

## ДЕЙСТВИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНА ЛЮПИНА БЕЛОГО

**Т. В. Яговенко**, кандидат биологических наук  
**Н. М. Зайцева**  
**Л. В. Трошина**

*ВНИИ люпина – филиал ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»,  
г. Брянск, Россия,  
[lupin.labphys@mail.ru](mailto:lupin.labphys@mail.ru)*

*Изложены результаты сравнительного изучения регуляторов роста Циркон, Эпин-экстра на люпине белом (*Lupinus albus* L.) на фоне применения монофосфата калия. Установлено положительное влияние регуляторов на вегетативное развитие растений люпина белого, формирование ассимиляционной поверхности, содержание хлорофилла и каротиноидов в листьях. Применение препаратов в посевах люпина способствовало увеличению урожайности. Наиболее эффективным приемом воздействия на формирование этого показателя была предпосевная обработка семян с последующим опрыскиванием в фазе бутонизации регуляторами роста Циркон, Эпин-экстра. У сорта Дега урожайность превышала контроль на 10,4 и 8,5 % соответственно; у сорта Алый парус — на 17,0 и 13,5 %. Отмечена разная степень ответной реакции сортов люпина белого Дега, Алый парус на действие регуляторов роста.*

**Ключевые слова:** люпин, регуляторы роста, фотосинтез, хлорофилл, урожайность, продуктивность.

**Введение.** Дефицит белка в мире в настоящее время оценивается в 20–25 % от общей потребности [1]. Одним из путей решения проблемы является возделывание люпина белого (*Lupinus albus* L.), который в состоянии обеспечить потребность как в кормовом, так и в пищевом белке. Перспективным направлением реализации максимальной урожайности культуры является использование экзогенных регуляторов роста. Включение регуляторов роста в технологический процесс возделывания сельскохозяйственных культур имеет большое значение в плане ослабления отрицательного воздействия неблагоприятных условий на растения, а также для более полной реализации потенциала культуры [2].

Средства усиления роста растений относительно давно применяются в сельском хозяйстве. Перспективность их дальнейшего широкого использования определяют такие ценные свойства, как экологическая безопасность, низкие нормы расхода, возможность управлять процессами роста, изменять устойчивость растений к различным внешним фак-

торам. Регуляторы роста позволяют усиливать или ослаблять признаки и свойства растений в пределах нормы реакции, определяемой генотипом [3]. Объемы применения регуляторов роста растений ежегодно растут, поскольку их использование в сочетании с современными агроприемами на культурах позволяет при небольших затратах получить высокие прогнозируемые результаты [4].

В настоящее время существует острая необходимость расширения поиска эффективных регуляторов роста для люпина белого. При внедрении в производство новых сортов и препаратов для более целесообразного и эффективного их применения необходимо учитывать сортовую реакцию растений на действие последних и особенности изменения при этом физиологических показателей и элементов структуры урожая [5].

Среди экологически безопасных регуляторов роста обращают на себя внимание Эпин-экстра, Циркон. Они способны в исключительно малых концентрациях стимулировать рост и развитие растений, повышать устойчивость к стрессовым условиям произрастания, увеличивать продуктивность многих сельскохозяйственных культур.

Цель представленных исследований состояла в сравнительном изучении влияния регуляторов роста и способов их применения на особенности изменения физиологических показателей и урожайность люпина белого.

**Материал и методы исследований.** Исследования проводились в 2016, 2017 гг. Материалом исследований служили сорта люпина белого Дега и Альый парус. Изучались регуляторы роста: Циркон (действующее вещество — 0,1 г/л гидроксикоричная кислота), Эпин-экстра (0,025 г/кг 24-эпинбрассинолид). Посев ручной. Площадь делянки — 10 м<sup>2</sup>, норма высева белого люпина — 1,0 млн всхожих семян на 1 га. Повторность четырехкратная. Размещение делянок систематическое. Опрыскивание растений проводили ручным опрыскивателем.

Для успешного применения регуляторов роста необходимо достаточное снабжение растений питательными веществами, поэтому в фазу двух пар настоящих листьев и в фазу бутонизации растений проводилась обработка растений всех вариантов и контроля монофосфатом калия (K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>), содержащим 28 % K<sub>2</sub>O, 23 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, в дозе 2 г/л, согласно рекомендациям по использованию данного препарата.

Регуляторы роста использовали для предпосевной обработки семян и опрыскивания вегетирующих растений в фазу бутонизации в дозах, указанных в схеме опыта.

Схема опыта:

1. Контроль – обработка семян водой + опрыскивание растений монофосфатом калия (2 г/л);

2. Обработка семян Цирконом (0,15 мл/т);
3. Обработка семян Эпином-экстра (0,20 мл/т);
4. Обработка семян Цирконом (0,15 мл/т) + опрыскивание в фазу бутонизации (0,30 мл/л);
5. Обработка семян Эпином-экстра (0,20 мл/т) + опрыскивание растений в фазу бутонизации (0,40 мл/л).

Фотосинтетические показатели определяли по методикам, изложенным в работах А. А. Ничипоровича [6]. Удельную поверхностную плотность листа (УППЛ) — как отношение сухой массы листьев (мг) к их площади (см<sup>2</sup>). Содержание хлорофилла в листьях — по общепринятым методикам биохимического исследования [7], коэффициент азотфиксации — по Е. П. Трепачеву [8]. Структуру урожая — по методике НИИСХ ЦРНЗ [9]. Фенологические наблюдения проводили на протяжении всего периода вегетации. Пробы отбирали в фазу цветения, сизо-блестящего боба, созревания. Определение сухого вещества в зеленых частях растений — методом высушивания в сушильном шкафу до постоянной массы при температуре 105 °С.

Дисперсионный анализ полученных результатов осуществляли по общепринятым методикам статистической обработки данных [10]. Метеорологические условия 2016 и 2017 гг. в целом были благоприятными для роста и развития люпина белого (гидротермические коэффициенты — 1,12 и 1,09 соответственно).

**Результаты исследований.** Современным направлением повышения урожайности и качества продукции растениеводства является внедрение в производство энергосберегающих технологий с применением регуляторов роста растений, эффективность которых на люпине белом изучена слабо.

Исследования показали, что применение регуляторов роста оказало влияние на формирование вегетативных органов люпина белого, при этом отмечалась дифференциация сортов по степени и направленности ответной реакции на обработку. Так, высота главного побега растений сорта Дега в фазе цветения в вариантах с двукратной обработкой (обработка семян + опрыскивание растений) Цирконом, Эпином-экстра превышала контроль на 5,5 (6,9 %), а в фазе сизо-блестящего боба разница между вариантами опыта и контролем нивелировалась (табл. 1), причем в вышеуказанных вариантах отмечено достоверное снижение высоты главного побега по отношению к контролю на 6,3 и 2,8%. У сорта Алый парус увеличение высоты растений наблюдалось во всех вариантах опыта как в фазе цветения, так и в фазе сизо-блестящего боба. В фазе сизо-блестящего боба высота растений в вариантах с двукратной обработкой регуляторами Циркон и Эпин-экстра достоверно превышала контроль на 3,9 и 2,9 %. У обоих сортов в вариантах с двойной обработкой

кой наблюдалось достоверное увеличение массы листьев: у сорта Дега — на 27,8 и 18,0 %, у сорта Алый парус — на 20,5 и 23,5 %. Отмечен также рост массы стеблей. Наиболее интенсивно этот процесс проходил у сорта Алый парус. Во всех вариантах опыта масса стеблей была выше контроля на 20,3–32,0 %.

**1. Влияние регуляторов роста на формирование вегетативных органов люпина белого, фаза сизо-блестящего боба, 2016–2017 гг.**

Вариант	Высота растений, см	Масса, г/растение		
		листьев	стеблей	клубеньков
Сорт Дега				
1. Контроль – фон	83,9	25,5	25,6	0,84
2. Циркон – обработка семян	83,1	27,2	25,6	0,96
3. Эпин-экстра – обработка семян	82,7	26,8	27,9	0,87
4. Циркон – обработка семян + опрыскивание	78,6	32,6	28,4	0,94
5. Эпин-экстра – обработка семян + опрыскивание	81,5	30,1	27,2	1,02
НСР <sub>05</sub>	2,3	4,5	2,0	0,14
Сорт Алый парус				
1. Контроль – фон	113,1	22,9	39,8	0,53
2. Циркон – обработка семян	114,5	24,1	52,7	0,62
3. Эпин-экстра – обработка семян	115,1	26,3	47,9	0,63
4. Циркон – обработка семян + опрыскивание	117,5	27,6	50,3	0,71
5. Эпин-экстра – обработка семян + опрыскивание	116,4	28,3	49,8	0,64
НСР <sub>05</sub>	3,1	4,2	5,8	0,08

Признак «масса клубеньков» проявил положительную тенденцию только в фазе сизо-блестящего боба. Достоверное увеличение массы клубеньков у сорта Дега отмечено в варианте с двукратной обработкой Эпином-экстра (на 21,4 %).

У сорта Алый парус изучаемые препараты вызывали достоверный рост массы клубеньков во всех вариантах опыта. Максимальным он был при использовании Циркона для предпосевной обработки и опрыскивания в фазе бутонизации. Отмечено, что в контрольном варианте к фазе сизо-блестящего боба масса клубеньков уменьшилась быстрее, чем в обработанных вариантах. Это может служить свидетельством того, что

при обработке регуляторами роста Циркон, Эпин-экстра замедлялся лизис клубеньков.

Регуляторы роста оказывали положительное влияние на ряд показателей фотосинтеза, в частности на ассимиляционную поверхность и мощность пигментного аппарата растений люпина белого.

Наибольшие значения во всех вариантах опыта ассимиляционная поверхность достигала в фазу сизо-блестящего боба. Полученные результаты свидетельствуют о том, что регуляторы роста способствовали увеличению площади листьев и снижению удельной поверхностной плотности листа (УППЛ), которая является одним из показателей, характеризующих фотосинтетическую активность растения в наблюдаемых условиях. Максимальный эффект у обоих сортов отмечен при использовании регулятора роста Циркон. У сорта Дега применение этого регулятора для предпосевной обработки семян увеличивало площадь листьев в среднем за два года на 52,6 % (табл. 2). У сорта Алый парус в аналогичном варианте — на 27,5 %, в варианте с двукратной обработкой — на 26,9 %. Обработка Эпином-экстра давала меньший эффект.

**2. Влияние регуляторов роста на формирование ассимиляционной поверхности люпина белого, фаза сизо-блестящего боба, 2016–2017 гг.**

Вариант	Сорт Дега		Сорт Алый парус	
	Площадь листьев, см <sup>2</sup> /растение	УППЛ, мг/см <sup>2</sup>	Площадь листьев, см <sup>2</sup> /растение	УППЛ, мг/см <sup>2</sup>
1. Контроль	605,9	3,39	755,1	3,88
2. Циркон – обработка семян	925,1	2,95	962,5	3,76
3. Эпин-экстра – обработка семян	630,6	3,14	773,0	3,60
4. Циркон – обработка семян + опрыскивание	770,1	3,22	958,3	3,54
5. Эпин-экстра – обработка семян + опрыскивание	735,3	3,24	799,2	3,33

Увеличение ассимиляционной поверхности указывает на активное формирование фотосинтетического аппарата. Его активность определялась не только площадью листьев и величиной УППЛ, но и содержанием фотосинтетических пигментов в листьях. Анализ показал изменение их содержания после обработки биологически активными веществами. Максимальное количество хлорофилла в листьях отмечено в фазу «цве-

тение» (табл. 3). Содержание хлорофилла *a* в листьях сорта Дега варьировало в среднем за годы исследований в пределах от 1,78 до 2,15 мг/г, у сорта Алый парус — от 1,68 до 2,01 мг/г. Наибольший стимулирующий эффект наблюдался в вариантах с предпосевной обработкой семян и опрыскиванием растений обоих сортов по вегетации регулятором роста Циркон. Величина суммы хлорофиллов (*a + b*) в этом варианте у сорта Дега возросла на 21,7 %, за счет увеличения содержания хлорофилла *a* на 20,7 %, хлорофилла *b* — на 25,0 %. У сорта Алый парус в аналогичном варианте сумма хлорофиллов (*a + b*) увеличивалась на 24,4 %, хлорофилла *a* — на 19,6 %, хлорофилла *b* — на 40,8 %.

### 3. Содержание фотосинтетических пигментов (мг/г) в листьях люпина белого, 2016–2017 гг.

Сорт	Вариант	Фаза цветения				
		Хлорофилл				Каротиноиды
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a + b</i>	<i>a/b</i>	
Дега	1. Контроль	1,78	0,48	2,26	3,7	1,32
	2. Циркон – обработка семян	2,03	0,58	2,61	3,5	1,55
	3. Эпин-экстра – обработка семян	1,89	0,49	2,38	3,8	1,62
	4. Циркон – обработка семян + опрыскивание	2,15	0,60	2,75	3,5	1,81
	5. Эпин-экстра – обработка семян + опрыскивание	2,05	0,59	2,64	3,4	1,71
Алый парус	1. Контроль	1,68	0,49	2,17	3,4	1,28
	2. Циркон – обработка семян	1,90	0,60	2,50	3,1	1,48
	3. Эпин-экстра – обработка семян	1,96	0,57	2,53	3,4	1,51
	4. Циркон – обработка семян + опрыскивание	2,01	0,69	2,70	2,9	1,80
	5. Эпин-экстра – обработка семян + опрыскивание	1,86	0,66	2,52	2,8	1,91

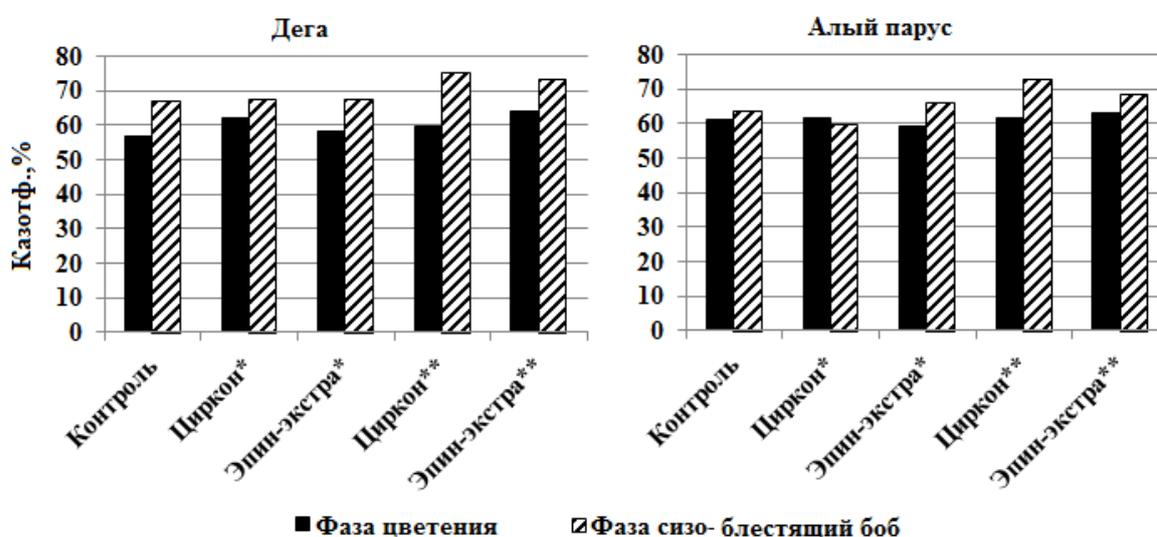
Для обоих сортов было характерно снижение соотношения хлорофиллов *a* и *b* после применения стимуляторов роста, в основном за счет повышения доли хлорофилла *b* — пигмента, входящего в светособирающий комплекс.

О влиянии регуляторов роста на физиологические процессы свидетельствует активация биосинтеза каротиноидов — пигментов, входящих

в антиоксидантный комплекс растения. В среднем увеличение их содержания в листьях по отношению к контролю составило у сорта Дега при обработке семян 20,1 %, при обработке семян с последующей внекорневой обработкой 33,3%. У сорта Алый парус — 16,7 и 44,9 % соответственно.

Изменение количества пигментов после обработок стимуляторами роста можно рассматривать как возможность регуляции интенсивности фотосинтеза через пигментный аппарат листа.

Важнейший источник азотного питания у люпина — азотфиксация, которая при благоприятных условиях покрывает 70–80 % общей потребности в азоте. По мере прохождения фаз развития у исследуемых генотипов происходило возрастание связывания молекулярного азота воздуха (рисунок), о чем свидетельствуют коэффициенты симбиотической азотфиксации.



**Рисунок. Влияние регуляторов роста на величину коэффициента азотфиксации**

\*обработка семян + опрыскивание в фазу бутонизации,

\*\*опрыскивание в фазы: две пары настоящих листьев и бутонизация

Анализируя интенсивность этого процесса, отмечено, что его пик приходился на фазу сизо-блестящего боба. К этому моменту клубеньки растений накопили максимальное количество сухого вещества и находились в активном состоянии. Масса клубеньков сорта Дега в вариантах опыта находилась в диапазоне 80,9–116,1 г/м<sup>2</sup>, у сорта Алый парус — 80,6–108,9 г/м<sup>2</sup>. Использование регуляторов роста приводило к увеличению этого показателя, особенно в вариантах с применением Циркона для обработки семян и последующего опрыскивания по вегетации. Коэффициент азотфиксации в вариантах, обработанных этим препаратом,

у сорта Дега увеличивался на 12,3 и 13,2 %, у сорта Алый парус — на 11,2 и 7,6 %.

Применение регуляторов роста на фоне монофосфата калия положительно влияло на ряд элементов структуры урожая. Отмечено увеличение продуктивности растений, массы 1000 семян, уборочного индекса (табл. 4). Так, у сорта Дега масса семян с растения (продуктивность) повышалась во всех вариантах опыта, но достоверно только в варианте с двойной обработкой препаратом Циркон. Увеличение по отношению к контролю составило 24,4 %. Масса 1000 семян увеличивалась на 12,9 %.

#### 4. Урожайность и элементы структуры урожая люпина белого, 2016–2017 гг.

Вариант	Урожайность, ц/га	Продуктивность, г/растение	Доля главного побега, %	Масса 1000 семян, г	Коэффициент хозяйственного использования, %
Сорт Дега					
1. Контроль – фон	37,5	9,0	78,6	225,3	41,9
2. Циркон – обработка семян	39,7	9,5	71,6	226,9	42,6
3. Эпин-экстра – обработка семян	38,3	9,8	69,9	223,2	40,6
4. Циркон – обработка семян + опрыскивание	41,4	11,2	68,1	254,5	43,5
5. Эпин-экстра – обработка семян + опрыскивание	40,7	11,0	64,8	242,1	44,8
НСР <sub>05</sub>	2,30	2,12		15,9	
Сорт Алый парус					
1. Контроль – фон	39,3	9,6	92,0	257,8	42,2
2. Циркон – обработка семян	43,5	11,2	74,0	277,2	43,2
3. Эпин-экстра – обработка семян	41,7	11,2	74,4	258,1	42,1
4. Циркон – обработка семян + опрыскивание	46,0	11,8	71,4	338,0	43,8
5. Эпин-экстра – обработка семян + опрыскивание	44,6	11,9	70,4	308,5	44,8
НСР <sub>05</sub>	3,08	1,98		25,3	

У сорта Алый парус максимальная продуктивность растений сформировалась при двойном использовании регуляторов. В варианте с Эпином-экстра она повышалась на 23,9 % относительно контроля и в варианте с Цирконом — на 22,9 %. Также увеличивалась и масса 1000 семян — на 19,6 и 31,1 % соответственно. Применение изучаемых препаратов приводило к увеличению коэффициента хозяйственного использования. У сорта Дега этот показатель изменялся в пределах от 40,6 до 44,8 %, у сорта Алый парус — от 42,1 до 44,8 %. Следует отметить, что применение регуляторов роста на люпине белом вызывало снижение доли главного побега в структуре урожая.

Основным критерием оценки технологического приема возделывания культуры является урожайность. В условиях вегетации 2016 и 2017 гг. по совокупности показателей наиболее эффективным приемом воздействия на формирование урожайности сортов люпина белого был прием, включающий предпосевную обработку семян и последующее опрыскивание в фазе бутонизации регуляторами роста Циркон, Эпин-экстра. У сорта Дега в этих вариантах урожайность превышала контроль 10,4 и 8,5 % соответственно; у сорта Алый парус — на 17,0 и 13,5 %. В этих вариантах повышение урожайности зерна происходило за счет роста продуктивности растений и массы 1000 семян.

**Заключение.** Активный рост и развитие листовой поверхности, функциональная активность фотосинтетического и азотфиксирующего аппаратов растений сортов люпина белого Дега и Алый парус под действием экзогенных регуляторов роста Циркон, Эпин-экстра способствовали более высокому уровню обеспеченности растений ассимилятами и создавали предпосылки для формирования повышенной урожайности культуры.

Изменение уровня изучаемых физиологических показателей в растениях люпина, наблюдаемые при воздействии изучаемых регуляторов роста, свидетельствуют о перестройке метаболизма, направленной на повышение продукционного процесса растений.

Разная степень ответного действия на обработку экзогенными регуляторами роста вегетирующих растений люпина в значительной мере определялась восприимчивостью сортов.

#### Литература

1. Радкевич М. Л. Агрономическая, энергетическая и экономическая оценка условий питания при возделывании люпина узколистного на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Вестник Белорусской ГСХА. – 2020. – № 2. – С. 96–100.

2. Рябчинская Т. А., Зимина Т. В. Средства, регулирующие рост и развитие растений, в агротехнологиях современного растениеводства // *Агрехимия*. – 2017. – № 12. – С. 62–92.
3. Агаркова С. Н., Беляева Ж. А., Беляева Р. В. Продукционный процесс сортов люпина и его оптимизация путем использования регуляторов роста и развития // *Вестник Орел ГАУ*. – 2012. – № 2(35). – С. 40–44.
4. Череухина Е. В. Влияние протравителей и защитно-стимулирующих составов на морфологические и анатомические характеристики стебля льна-долгунца // *Земледелие и селекция в Беларуси : сб. науч. тр.* – Минск, 2018. – С. 92–99.
5. Персикова Т. Ф., Коготько Ю. В., Радкевич М. Л. Комплексное применение микроэлементов, регуляторов роста растений и бактериальных удобрений в предпосевной обработке семян проса и люпина узколистного : рекомендации. – Горки : БГСХА, 2015. – 24 с.
6. Ничипорович А. А. О методах оценки фотосинтетической функции растений в связи с задачами селекции : тез. докл. Всесоюз. совещ. по унификации методов и приборов для массовых измерений интенсивности фотосинтеза. – Л. : Пушкин : Изд-во ВИР, 1970. – С. 84–88.
7. Ермаков А. И. Методы биохимического исследования растений. – Л. : Агропромиздат, 1987. – 430 с.
8. Трепачев Е. П., Атрашкова Н. А., Хабарова А. И. О методах определения и размерах фиксации атмосферного азота бобовыми растениями // *Биологический азот в земледелии НЗ*. – М. : Колос, 1970. – С. 27–73.
9. Новиков В. П. Результаты оценки исходного материала по урожайности и элементы структуры урожая. Научные труды НИИСХ ЦРНЗ. – М., 1972. – Вып. 27. – С. 27–30.
10. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

## **GROWTH REGULATORS' ACTION ON GRAIN YIELD FORMATION OF WHITE LUPIN**

**T. V. Yagovenko, N. M. Zaytseva, L. V. Troshina**

*The results of a comparative test of the growth regulators Circon and Epin-extra for white lupin (*Lupinus albus* L.) on the potassium monophosphate background are shown. The positive effect of the regulators on the vegetative development of white lupin plants and on development of assimilation surface, on chlorophyll and carotenoids content in leaves was set. Use of the chemicals in lupin crops fostered yield increase. The pre-sowing seed treatment following with spraying by the growth regulators Circon and Epin-extra at the bud formation stage were the most productive way to affect the development of this character. The yield of the var. Dega exceeded the standard one by 10.4 and 8.5% respectively; the yield of the var. Alyi parus — in 17.0 and 13.5%. The different response level of the white lupin varieties Dega and Alyi parus to the action of the growth regulators was observed.*

**Keywords:** *lupin, growth regulators, photosynthesis, chlorophyll, yield, productivity.*