — 3,91 т/га, у сорта Алый парус — 3,93 т/га, окупаемость составила 22,3 и 20,1 руб./руб. затрат по сортам соответственно.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии им. В. Р. Вильямса» по теме № FGGW-2022-0004.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блинник А. С., Демидова А. Г., Лукашевич М. И. и др. Сравнительное испытание сортов и сортообразцов люпина белого селекции ВНИИ люпина в Центральном-Черноземном регионе / Зернобоб. и круп. культ. 2022. № 3 (43). С. 41 – 49.
2. Вильдфлуш И. П., Персикова Т. Ф., Саскевич П. А. и др. Применение микроудобрений и регуляторов роста в интенсивном земледелии. — Горки: Изд-во БГСХА, 2015. — 48 с.
3. Тарануха Г. И. Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур. — Минск, 2001. — 314 с.
4. Яговенко Т. В., Афонина Е. В., Сорокин А. Е. Люпин белый (*Lupinus albus* L.) — перспективная кормовая культура. — Брянск: Читай-город, 2018. — 28 с.
5. Козлов А. А. Урожайность и качество зерна новых сортов люпина узколистного в зависимости от сроков сева и норм высева. Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. — Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию», 2008. — 25 с.
6. Косолапов В. М., Яговенко Г. Л., Лукашевич М. И. и др. Люпин: селекция, возделывание, использование. — Брянск: ГУП «Брянское областное полиграфическое объединение», 2020. — 304 с.
7. Гатаулина Г. Г., Шитикова А. В., Медведева Н. В. Влияние стрессовых погодных условий на разных этапах вегетации на формирование элементов продуктивности у сортов люпина белого (*Lupinus albus* L.) селекции РГАУ — МСХА им. К. А. Тимирязева / Изв. ТСХА. 2021. № 5. С. 65 – 76.
8. Наумов М. М., Зимина Т. В., Хрюкина Е. И. и др. Роль полифункциональных регуляторов роста растений в преодолении гербицидного стресса / Агрохимия. 2019. № 5. С. 21 – 28.
9. Персикова Т. Ф., Радкевич М. Л. Влияние микроэлементов, регуляторов роста растений и бактериальных удобрений на показатели структуры урожайности люпина узколистного / Вестн. Белорусской ГСХА. 2017. № 2. С. 37 – 40.
10. Яговенко Г. Л., Яговенко Т. В., Пигарева С. А. и др. Эффективность стимуляторов роста нового поколения при формировании урожая семян люпина белого / Кормопроизводство. 2022. № 4. С. 39 – 44.
11. Ключкова О. В., Холодинский В. В. Эффективность обработки семян люпина узколистного защитно-стимулирующими составами с микроудобрениями / Вестн. Белорусской ГСХА. 2021. № 1. С. 121 – 125.
12. Персикова Т. Ф., Радкевич М. Л. Динамика накопления основных элементов питания в надземной биомассе в период вегетации и урожайность люпина узколистного в зависимости от макро-, микроудобрений, регуляторов роста растений и бактериальных удобрений / Земледел. и растениевод. 2021. № 1. С. 14 – 18.
13. Чукичева И. Ю., Хуришайн Т. В., Кучин А. В. Природные регуляторы роста растений из хвойного сырья / Инноват. и эксперт.: науч. тр. 2018. № 3(24). С. 93 – 99.
14. Яговенко Г. Л., Яговенко Т. В., Пигарева С. А. и др. Действие регулятора роста Зеребра агро на рост и продуктивность люпина белого / Зернобоб. и круп. культ. 2020. № 4 (36). С. 163 – 169.
15. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. — М.: Колос, 1985. — 351 с.
16. Ничипорович А. А. Методические указания по учету и контролю важнейших показателей процессов фотосинтетической деятельности растений в посевах. — М.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1969. С. 50 – 57.
17. Косолапов В. М., Чуйков В. А., Худякова Х. К. и др. Минеральные элементы в кормах и методы их анализа. — М.: Угрешская типография, 2019. — 272 с.
18. Трепачев Е. П. О методах исследования азотфиксирующей способности бобовых культур / Агрохимия. 1981. № 12. С. 129 – 141.
19. Артюхов А. И., Яговенко Т. В., Афонина Е. И. и др. Определение алкалоидов в люпине. — Брянск: Читай-город, 2012. — 16 с.
20. Новиков В. П. Результаты оценки исходного материала по урожайности и элементы структуры урожая / Науч. тр. НИИСХ ЦРНЗ. 1972. Вып. 27. С. 27 – 30.
21. Князева Т. В. Регуляторы роста растений в Краснодарском крае. — Краснодар: ЭДВИ, 2013. — 128 с.
22. Персикова Т. Ф., Цыганов А. Р., Какшинцев А. В. Продуктивность люпина узколистного в условиях Беларуси. — Минск, 2006. — 34 с.
23. Kinkema M., Scott P. T., Gresshoff P. M. Legume nodulation: successful symbiosis through short- and long-distance signaling / Funct. Plant Biol. 2006. No. 33. P. 707 – 721.
24. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и Международный классификатор СЭВ рода *Lupinus* L. — Л., 1983. — 36 с.