

УДК 631.811.98:633.367.3

**ДЕЙСТВИЕ ЭКЗОГЕННЫХ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА
НА ПОКАЗАТЕЛИ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ ЗЕРНА
ЛЮПИНА БЕЛОГО И ЕГО КАЧЕСТВО****Г.Л. Яговенко**, доктор сельскохозяйственных наук**Т.В. Яговенко**, кандидат биологических наук**Н.М. Зайцева**, научный сотрудник**С.А. Пигарева**, старший научный сотрудник

*ВНИИ люпина – филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»
241524, Россия, Брянская область, Брянский район, п. Мичуринский, ул. Березовая, 2
lupin_mail@mail.ru*

**ACTION OF EXOGENOUS GROWTH REGULATORS
ON STRUCTURE INDICES OF WHITE LUPIN GRAIN YIELD
AND ITS QUALITY****G.L. Yagovenko**, Doctor of Agricultural Sciences**T.V. Yagovenko**, Candidate of Biological Sciences**N.M. Zaytseva**, Researcher**S.A. Pigareva**, Senior Researcher

*All-Russian Research Institute of Lupine – branch of the Federal Williams Research Center
of Forage Production and Agroecology
241524, Russia, Bryansk region, p. Michurinskiy, Berezovaya str., 2
lupin_mail@mail.ru*

DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2019-1-25-33

Показано влияние экзогенных регуляторов роста на показатели урожайности и качества семян люпина белого сортов Дега и Алы́й парус. Дан сравнительный анализ действия препаратов Циркон, Эпин-экстра, Гиббереллин, Завязь на реализацию плодообразующего потенциала, продуктивность растений, количество бобов, семян на растении, массу 1000 семян. Изучаемые сорта различались по степени ответной реакции на действие регуляторов. Установлено, что применение исследуемых препаратов способствовало увеличению урожайности сорта Дега в среднем за годы исследований на 6,0–7,2%, сорта Алы́й парус — на 20,6–22,0% и формированию более крупного зерна на главной кисти. Содержание сырого протеина в семенах изучаемых сортов составляло: у сорта Дега 35,3–38,2%, у сорта Алы́й парус 36,9–41,4%. После обработки препаратами наблюдалась тенденция увеличения этой величины. Регуляторы роста оказывали положительное влияние на элементы структуры урожая люпина белого. Отмечено увеличение продуктивности растений после обработки регуляторами роста (5,0–10,0%) и особенно после двойной обработки (17,0–28,0%). Наблюдался рост количества семян. Наибольшим этот показатель был у сорта Алы́й парус при двойном применении Эпина-экстра — 17,3% по отношению к контролю и при опрыскивании Завязью — 22,8%.

Ключевые слова: люпин белый, урожайность, регуляторы роста, элементы структуры урожая.

Effect of exogenous growth regulators on structure indices of grain yield and its quality of white lupin varieties Dega and Alyi parus are presented. Comparative analysis of action of chemicals Circon, Epin-extra, Gibberellin, Zavyaz on implementation of pod forming potential, plant productivity, number of pods, seeds per a plant and 1000 seed weight is given. The tested varieties differed in response degree to action of the chemicals. It's established that the tested chemicals increased the yield of var. Dega by 6.0–7.2% (average during research years). The average increasing of the yield of var. Alyi parus made 20.6–22.0%. In addition it was noticed that the tested chemicals increased the seed size of main stem. Crude protein content in seeds of the var. Dega was 34.7–37.2%; of the var. Alyi parus it was 36.9–37.8%. After the treatment with these chemicals the tendency to increasing of this parameter has been noticed. Growth regulators have positive action on elements of white lupin yield structure. The plant productivity increasing made 5.0–10.0% after treatment of growth regulators, after double treatment it made 17.0–28.0%. Seed number growth took place also. In case of double treatment with Epin-extra this index of var. Alyi parus was the highest and made 17.3% compared to the standard and to the treatment with Zavyaz — 22.8%.

Keywords: white lupin, yield, growth regulators, yield structure elements.

Введение. Люпин в контрастных метеорологических условиях характеризуется нестабильной урожайностью, в связи с этим необходимо разрабатывать новые приемы, обеспечивающие высокий урожай семян.

В последние годы применение регуляторов роста в целях повышения урожайности, устойчивости к неблагоприятным факторам внешней среды, качества продукции становится важным звеном в технологиях возделывания многих сельскохозяйственных культур.

При внедрении в производство новых сортов и препаратов необходимо учитывать реакцию генотипа на их действие, особенности изменения при этом элементов структуры урожая, качество получаемой продукции.

Действие регуляторов роста на новые сорта люпина изучено недостаточно, поэтому работа в этом направлении актуальна как с теоретической, так и с практической точек зрения. Знание сортовой реакции растений люпина белого на действие регуляторов роста поможет обеспечить более целесообразное и эффективное их применение, так как по-

зволит усиливать или ослаблять признаки и свойства растений в пределах нормы реакции, определяемой генотипом [1].

Изучение действия регуляторов роста на растение в агроценозе создает теоретическую основу управления продукционным процессом растительного организма.

Цель работы — сравнительная оценка действия экзогенных регуляторов роста Циркон, Эпин-экстра, Гиббереллин, Завязь на урожайность люпина белого, а также определение характера и степени их влияния на элементы структуры урожая.

Материал и методы исследований. Исследования проводили в 2016–2018 гг. на опытном поле ФГБНУ ВНИИ люпина с учетом требований «Методики полевого опыта» Б.А. Доспехова [2]. Почва опытного участка серая лесная, легкосуглинистая. Материалом исследований служили сорта люпина белого: раннеспелый сорт Дега с ограниченным ростом боковых побегов и позднеспелый сорт Алыи парус.

В опыте изучали варианты предпо-

севной обработки семян регуляторами роста Циркон (0,02 мл/кг), Эпин-экстра (0,04 мл/кг), Гиббереллин (84 мг/кг), а также варианты с предпосевной обработкой и опрыскиванием в фазу бутонизации вышеуказанными регуляторами роста в дозах 0,1 мл/л, 0,20 и 50 мг/л соответственно. Препарат Завязь в дозе 1,4 г/л использовался только для внекорневого опрыскивания в начале цветения растений люпина. Для успешного применения регуляторов роста необходимо достаточное снабжение растений питательными веществами, поэтому все обработки проводились на фоне монофосфата калия (K_2HPO_4 — 2,0 г/л), содержащего 28% K_2O и 23% P_2O_5 .

Ручной посев осуществляли в третьей декаде апреля, площадь делянки — 7,5 м². Повторность опыта четырехкратная. Размещение делянок систематическое. Предшественник — озимая пшеница. Урожай семян определяли методом сплошного учета. Структуру урожая — по методике НИИСХ ЦРНЗ [3]. Сырой протеин — по Кьельдалю [4]. Алкалоидность — по методике, изложенной в Методических рекомендациях по количественному определению алкалоидов в люпине [5]. Статистическую обработку данных — методом дисперсионного и корреляционного анализа [2].

Результаты исследований. Исследования показали, что в процессе генеративного развития сорта люпина белого сформировали достаточно высокий плодобразующий потенциал. В среднем за годы исследований на растении сорта Дега закладывалось от 27,5 до 31,7 цветка. На растении сорта Алый парус — от 37,2 до 44,9 цветка (табл. 1). Однако

большая часть цветков и завязавшихся бобов на последующих этапах развития редуцировалась. Это является одной из основных проблем, сдерживающих рост потенциала урожайности люпина, на реализацию которого большое влияние оказывают биологические особенности культуры и условия выращивания.

Реализация потенциала продуктивности у изучаемых сортов за годы исследований не достигала 55,0%. Границы варьирования этого показателя у сорта Дега в среднем составляли 37,0–44,5%, у сорта Алый парус — 30,5–34,6%.

Использование регуляторов роста на фоне монофосфата калия практически во всех вариантах опыта способствовало активизации процессов формирования генеративных органов на растениях и сохранению их к фазе созревания. У сорта Дега по вариантам опыта количество цветков увеличивалось на 9,0–10,0%, у сорта Алый парус — на 9,0–15,0%. При этом наблюдалось снижение доли главного побега у обоих сортов. У сорта Дега в вариантах с двойной обработкой Гиббереллином и однократной обработкой Завязью доля главного побега в реализации потенциала плодообразования снижалась по отношению к контролю на 21,3 и 21,4%. У сорта Алый парус — только на 11,4%. Это свидетельствует о разной степени ответного действия генотипов на экзогенное воздействие.

Растения обоих сортов наиболее эффективно реализовали плодобразующий потенциал в вариантах с двойной обработкой препаратами Циркон, Эпин-экстра, Гиббереллин и при однократном опрыскивании вегетирующих растений регулятором роста Завязь.

1. Плодообразующий потенциал люпина белого, 2016–2018 гг.

Сорт	Вариант	Количество цветков, шт./растение	Доля главного побега, %	Реализация плодообразующего потенциала, %
Дега	1. Контроль (фон — K_2HPO_4)	27,5	62,1	38,1
	2. Циркон (обработка семян)	30,4	58,4	38,2
	3. Эпин-экстра (обработка семян)	30,0	54,7	38,3
	4. Гиббереллин (обработка семян)	30,1	53,9	38,3
	5. Циркон (обработка семян + опрыскивание)	31,7	54,4	39,7
	6. Эпин-экстра (обработка семян + опрыскивание)	30,8	53,8	41,3
	7. Гиббереллин (обработка семян + опрыскивание)	30,6	51,2	44,0
	8. Завязь (опрыскивание)	31,7	51,4	44,5
	НСР ₀₅	1,8		
Алый парус	1. Контроль (фон — K_2HPO_4)	38,9	72,3	30,5
	2. Циркон (обработка семян)	44,9	60,3	34,6
	3. Эпин-экстра (обработка семян)	42,3	64,1	32,7
	4. Гиббереллин (обработка семян)	43,1	62,8	31,4
	5. Циркон (обработка семян + опрыскивание)	41,8	61,4	33,8
	6. Эпин-экстра (обработка семян + опрыскивание)	42,6	62,9	33,6
	7. Гиббереллин (обработка семян + опрыскивание)	41,9	64,9	34,4
	8. Завязь (опрыскивание)	43,6	64,8	34,6
	НСР ₀₅	2,6		

Максимальное увеличение этого показателя отмечено при использовании Гиббереллина и Завязи: у растений сорта Дега — на 15,5 и 16,8%, сорта Алый парус — на 12,8 и 13,4%.

Итоговым показателем целесообразности применения регуляторов роста на люпине является урожайность. Наиболее благоприятным для формирования уро-

жайности семян раннеспелого сорта Дега был 2017 г. ($\sum_{\text{активных}} t = 2120,1$ °С, ГТК — 1,09) (табл. 2). Урожай семян по вариантам опыта варьировал от 43,6 до 48,2 ц/га (контроль — 41,5 ц/га). У позднеспелого сорта Алый парус максимальная урожайность отмечалась в 2016 г. ($\sum_{\text{активных}} t = 2322,4$ °С, ГТК — 1,34) — от 42,2 до 48,9 ц/га (контроль — 41,6 ц/га).

2. Урожайность зерна люпина белого, 2016–2018 гг.

Сорт	Вариант	Урожайность, ц/га			
		2016 г.	2017 г.	2018 г.	Среднее за 3 года
Дега	1. Контроль (фон — K_2HPO_4)	34,8	41,5	40,7	39,0
	2. Циркон (обработка семян)	35,0	44,5	42,2	40,6
	3. Эпин-экстра (обработка семян)	33,0	43,6	40,7	39,1
	4. Гиббереллин (обработка семян)	33,5	43,9	42,0	39,8
	5. Циркон (обработка семян + опрыскивание)	35,8	45,7	42,7	41,4
	6. Эпин-экстра (обработка семян + опрыскивание)	34,7	48,2	42,5	41,8
	7. Гиббереллин (обработка семян + опрыскивание)	37,5	45,5	42,1	41,7
	8. Завязь (опрыскивание)	35,8	44,2	40,6	40,2
	НСР ₀₅	3,1	4,1	4,2	2,0
Алый парус	1. Контроль (фон — K_2HPO_4)	41,6	34,6	30,1	35,4
	2. Циркон (обработка семян)	45,5	41,6	33,6	40,2
	3. Эпин-экстра (обработка семян)	42,4	41,0	34,1	39,2
	4. Гиббереллин (обработка семян)	42,2	39,5	35,5	39,1
	5. Циркон (обработка семян + опрыскивание)	45,9	46,3	35,9	42,7
	6. Эпин-экстра (обработка семян + опрыскивание)	48,9	44,4	36,2	43,2
	7. Гиббереллин (обработка семян + опрыскивание)	49,0	41,9	37,9	42,9
	8. Завязь (опрыскивание)	48,8	38,1	37,2	41,4
	НСР ₀₅	2,30	4,01	5,2	3,6

Результаты оценки действия Циркона, Эпина-экстра, Гиббереллина и Завязи свидетельствуют о том, что урожайность, полученная в вариантах опыта, превышала контроль. Максимальными достоверными прибавками характеризовались варианты с предпосевной обработкой семян и последующим опрыскиванием вегетирующих растений. У сорта Дега такой прием способствовал повышению урожайности в вариантах с Эпином-экстра — на 7,2%, Гиббереллином — на 6,9%, Цирконом — на 6,0%.

Сорт Алый парус был более отзывчив на действие регуляторов роста. Все изучаемые приемы обработки регуляторами способствовали достоверному увеличению урожая семян данного сорта, но наибольшие прибавки отмечены после двойной обработки препаратами Эпин-экстра, Гиббереллин, Циркон. Они соответственно составили 22,0, 21,2 и 20,6%.

Увеличение урожайности в отмеченных выше вариантах происходило в основном за счет увеличения продуктив-

ности растений, количества бобов, количества семян на растении и количества сохранившихся растений к уборке.

Элементы структуры урожая, такие как количество бобов на растении, количество семян с растения, масса 1000 семян, имеют большое значение в реализа-

ции генетического потенциала сорта. Их реакция на действие ряда факторов может быть различной.

Исследования показали, что регуляторы роста оказывали положительное влияние на элементы структуры урожая люпина белого (табл. 3).

3. Элементы структуры урожая люпина белого, 2016–2018 гг.

Сорт	Вариант	Количество бобов, шт./растение	Продуктивность, г/растение	Масса 1000 семян, г	Количество семян с растения, шт.
Дега	1. Контроль (фон – K ₂ HPO ₄)	12,3	10,0	232,5	43,0
	2. Циркон (обработка семян)	11,7	10,5	243,4	42,5
	3. Эпин-экстра (обработка семян)	12,4	11,0	248,8	42,5
	4. Гиббереллин (обработка семян)	12,4	11,1	242,2	46,1
	5. Циркон (обработка семян + опрыскивание)	13,3	11,7	257,7	47,8
	6. Эпин-экстра (обработка семян + опрыскивание)	13,2	11,7	254,9	46,9
	7. Гиббереллин (обработка семян + опрыскивание)	12,5	11,6	256,7	44,3
	8. Завязь (опрыскивание)	12,7	11,2	236,4	45,6
	НСР ₀₅	0,9			
Алый парус	1. Контроль (фон — K ₂ HPO ₄)	11,2	10,0	254,9	39,8
	2. Циркон (обработка семян)	11,8	11,4	286,1	40,6
	3. Эпин-экстра (обработка семян)	12,1	11,5	261,7	45,9
	4. Гиббереллин (обработка семян)	11,6	11,2	279,1	43,3
	5. Циркон (обработка семян + опрыскивание)	13,2	12,8	327,5	45,9
	6. Эпин-экстра (обработка семян + опрыскивание)	13,3	12,8	298,9	46,7
	7. Гиббереллин (обработка семян + опрыскивание)	13,5	12,6	284,8	45,5
	8. Завязь (опрыскивание)	14,4	12,5	281,5	48,9
	НСР ₀₅	1,8			

Как известно, одной из составляющих семенной продуктивности люпина является число бобов, завязавшихся на растении и сохранившихся до уборки.

В среднем за 2016–2018 гг. наиболь-

шее количество бобов на растении сорта Дега отмечено в вариантах с двойной обработкой регуляторами Циркон и Эпин-экстра — 13,2 и 13,3 штуки. Это на 8,0 и 7,3% выше, чем на контроле.

У сорта Алый парус максимальное проявление этого признака зафиксировано при опрыскивании растений препаратом Завязь. Количество бобов на растении в этом варианте превышало контроль на 28,6%. Достоверное увеличение количества бобов на растении этого сорта наблюдалось в вариантах с двойной обработкой Гиббереллином (20,5%), Цирконом (17,8%), Эпином-экстра (17,7%).

Результаты анализа структуры урожая показали, что на количество семян с растения оказывали большое влияние метеорологические условия вегетационного периода. Недостаток влаги в период формирования генеративных органов растений сорта Дега в 2016 г. привел к малой озерненности растений, что отчасти явилось причиной наименьшей за годы исследований урожайности семян этого сорта. Количество семян на растении по вариантам опыта варьировало от 30,4 до 34,4 штуки. Это почти вдвое меньше по сравнению с 2017 г. У сорта Алый парус этот показатель изменялся от 33,8 до 37,3 штуки. В среднем за годы исследований наблюдался рост количества семян после применения регуляторов. Наибольшим он был у сорта Алый парус при двойном применении Эпина-экстра — 17,3% по отношению к контролю и при опрыскивании Завязью — 22,8%.

У изучаемых сортов практически во всех вариантах опыта по сравнению с контролем увеличивалась масса 1000 семян, что являлось одним из факторов, способствовавших росту урожайности люпина при использовании регуляторов роста. Обработка семян регуляторами роста как отдельно, так и с последующим опрыскиванием в период вегетации

способствовала формированию более крупных семян. Масса 1000 семян сорта Дега по сравнению с контролем увеличивалась на 4,6–10,8%. Наибольшие значения данного показателя составили 257,7 и 256,7 г и были получены в вариантах с предпосевной обработкой семян и дальнейшим опрыскиванием вегетирующих растений регуляторами роста Циркон и Гиббереллин. У сорта Алый парус масса 1000 семян изменялась по вариантам опыта от 2,6 до 28,4%. Максимальные значения отмечены в вариантах с двойной обработкой Цирконом — 327,5 г и Эпином-экстра — 298,9 г.

Масса семян с растения (продуктивность) — наиболее изменчивый признак у люпина, который в значительной степени определяется условиями произрастания. Максимальные значения этого признака у обоих сортов наблюдались в 2017 г. Продуктивность по вариантам опыта изменялась от 11,2 до 15,1 г/растение. Минимальной она была в 2016 г. — от 6,8 до 8,1 г/растение у сорта Дега и от 7,8 до 9,8 г/растение у сорта Алый парус. В среднем за годы исследований отмечено увеличение продуктивности растений после обработки регуляторами роста (5,0–10,0%) и особенно после двойной обработки (17,0–28,0%).

Корреляционный анализ позволил определить величину зависимости урожайности семян у обоих сортов люпина белого от элементов структуры урожая. Для раннеспелого сорта Дега установлена высокая зависимость урожайности семян от массы семян с растения ($r = 0,94$). У позднеспелого сорта Алый парус сила связи была ниже ($r = 0,74$). Зависимость урожая семян изучаемых сортов от количества семян и бобов на рас-

тении также различалась. У первого значение коэффициентов корреляции между изучаемыми признаками составило 0,86 и 0,82, у последнего — 0,60 и 0,77. Урожай семян менее всего зависел от массы 1000 семян: $r = 0,50$ и $0,57$. Можно предположить, что разная сила связи между признаками у сортов обусловлена разной архитектурой растений и разными темпами роста.

Оценка эффективности действия препаратов включала анализ их влияния на качество получаемой продукции. Для люпина основными показателями качества являются содержание в зерне сырого протеина и алкалоидов. Содержание сырого протеина в семенах в большей степени зависело от сортовых особенностей люпина и условий вегетации. В годы исследований сорт Дега накапливал его от 35,3 до 38,2%, сорт Алый парус — от 36,9 до 41,4%. Исследования показали, что применяемые регуляторы роста не снижали величину этого показателя, а в отдельные годы (2017) отмечалось их повышение после обработок препаратами. У сорта Дега препарат Циркон в вариантах применения увеличивал содержание сырого протеина на 1,4 и 1,9%. У сорта Алый парус отмечена тенденция увеличения этого параметра после обработок препаратами во всех вариантах.

Поскольку содержание алкалоидов в семенах является важным показателем его кормовой безопасности и зависит от генотипа, почвенно-климатических ус-

ловий, агротехники выращивания, то качество кормового зерна в большей мере определяется уровнем его содержания. Содержание алкалоидов в большей мере зависело от условий года. Максимальным их количеством в семенах обоих сортов характеризовался 2016 г. Содержание в семенах сорта Дега варьировало от 0,066 до 0,072%, сорта Алый парус — от 0,079 до 0,110%. В среднем за годы исследований этот признак был более стабильным у сорта Дега. Отмечена небольшая тенденция увеличения алкалоидов в семенах последнего после применения Циркона и Завязи. У сорта Алый парус препарат Завязь значительно увеличивал содержание алкалоидов, что нежелательно и ставит под сомнение его применение на белом люпине.

Заключение. Таким образом, изучаемые препараты вызывали направленную регуляцию структуры растений люпина белого сортов Дега и Алый парус, повышали функциональную активность их органов, что способствовало увеличению продуктивности, массы 1000 семян и в конечном итоге урожайности, при этом не снижали качества получаемой продукции, исключение составил препарат Завязь, увеличивающий алкалоидность семян. Разная направленность и степень ответного действия на обработку экзогенными регуляторами роста вегетирующих растений люпина свидетельствует о специфичности реакции сортов на использованные препараты.

Литература

1. Агаркова С.Н., Беляева Р.В., Беляева Ж.А. и др. Продукционный процесс сортов люпина и его оптимизация путем использования регуляторов роста и развития // Вестник Орел ГАУ. – 2012. – № 2 (35). – С. 40–44.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М. : Колос, 1985. – 415 с.

3. Новиков В.П. Результаты оценки исходного материала по урожайности и элементы структуры урожая // Научные труды НИИСХ ЦРНЗ. – М., 1972. – Вып. 27. – С. 27–30.
4. Ермаков А.И. Методы биохимического исследования растений. – Л. : Агропромиздат, 1987. – 430 с.
5. Артюхов А.И., Яговенко Т.В., Афонина Е.И., Трошина Л.В. Определение алкалоидов в люпине : методические рекомендации. – Брянск, 2012. – 16 с.

References

1. Agarkova S.N., Belyaeva R.V., Belyaeva Zh.A. et al. Produktsionnyy protsess sortov lyupina i ego optimizatsiya putem ispol'zovaniya regulyatorov rosta i razvitiya [Productive process of lupin varieties and its optimization by growth and development regulators]. *Vestnik Orel GAU [Herald Orel SAU]*, 2012, no. 2 (35), pp. 40–44.
2. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Methods of field experiment]. Moscow, Kolos Publ., 1985, 415 p.
3. Novikov V.P. Rezul'taty otsenki iskhodnogo materiala po urozhaynosti i elementy struktury urozhaya [Results of estimation of initial material for yield and elements of yield structure]. *Nauchnye trudy NIISKH CRNZ [Scientific works Agricultural research Institute of Central regions non-Chernozem zone]*. Moscow, 1972, v. 27, pp. 27–30.
4. Ermakov A.I. Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy [Methods biochemical research of plants]. Leningrad, Agropromizdat Publ., 1987, 430 p.
5. Artyukhov A.I., Yagovenko T.V., Afonina E.I., Troshina L.V. Opredelenie alkaloidov v lyupine: metodicheskie rekomendatsii [Alkaloid determination in lupin: technique guidance]. Bryansk, 2012, 16 p.