

УДК 631.811.98:633.521

## ЭПИКАСТАСТЕРОН – НОВЫЙ ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ РЕГУЛЯТОР РОСТА ДЛЯ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

А. А. ХОДЯНКОВ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: [agrohimic@tut.by](mailto:agrohimic@tut.by)

(Поступила в редакцию 15.02.2019)

Приведены результаты сравнительной эффективности комплексного применения brassinостероидов, пестицидов и минеральных удобрений на льне масличном. Результаты исследований, проведенных на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве северо-востока Республики Беларусь, свидетельствуют о высокой эффективности и перспективности использования на льне масличном нового отечественного регулятора роста растений класса brassinостероидов – эпикастастерона. Эпикастастерон, внесенный на фоне  $N_{45}P_{60}K_{90}$ , способствовал получению в среднем за годы исследований 20,45–22,25 ц/га льносемян, достоверному повышению содержания жира в семенах льна до 44,45–45 %. Кроме этого, brassinостероиды влияют на рост и развитие корневой системы растений льна масличного. В среднем за 2016–2018 гг. эпикастастерон, вносимый на фоне минеральных удобрений в дозе  $N_{45}P_{60}K_{90}$ , способствовал формированию корневой системы в 1,2 – 1,4 раза более мощной, чем без использования регулятора роста растений. Изучаемый росторегулятор оказал существенное влияние на жирнокислотный состав масла семян льна. По уровню содержания жирных кислот масло семян на вариантах с эпикастастероном отвечало предъявляемым стандартам требованиям. Так, массовая доля пальмитиновой, олеиновой и линоленовой кислот к сумме жирных кислот была выше при внесении brassinостероида на льне дважды: в среднем за три года исследований по отношению к минеральному фону без росторегулятора прибавки составили 0,38; 0,68 и 0,90 % соответственно. Использование в технологии возделывания льна масличного нового отечественного регулятора роста растений эпикастастерона позволяет повысить продуктивность культуры и получить высококачественное масло семян. Предлагаемые агроприемы дополняют существующую технологию возделывания льна масличного, они экономически и экологически обоснованы.

**Ключевые слова:** лен масличный, полевой опыт, brassinостероиды, урожайность, качество продукции.

We have presented results of research into comparative effectiveness of the combined use of brassinosteroids, pesticides and mineral fertilizers on oilseed flax. The results of studies conducted on sward-podzolic light loamy soil of the north-east of the Republic of Belarus indicate high efficiency and prospects of using a new domestic plant growth regulator of brassinosteroid class – epicastasteron – on oil flax. Epicastasteron, introduced on the background of  $N_{45}P_{60}K_{90}$ , contributed to an average yield of 2.045-2.225 t / ha of flax seeds over the years of research, and a significant increase in the fat content of flax seeds up to 44.45-45%. In addition, brassinosteroids affect the growth and development of the root system of oil flax plants. On average for 2016-2018, epicastasteron applied on the background of mineral fertilizers in a dose of  $N_{45}P_{60}K_{90}$  contributed to the formation of the root system which was 1.2-1.4 times more powerful than that without the use of a plant growth regulator. The studied growth regulator had a significant impact on the fatty acid composition of flax seed oil. In terms of the content of fatty acids, seed oil in variants with epicastasteron met the requirements set by the standards. Thus, the mass fraction of palmitic, oleic and linolenic acids in the amount of fatty acids was higher when applying brassinosteroid on flax twice: average increases during three years of research in relation to the mineral background without a growth regulator were 0.38, 0.68, and 0.90% respectively. The use of domestic plant growth regulator epicastasteron in the technology of cultivation of oilseed flax allows you to increase the productivity of the crop and to obtain high quality seed oil. The proposed agricultural practices complement the existing technology of cultivation of oil flax, they are economically and environmentally sound.

**Key words:** oil flax, field experience, brassinosteroids, yield, product quality.

### Введение

Лен масличный – ценная техническая культура многостороннего использования. Реальная возможность увеличения производства льна – это усовершенствование существующих и разработка новых элементов технологии возделывания, способствующих росту его урожайности и качества. В решении данной проблемы важное значение имеют экологически безопасные, ресурсосберегающие агрономические приемы, создающие оптимальные условия питания растений.

Существенным фактором дальнейшего повышения продуктивности сельскохозяйственных культур, по мнению ряда ученых, является применение регуляторов роста растений класса brassinостероидов. Эти соединения имеют природную структуру, широко распространены в растительном мире, являются привычными для человека и животных вследствие обычного попадания в организм вместе с пищей и метаболизма традиционными путями, что в значительной степени гарантирует безопасность их применения. Дозы, с помощью которых достигается эффект от применения brassinостероидов в сельском хозяйстве, сопоставимы по величине с их

содержанием в природных объектах, в связи с чем замена части традиционных химических средств ухода за посевами на данные соединения позволит оздоровить окружающую среду и получить экологически чистую продукцию [1, 2, 3, 4 и др.].

Регуляторы роста растений класса brassinостероидов способствуют гармоничному росту и развитию растений на всех стадиях онтогенеза, повышая их устойчивость к стрессовым условиям произрастания и болезням, в связи с чем увеличивается как урожайность, так и качество продукции. Данные лабораторных и вегетационных опытов с почвенной и песчаной культурой показали, что brassinостероиды увеличивают засухоустойчивость, снижают транспирацию, повышают энергию прорастания и продуктивность льна [5, 6, 7, 8 и др.].

Имеются сведения о том, что brassinостероиды повышают всхожесть семян, снизивших посевные качества в результате хранения [9]. Согласно результатам полевых опытов со льном, brassinостероиды позволяют сэкономить 15–30 кг/га минерального азота без ущерба для продуктивности и качества растений, повышают устойчивость посевов к полеганию, способствуют снижению пораженности растений и семян как сапрофитной, так и патогенной микробиотой [4, 10, 11].

Вопрос о возможности применения brassinостероидов на льне масличном поставлен давно, однако изучение их не имело системного характера. Проведение опытов с использованием отечественного препарата класса brassinостероидов эпикастастерона – новое и актуальное направление.

#### **Основная часть**

В задачи нашей работы входило изучение на льне масличном (2016–2018 гг.) сравнительной эффективности эпикастастерона с ранее исследованными на льне brassinостероидами эпином и эпином-плюс. Указанные соединения получены путем химического синтеза в ГНУ «Институт биоорганической химии НАН Беларуси».

Исследования проходили в полевом опыте на опытном поле УО БГСХА на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, которая характеризовалась следующими агрохимическими показателями:  $pH_{KCL} - 5,5-5,6$ ;  $P_2O_5 - 158-167$  мг/кг;  $K_2O - 179-183$ ;  $Zn - 2,6-2,8$ ;  $B - 0,25-0,31$ ;  $Cu - 1,81-1,92$  мг/кг; гумус – 1,64–1,67 %. Методики исследования в опытах общепринятые в соответствии с ГОСТами и методическими указаниями. Агротехника возделывания льна масличного (сорт Салют) соответствовала рекомендуемой для данного региона. Вносили росторегулирующие вещества по вегетирующим растениям в баковой смеси с пестицидами, концентрация brassinостероидов в растворе –  $1 \cdot 10^{-5}$  %. В период проведения опытов погодные условия были благоприятными для роста и развития растений, получения высокой и качественной урожайности семян льна масличного: температура воздуха во все решающие фазы вегетации была близка к среднегодовым показателям, количество выпавших осадков не вызывало полегания посевов, а для формирования и созревания семян создавались оптимальные условия. Урожайность сельскохозяйственных растений является функцией многих переменных факторов, среди которых главнейшими, в конечном итоге, являются почвенное плодородие и условия питания. В наших опытах лен масличный обеспечил получение высокой урожайности семян: в среднем за два года исследований от 11,35 ц/га на контроле до 23,05 ц/га при использовании средств интенсификации (табл.1). При одинарной обработке посевов регуляторами роста растений (фаза «ёлочки»). Наиболее эффективным оказался эпин-плюс. При двойных обработках льна brassinостероидами (фазы «ёлочки» и «бутонизации») получена максимальная урожайность всех трех фитогормонов, при этом более эффективными были эпин и эпин-плюс.

Эпикастастерон, внесенный на фоне  $N_{45}P_{60}K_{90}$ , способствовал получению в среднем за годы исследований 20,45–22,25 ц/га льносемян, прибавка от росторегулятора по отношению к минеральному фону составила 2,8–4,6 ц/га.

Одним из важнейших показателей качества семян льна является содержание в них жира, основного запасного вещества. В наших опытах масличность семян зависела от вносимых минеральных удобрений и регуляторов роста растений и колебалась в пределах 40,85–45,55 %. Наиболее эффективно повышали масличность brassinостероиды,

внесенные на льне в два приема в баковых смесях с пестицидами на фоне минерального питания растений (табл.1).

Таблица 1. Влияние условий питания и вносимых brassinosterоидов на урожайность и качество продукции льна масличного (среднее за 2016–2018 гг.)

Вариант	Урожайность семян, ц/га	Масличность семян, %
1. Контроль (без удобрений)	11,35	40,85
2. P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	14,50	42,10
3. N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	17,00	42,75
4. N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	17,65	43,60
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	18,65	43,15
6. N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + эпикастастерон и гербициды «елочка»	20,45	44,45
7. N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + эпин и гербициды «елочка»	20,85	44,65
8. N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + эпин-плюс и гербициды «елочка»	21,25	44,70
9. N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + эпикастастерон и гербициды «елочка» + эпикастастерон и фунгицид «бутонизация»	22,25	45,00
10. N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + эпин и гербициды «елочка» + эпин и фунгицид «бутонизация»	23,00	45,30
11. N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + эпин-плюс и гербициды «елочка» + эпин-плюс и фунгицид «бутонизация»	23,05	45,35
НСР <sub>05</sub>	0,34–0,43	0,38–0,55

Эпикастастерон способствовал достоверному повышению содержания жира в семенах льна в среднем за три года до 44,45–45 %. При этом прибавка к фону N<sub>45</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> составила 0,85–1,4 %.

Пригодность семян льна на пищевые цели, а также их использование в медицине определяется, прежде всего, качеством масла – жирнокислотным составом его триглицеридов. К основным жирным кислотам относятся ненасыщенные – олеиновая, линолевая, линоленовая и насыщенные – стеариновая и пальмитиновая. По содержанию жирных кислот и общей биологической ценности льняное масло превосходит другие растительные масла.

Нашими опытами установлено, что эпикастастерон оказал существенное влияние на жирнокислотный состав масла семян льна. По уровню содержания жирных кислот масло семян на вариантах с эпикастастероном отвечало предъявляемым стандартами требованиям. Так, массовая доля пальмитиновой, олеиновой и линоленовой кислот к сумме жирных кислот была выше при внесении brassinosterоида на льне дважды: в среднем за три года исследований по отношению к минеральному фону без роторегулятора прибавки составили 0,38; 0,68; и 0,90% соответственно. Высокая активность олеиновой и линоленовой кислот делает масло незаменимым в медицинской и пищевой промышленности (табл. 2).

Таблица 2. Содержание жирных кислот в масле семян льна под влиянием эпикастастерона (среднее за 2016–2018 гг.)

Вариант	Жирнокислотный состав масла семян льна, массовая доля, % к сумме жирных кислот				
	пальмитиновая	стеариновая	олеиновая	линоленовая	линолевая
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	7,04	3,63	15,87	62,66	5,25
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + эпикастастерон и гербициды «елочка»	7,29	3,80	16,17	63,25	5,37
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + эпикастастерон и гербициды «елочка» + эпикастастерон и фунгицид «бутонизация»	7,42	3,79	16,54	63,56	5,37
НСР <sub>05</sub>	0,07	0,12–0,14	0,06–0,08	0,09–0,11	0,06–0,08

Имеются сведения, что brassinosterоиды влияют на рост и развитие корневой системы растений [12]. Корневая система льна характеризуется небольшой мощностью, она составляет всего 6–10 % общей массы растения и расположена на 95–97 % в пахотном слое почвы [13]. В связи с чем в наших опытах глубина отбора почвенных монолитов составляла 30 см.

Опытами установлено, что все изучаемые brassinosterоиды оказали достоверное положительное влияние на увеличение мощности подземной биомассы льна масличного. Масса корневой системы была выше при двойной обработке посевов регуляторами роста. В среднем за три года исследований эпикастастерон, вносимый на фоне минеральных

удобрений в дозе N<sub>45</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>, способствовал формированию корневой системы в 1,2–1,4 раза более мощной, чем без росторегулятора (табл. 3).

Таблица 3. Изменение массы корневой системы льна масличного в зависимости от применяемых регуляторов роста растений, г на 100 сухих растений (среднее за 2016–2018 гг.)

Вариант	Фаза ранней желтой спелости
<sup>45</sup> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	12,97
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + эпикастастерон 100 мл/га (25 мг/га д. в.) в 200 л воды и гербициды (опрыскивание посевов в начале фазы «елочки»)	16,47
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + эпин и гербициды (опрыскивание посевов в начале фазы «елочки») те же дозы	15,06
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + эпин-плюс и гербициды (опрыскивание посевов в начале фазы «елочки») те же дозы	15,56
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + эпикастастерон 100 мл/га (25 мг/га д. в.) в 200 л воды и гербициды (опрыскивание посевов в начале фазы «елочки») + эпикастастерон 100 мл/га (25 мг/га д. в.) в 200 л воды и фунгицид (опрыскивание посевов в начале фазы бутонизации)	18,65
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + эпин и гербициды (опрыскивание посевов в начале фазы «елочки») + эпин и фунгицид (опрыскивание посевов в начале фазы бутонизации)	16,32
N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub> + эпин-плюс и гербициды (опрыскивание посевов в начале фазы «елочки») + эпин-плюс и фунгицид (опрыскивание посевов в начале фазы бутонизации)	16,97
НСР <sub>05</sub>	0,53–1,01

По своему действию на массу корней льна эпикастастерон превосходил другие исследуемые препараты (эпин и эпин-плюс) на 10–11 %, что для льна является немаловажным условием повышения устойчивости посевов к полеганию.

### Заключение

Таким образом, результаты исследований, проведенных на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве северо-востока Республики Беларусь, свидетельствуют о высокой эффективности и перспективности использования на льне масличном нового отечественного регулятора роста растений класса брассиностероидов – эпикастастерона.

Разрабатываемые агроприемы вписываются в существующую технологию возделывания льна масличного и экологически обоснованы. По мере накопления информации об эффективности использования регуляторов роста растений, механизме их действия, побочных явлениях, брассиностероиды все шире будут внедряться в практику сельскохозяйственного производства.

### ЛИТЕРАТУРА

- Хрипач, В. А. Перспективы практического применения брассиностероидов нового класса фитогормонов (Обзор) / В. А. Хрипач, В. И. Жабинский, Ф. А. Лахвич // Сельскохозяйственная биология. – 1995. – № 1. – С. 3–11.
- Прусакова, Л. Д. Роль брассиностероидов в росте, устойчивости и продуктивности растений / Л. Д. Прусакова, С. И. Чижова // Агрохимия. – 1996. – № 11. – С. 137–150.
- Такимацу, Т. Биологические основы и практическое применение эпи-брассинолида / Т. Такимацу. – М., 1988. – 19 с.
- Ремце, Е. Х. Регуляторы роста растений как фактор снижения негативного действия пестицидов / Е. Х. Ремце, Л. П. Воронина, Л. К. Батурина // Агрохимия. – 1999. – № 3. – С. 64–69.
- Ходянков, А. А. Влияние брассиностероидов на устойчивость растений льна-долгунца к засухе / А. А. Ходянков // Агрохимический вестник. – 2008. – № 1. – С. 21–24.
- Пустовойтова, Т. П. Повышение засухоустойчивости растений под воздействием эпибрассинолида / Т. П. Пустовойтова, Н. Е. Жданова, Н. В. Жолкевич // Докл. РАН. – 2001. – 376, – № 5. – С. 697–700.
- Жарина, И. А. Влияние физиологически активных веществ на морфофизиологические показатели и продуктивность различных генотипов льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.): автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.12 / И. А. Жарина; ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича». – Минск, 2005. – 22 с.
- Clouse, S. D. Brassinosteroid signal transduction: from receptor kinase activation to transcriptional networks regulating plant development // Plant cell. 2011, Vol. 23. – P. 1219–1230.
- Дуктов, В. П. Влияние росторегуляторов на посевные качества льна-долгунца / В. П. Дуктов // Проблемы производства продукции растениеводства и пути их решения: мат-лы международной научно-практической юбилейной конференции, посвященной 160-летию Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – Горки, 2000. – С. 35–38.
- Ходянков, А. А. Влияние минеральных удобрений и брассиностероидов на продуктивность льна масличного и вынос элементов питания / А. А. Ходянков, И. Ю. Гаврюшин // Почвоведение и агрохимия. – 2013, № 1 [50]. – С. 198–208.
- Корнейкова, Ю. С. Влияние брассиностероидов на полегаемость и урожайность льна масличного / Ю. С. Корнейкова // Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистрантов. – Горки: БГСХА, 2011. – С. 44–47.
- Эпикастастерон активирует кальций-проницаемые катионные каналы и стимулирует рост корневой системы у высших растений / Д. Е. Стрельцова [и др.]. – Вестник БГУ. – Сер. 2. – 2014. – № 3. – С. 48–53.
- Рогаш, А. Р. Льноводство / А. Р. Рогаш, Н. Г. Абрамов, В. А. Толковский. – М.: Колос, 1967. – 581 с.