

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ

КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ БРАССИНОСТЕРОИДОВ, МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ И ПЕСТИЦИДОВ НА ЛЬНЕ МАСЛИЧНОМ

Рекомендации

*для руководителей, специалистов сельскохозяйственных
предприятий, слушателей ФПК, преподавателей, аспирантов
и студентов агрономических специальностей
сельскохозяйственных вузов*

Горки
БГСХА
2013

УДК 631.95:633.521(083.13)
ББК 41.2+42.16
К63

*Утверждено Главным управлением растениеводства
Министерства сельского хозяйства и продовольствия
Республики Беларусь.*

Протокол № 16 от 25 сентября 2013 г.

Рекомендовано Научно-техническим советом УО «БГСХА».

Протокол № 9 от 2 сентября 2013 г.

Авторы:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *А. А. Ходянков*;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *А. В. Шеринев*;
доктор сельскохозяйственных наук *С. П. Кукреш*;
кандидат сельскохозяйственных наук *С. Ф. Кукреш-Ходянкowa*;
Ю. С. Корнейкова, И. В. Емельянов, И. Ю. Гаврюшин,
О. Н. Ходянкowa, А. В. Иванчикова

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор *Т. Ф. Персикова*;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *В. А. Кожановский*

**К63 Комплексное применение brassиностероидов, макро-,
микроудобрений и пестицидов на льне масличном : рекоменда-
ции / А. А. Ходянков [и др.]. – Горки : БГСХА, 2013. – 42 с.**

Изложены результаты исследований по комплексному применению новых отечественных регуляторов роста растений класса brassиностероидов (эпина и гомобраcсинолида) в сочетании с микроэлементами и средствами химической защиты растений под лен масличный на фоне однокомпонентных и АФК удобрений. Представлены рациональные способы их применения, агрономическая и экономическая эффективность.

Предназначены для руководителей, специалистов сельскохозяйственных предприятий, слушателей ФПК, преподавателей, аспирантов и студентов агрономических специальностей сельскохозяйственных вузов.

**УДК 631.95:633.521(083.13)
ББК 41.2+42.16**

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2013

ВВЕДЕНИЕ

Научно-технический прогресс в земледелии неразрывно связан с интенсивным использованием средств химизации (удобрений, пестицидов, регуляторов роста). В мировом земледелии наблюдается прямая зависимость уровня сельскохозяйственного производства от применения их, что позволяет заметно ослабить влияние неблагоприятных погодных условий, повысить урожайность сельскохозяйственных культур. Очень важно научиться управлять продуктивностью растений и качеством растениеводческой продукции, обеспечивая оптимальные условия питания растений на протяжении вегетационного периода за счет научно обоснованного внесения удобрений и других средств химизации.

Существенным фактором дальнейшего повышения урожайности сельскохозяйственных культур, по мнению ряда ученых, является применение регуляторов роста растений класса брассиностероидов. Вопрос о возможности применения регуляторов роста на льне поставлен давно, однако изучение их не имело системного характера.

Разработаны различные способы применения эпина и гомобрассинолида, повышающие продуктивность льна-долгунца. На льне же масличном в полевых опытах влияние брассиностероидов не изучено. Это обуславливает **новизну** и **актуальность** проводимых нами исследований.

Регуляторы роста растений класса брассиностероидов способствуют гармоничному росту и развитию растений на всех стадиях онтогенеза, повышая их устойчивость к стрессовым условиям произрастания, к вредителям и болезням, в связи с чем увеличивается как урожайность, так и качество продукции. При совместном применении с традиционными пестицидами они повышают эффективность их, что позволяет снизить нормы расхода последних и кратность обработок ими. Все это, вместе взятое, дает как **экономический**, так и **социальный** эффект.

Препараты на основе брассиностероидов, являясь **экологически безопасными**, способствуют повышению экологической чистоты продукции, снижая в ней накопление нитратов, тяжелых металлов, радионуклидов и других поллютантов. Благодаря минимальным нормам расхода они позволяют снизить экологическую нагрузку на окружающую среду.

Использование регуляторов роста растений нового поколения в сочетании с пестицидами будет иметь важное **практическое значение** и послужит основой повышения эффективности средств химизации, внедрения в производство **ресурсо- и энергосберегающих** агротехнических приемов.

1. НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

Лен – древнейшее культурное растение. По данным научных и научно-производственных организаций Европейского союза, посевные площади масличного льна составляют 2900 тыс. га, льна-долгунца – 550 тыс. га. Самые крупные мировые производители и экспортеры масличного льна – Аргентина, США, Канада и Индия. В этих странах постоянно увеличивается урожайность его и улучшается качество продукции, в основном за счет создания новых сортов и совершенствования технологии возделывания, обеспечивающих получение более 10–15 ц/га семян с содержанием масла до 50 % и выше (волокна – 15 %). Основные потребители продуктов его переработки – страны Западной Европы. В Республике Беларусь традиционно возделывается культура умеренного климата – лен-долгунец.

Лен масличный – скороспелая яровая масличная культура, нетипичная для почвенно-климатических условий Республики Беларусь. Однако в связи с глобальным потеплением климата, благодаря высокой экологической пластичности лен масличный стал продвигаться на север, расширяя свой ареал возделывания. Масличные льны (межузок, кудряш) требуют для своего развития более высоких температур и предъявляют высокие требования к плодородию почвы.

Значение этой культуры огромно. Высокую ценность представляет льняное масло для технических целей. Обладая высоким йодным числом (190–200), хорошей высыхающей способностью, оно широко используется для изготовления масляных красок, олифы, лаков. Льняное масло находит применение в электротехнической, медицинской, резиновой, кожевенной, мыловаренной промышленности.

Семя льна содержит около 41 % жиров, 28 % диетической клетчатки, 21 % протеина, 6 % углеводов (сахара, ароматические кислоты, лигнин и гемицеллюлоза) и 4 % золы. В зависимости от вида, сорта и генотипа льна, условий его выращивания и хранения, способов переработки и методов анализа, состав льняного семени может значительно

но варьировать. Каждый из указанных компонентов влияет на пищевую, диетическую, лечебную и иную ценность льняного семени.

Уникальность льняного масла в сравнении со всеми другими (подсолнечным, кукурузным, оливковым, соевым, арахисовым, пальмовым и др.) заключается в очень высоком содержании полиненасыщенной альфа-линоленовой кислоты и наиболее низком содержании нежелательных для потребления насыщенных жирных кислот. Как правило, семена льна имеют следующее соотношение ненасыщенных жирных кислот: олеиновой – 10–18 %, линолевой – 14–16 %, линоленовой – 55–65 %.

Широкое применение находят семена как источник ценнейшего растительного масла – самого богатого источника комплекса полиненасыщенных жирных кислот омега-3 и омега-6, необходимых для полноценного развития и функционирования организма человека. Многими учеными из Германии, Франции, Великобритании, Канады, США приводится перечень некоторых достоинств льняного масла: предупреждение раковых заболеваний и болезней сердца; предупреждение инфарктов; лечение атеросклероза, язвенной болезни гастродуоденальной зоны, хронического некалькулезного холецистита, заболеваний толстого кишечника; улучшение работы почек; укрепление иммунной системы; снижение веса; лечение гипертонии; снижение уровня холестерина в крови на 25 %; защита от развития диабета типа II; предотвращение развития сопротивляемости инсулину и многое другое.

В Канаде льняное семя используют для включения в рацион питания животных с целью обогащения продуктов питания (мясо, молоко, куриные яйца и др.) альфа-линоленовой кислотой.

Ценным концентрированным кормом является льняной жмых, который содержит в среднем 33,5 % белка, 8,6 % масла, 8,7 % клетчатки, 31,7 % безазотистых экстрактивных веществ, 6,5 % золы и около 11 % воды.

Существует еще один аспект, свидетельствующий о перспективности возделывания масличного льна: технология котонизации льняного волокна делает эффективным возделывание льна в двух направлениях – волокно и масло. А сорт льна масличного Брестский, как показали наши исследования, можно возделывать для двухстороннего использования: как на семенные цели, так и для получения технического волокна.

Одной из важных задач, стоящих перед агропромышленным комплексом Республики Беларусь, является обеспечение населения разнообразными высококачественными продуктами питания. Немаловажную роль в решении данной задачи играет развитие масложирового отраслевого комплекса. Планируется интенсивно разрабатывать направления пищевого и медицинского использования этого ценного сырья и его отдельных компонентов, что позволит решать социальные проблемы оздоровления нации с одновременным повышением рентабельности льноводческой отрасли.

Процесс выращивания масличных сортов льна менее трудоемкий по сравнению с выращиванием льна-долгунца и менее зависим от погодных условий, но его посевы пока занимают лишь опытные плантации. Между тем почвенно-климатические условия Беларуси благоприятны для его возделывания, а также имеется перерабатывающая база, сбыт как на внутреннем, так и на внешнем рынках. С экономической точки зрения возделывание масличного льна даже более выгодно, чем зерновых культур и озимого рапса. Однако для нормального роста и развития посевов и получения качественных семян масличного льна необходимы строгое соблюдение доз внесения азотных удобрений, оптимальное сочетание макро- и микроэлементов, подбор и изучение эффективных регуляторов роста растений.

В Республике Беларусь на ближайшую перспективу возделывание льна масличного планируется на площади 10 тыс. га.

Ежегодная потребность для населения республики в масле составляет 100–120 тыс. т.

2. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

Лен масличный относится к ботаническому виду *Linum usitatissimum* L.

По морфологическим, биологическим и хозяйственным признакам различают пять разновидностей льна культурного: долгунец, межеумок, кудряш, крупносемянный и стелющийся (полуозимый). Из масличных сортов льна наибольшее значение имеет межеумок вследствие двухстороннего его использования для получения как масла, так и волокна.

Растения сортов льна масличного однолетние, одностебельные или ветвящиеся у основания, с очередным расположением листьев. Листья зеленые, линейно-ланцетные, цельнокрайние, голые с восковым налетом.

том. Соцветие – зонтиковидная кисть. Цветки правильные, пятимерные, окраска лепестков синяя, голубая, белая и розовая. По способу опыления лен масличный – факультативный опылитель.

Плод льна масличного – пятигнездная округлая коробочка, слегка растрескивающаяся или совсем нерастрескивающаяся при созревании и высыхании. В ней содержится до 10 семян. Семена льна яйцевидной плоской формы, у основания широкие, кверху суживающиеся в слегка согнутый носик. Окраска семян коричневая или желтая с различными оттенками.

Корень стержневой, с длинными корневыми тяжами и мелкими разветвлениями. Основная масса корней располагается в пахотном горизонте почвы.

За период жизненного цикла лен проходит следующие основные фазы развития: 1) всходов, когда на поверхности почвы появляются семядольные листочки; 2) «елочки» – от появления настоящих листьев до закладки цветочных бутонов; 3) бутонизации; 4) цветения; 5) созревания. Первые две фазы характеризуются медленным ростом льна в высоту и быстрым ростом корневой системы, третья – быстрым ростом и накоплением надземной массы растений; в эту фазу суточный прирост растений в высоту при благоприятных погодных условиях достигает 2–5 см. В фазе цветения рост в высоту замедляется, а в конце ее совсем прекращается. В фазе созревания завершается формирование семян и происходит быстрое одревеснение стебля. Эти особенности развития необходимо учитывать при проведении соответствующих агромероприятий по уходу за посевами льна.

Лен масличный – культура весеннего сева. В почве семена льна наклеиваются при температуре 3–5 °С. Минимальная температура для прорастания семян льна составляет около 6 °С, однако для получения дружных всходов почва должна прогреться до 10–12 °С, при этом всходы появляются на 5–7-й день после сева; они способны переносить кратковременные заморозки до –4 °С.

Лен масличный требователен к теплу, особенно в период созревания. Сумма активных положительных температур для полного развития льна от прорастания до созревания составляет 1600–1800 °С.

Сорта льна масличного хорошо используют запасы продуктивной влаги из глубоких горизонтов почвы и поэтому сравнительно хорошо переносят засуху до начала цветения. Выпадение осадков в период цветения и налива семян способствует получению высоких урожаев этой культуры.

При правильной обработке и внесении удобрений лен масличный можно возделывать на любых почвах, кроме тяжелых заплывающих, легко образующих толстую корку.

Лен требует чистых от сорняков почв, особенно в первый период развития, а также не выносит частого возврата на прежнее место в севообороте. Рекомендуется высевать лен на одном и том же поле через 5–6 лет.

3. ПРИМЕНЕНИЕ АЗОТНЫХ, ФОСФОРНЫХ И КАЛИЙНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ЛЬНЕ МАСЛИЧНОМ

Лен предъявляет высокие требования к наличию питательных элементов в почве.

Среди других элементов питания **азот** играет ведущую роль в повышении урожайности льна масличного. При недостатке его в почве ослабляются рост и развитие растений, прирост льна в высоту и накопление надземной органической массы, уменьшается количество элементарных волокон в стеблях, а также количество семенных коробочек у растений.

Однако даже при небольшом избытке в почве азот ухудшает качество льнопродукции, способствует усиленному разрастанию древесины в ущерб лубяной части стебля, чрезмерному увеличению диаметра элементарных волокон и внутренних просветов, что ведет к снижению выхода волокна. При этом происходит накопление в стеблях лигнина, обуславливающего одревеснение средних пластинок, а иногда самих стенок элементарных волокон, что придает волокну грубость, жесткость и другие отрицательные качества.

Среди зольных элементов, входящих в состав растений льна, особое место занимает **фосфор**. Он накапливается в репродуктивных органах, в которых происходят интенсивные процессы синтеза органических веществ, входит в состав важнейших соединений протоплазмы, ускоряет рост и развитие льна, способствует сокращению вегетационного периода, повышает продуктивность. При фосфорном голодании приостанавливается рост стебля, уменьшается его техническая длина, снижается урожайность семян. Фосфор стимулирует развитие как луба, так и древесины стебля, увеличивает накопление в нем полисахаридов, что улучшает качество волокна, повышает механическую прочность стебля.

Но избыток фосфора в почве (более 300 мг/кг почвы) нежелателен, так как высокое содержание подвижных фосфатов в почве способству-

ет образованию нерастворимого фосфата цинка, что затрудняет поступление данного микроэлемента в растения.

Калий также оказывает многостороннее действие на рост и развитие льна. Прежде всего, он влияет на накопление углеводов, их передвижение и превращение в сложные формы, например в целлюлозу, которая является основной частью волокна. При хорошем калийном питании лубяные клетки толстостенные, многогранные, с малой полостью, плотно прилегают друг к другу. Плотные лубяные пучки образуют почти сомкнутое кольцо, что обеспечивает хороший выход и качество волокна. Калий благоприятно влияет на урожайность семян, способствуя увеличению количества бутонов, цветков, лучшему оплодотворению их, ускоряет формирование и созревание семян.

Применение калийных удобрений под лен масличный обеспечивает ряд положительных сдвигов в почве и жизнедеятельности растений: в почве увеличивается количество аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий, что улучшает азотное питание растений; у растений увеличивается масса и объем корней, оводненность и водоудерживающая способность надземной части растений – и все это благоприятствует приспособляемости их к засухе, активизирует рост льна в высоту и накопление надземной массы растений. Внесением дополнительных доз калийных удобрений ослабляется отрицательное действие на лен высоких доз извести.

Калий в больших концентрациях проявляет антагонистическое действие на поступление в растения кальция, магния, натрия, уменьшает поступление в них бора. Поэтому избыток калия, как и любого элемента, вреден для растений.

Наиболее высокая урожайность и качество льнопродукции формируются при внесении полного минерального удобрения. Отсутствие одного из элементов питания снижает эффективность остальных. Поэтому в основе оптимизации минерального питания льна масличного лежит создание таких соотношений между азотом, фосфором и калием, при которых наряду с высокой продуктивностью фотосинтеза обеспечиваются определенная сбалансированность углеводно-азотного метаболизма, наиболее гармоничное протекание этих процессов.

В зоне дерново-подзолистых легкосуглинистых почв Беларуси наиболее оптимальными дозами минеральных удобрений для льна масличного являются $N_{50-60}P_{60}K_{90-120}$. Из однокомпонентных минеральных удобрений можно вносить сульфат аммония, КАС, мочевины, суперфосфаты, хлористый калий.

В полевых опытах 2009–2012 гг., проведенных в Учреждении образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве ($pH_{KCl} - 6,0-6,2$; $P_2O_5 - 165-172$; $K_2O - 175-181$ мг/кг; гумус – 1,58–1,70 %; $B - 0,21-0,28$; $Zn - 1,58-1,70$ мг/кг почвы), выявлено, что наиболее оптимальной дозой минерального питания для льна масличного сорта Брестский является $N_{60}P_{60}K_{90}$, обеспечившая получение в среднем за годы исследований 17,5 ц/га семян с масличностью 47,8 %, а также 32,7 ц/га льнотресты средним номером 0,81 (табл. 1). Повышение доз минеральных удобрений до $N_{75}P_{90}K_{120}$ не приводило к достоверному росту продуктивности льна.

Таблица 1. Зависимость урожайности и качества продукции льна масличного от доз вносимых минеральных удобрений (среднее за 2009–2012 гг.)

Вариант опыта	Урожайность, ц/га		Масличность семян, %	Средний номер тресты
	семян	тресты		
$P_{60}K_{90}$	11,4	26,9	46,9	0,56
$N_{30}P_{60}K_{90}$	14,9	29,2	47,1	0,69
$N_{45}P_{60}K_{90}$	16,4	30,6	47,4	0,75
$N_{60}P_{60}K_{90}$	17,5	32,7	47,8	0,81
$N_{75}P_{90}K_{120}$	17,3	33,0	47,7	0,81
$HCPO_5$	0,2–0,4	0,5–0,7	0,2–0,3	

Важная роль в энергосберегающих технологиях принадлежит комплексным АФК удобрениям для льна с цинком и бором.

В полевых опытах и производственных испытаниях со льном масличным нами использовалось АФК удобрение марки 6:21:32 с $Zn_{0,27}$ и $B_{0,17}$. Оно обладает улучшенными физико-химическими свойствами по сравнению со стандартными удобрениями: увеличена статическая прочность гранул на 9–13 % при одновременном снижении их слеживаемости на 11–24 % и растворимости в воде в 1,27 раза. Все компоненты, входящие в состав удобрения, разрешены к применению Министерством здравоохранения Республики Беларусь. Удобрение пожаро-взрывобезопасно. Относится к третьему классу опасности. Организация-разработчик – Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, ОАО «Гомельский химический завод». Изготовитель – ОАО «Гомельский химический завод».

Полевыми опытами, проведенными в УО «БГСХА», установлено преимущество комплексного АФК удобрения перед однокомпонентными формами, подтвержденное математически дисперсионным методом анализа (табл. 2).

Таблица 2. Сравнительная оценка эффективности применения различных форм удобрений на льне масличном сорта Брестский (среднее за 2010–2012 гг.)

Вариант опыта	Урожайность семян, ц/га	Масличность семян, %	Сбор масла, ц/га	Урожайность соломы, ц/га	Урожайность тресты, ц/га	Средний номер тресты	Выход волокна, %	Урожайность волокна, ц/га
N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀ (однокомпонентные минеральные удобрения)	13,4	46,6	6,24	33,9	28,2	0,67	24	6,8
N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀ (комплексное АФК удобрение – 285 ц/га) + N ₂₃ (в однокомпонентном удобрении)	14,8	47,3	7,00	37,4	31,0	0,83	25	7,7
НРР ₀₅	0,5–0,52	0,2–0,31		0,65–1,48	0,49–1,19			0,18–0,25

4. РОЛЬ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАСТЕНИЙ ЛЬНА

Для льна масличного важнейшими микроэлементами являются бор и цинк, недостаток которых в питании вызывает стрессовое состояние растений и значительно снижает их продуктивность.

Бор играет важную роль в делении клеток, синтезе углеводов и белков, является необходимым компонентом клеточной оболочки. Характерными признаками недостатка бора являются отмирание точек роста, побегов и корней, нарушения в образовании и развитии репродуктивных органов, разрушение сосудистой ткани. Наблюдается нарушение анатомического строения растений, например, слабое развитие ксилемы, раздробленность флоэмы основной паренхимы и дегенерация камбия. Корневая система развивается слабо, так как бор играет значительную роль в ее развитии.

Дефицит бора в почве – основная причина поражения льна кальциевым хлорозом, что приводит к большому недобору урожая и даже к полной гибели посевов льна. Установлена положительная роль бора в формировании семян льна с высокими урожайными качествами, что можно объяснить активным участием этого микроэлемента в образовании нуклеиновых кислот (РНК и ДНК), составом которых запрограммированы наследственные признаки культуры и сорта.

Цинк регулирует процессы роста и имеет прямое отношение к метаболизму нуклеиновых кислот, т. е. является регулятором ферментов. Он принимает участие в белковом, липидном, углеводном, фосфорном обмене, в синтезе аскорбиновой кислоты, тиамин, ростовых веществ – ауксинов, повышает водоудерживающую силу растений. При недостатке цинка задерживаются превращение редуцирующих сахаров в сахарозу, образование органических фосфатов из минеральных.

Недостаток цинка обычно вызывает задержку роста растений. При этом отмечаются мелколистность, розеточность и скручивание листьев при снижении хлорофилла в них (тусклая светло-зеленая окраска или хлороз между зелеными жилками листа).

Визуальные признаки цинковой недостаточности у льна начинают проявляться в фазе «елочки». На верхних листьях появляются мелкие коричневые пятна, которые затем укрупняются и белеют. Рост растений в высоту приостанавливается, образуются укороченные междоузлия. При резко выраженном цинковом голодании отмечаются побурение и отмирание верхушки растений, появление из пазух семядольных листьев боковых побегов. В этом случае вегетационный период льна увеличивается на одну-две недели.

Такое физиологическое угнетение растений льна, как правило, проявляется в форме очагов (пятен и полос), невыравненности растений по высоте и срокам созревания в результате неравномерного распределения по полю больших доз извести, а также высоких доз фосфорных и азотных удобрений. Поэтому на переизвесткованных почвах доказана высокая эффективность применения цинксодержащих удобрений.

Отмирание точки роста у льна при цинковой недостаточности в самом начале перехода к быстрому росту обусловлено исключительно важным значением этого элемента в реакции биосинтеза индольных ауксинов, регулирующих процессы роста. В условиях дефицита цинка накапливаются ингибиторы роста.

Цинк стимулирует продольное растяжение клеток и, следовательно, рост элементарных волокон в длину, что благоприятствует хорошему качеству волокна.

В доступном состоянии в почвах республики находится незначительное количество общих запасов микроэлементов. Установлено, что 12 % пашни слабо обеспечено доступными соединениями бора, свыше 70 % – цинком.

Использование комплексных удобрений с добавками бора и цинка обеспечивает потребность растений льна в микроэлементах при возде-

ывании на почвах с оптимальным уровнем кислотности (рН 5,5–5,8). На почвах с рН выше 6,0 возделывание льна не рекомендуется без внесения микроэлементов. В практике случаи с возделыванием льна на почвах с рН более 6,0 встречаются довольно часто. На таких почвах обязательным приемом должно быть применение некорневых подкормок бором и цинком. При некорневых подкормках растения льна усваивают от 40 до 70 % внесенных микроэлементов.

Одно из важнейших условий эффективного использования микроудобрений – определение потребности растений в микроэлементах с учетом содержания их подвижных форм в почве. В грациях минеральных почв Беларуси по содержанию подвижных форм бора и цинка выделены четыре группы обеспеченности: низкая, средняя, высокая и избыточная (табл. 3).

Таблица 3. Градации дерново-подзолистых почв по содержанию подвижных форм микроэлементов, мг/кг почвы

Микроэлементы	Группы обеспеченности			
	I (низкая)	II (средняя)	III (высокая)	IV (избыточная)
Бор	<0,3	0,31–0,70	0,71–1,00	>1,0
Цинк	<3,0	3,1–5,0	5,1–10,0	>10,0

Некорневые подкормки растений микроудобрениями целесообразно проводить на посевах, расположенных на почвах I–III групп обеспеченности микроэлементами, независимо от внесения микроэлементов в почву с комплексными удобрениями, если показатель кислотности почвы рН составляет выше 6,0. Сочетание почвенного внесения и некорневых подкормок микроэлементами бором и цинком позволит избежать поражения растений кальциевым хлорозом на почвах с таким диапазоном кислотности.

Лучшим сроком проведения некорневых подкормок микроэлементами является фаза «елочка» (не позднее образования 5–6 настоящих листьев при высоте растений 5–6 см), что позволит растению более активно на ранней стадии роста и развития усваивать внесенные микроэлементы.

В наших опытах со льном масличным для некорневых подкормок использовалось специальное микроудобрение «Поликом Л» с антихлорозными свойствами, которое применяется при возделывании льна на известкованных почвах и с утяжеленным гранулометрическим составом.

Это однородная жидкость от темно-коричневого до темно-зеленого цвета, представляющая собой концентрат водного раствора микроэлементов с массовой долей цинка 35 г/кг, меди – 4 г/кг и бора – 3 г/кг. В состав удобрения дополнительно входит хелатирующий агент для листового и корневого питания растений на основе биологически активных комплексов микроэлементов. Допускается суммарное содержание железа и марганца в хелатированной форме в смеси или по отдельности не менее 200 мг/кг, рН раствора – 3,5.

Организация-разработчик – ГНУ «Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси». Изготовитель – НПВОО «Полихим».

5. РОЛЬ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ КЛАССА БРАССИНОСТЕРОИДОВ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Регуляторы роста растений – физиологически активные вещества, обладающие высокой избирательностью и широким спектром действия, играют важную роль в системе мер, направленных на повышение продуктивности сельскохозяйственных культур. Большой интерес к этим физиологически активным веществам в последнее время обусловлен убедительными доказательствами их регуляторного влияния на рост, развитие, метаболические процессы растений. Особенностью новых регуляторов роста являются малые дозы их расхода при сохранении высокой эффективности воздействия, что важно с хозяйственной точки зрения, причем сферы применения каждого из них распространяются на многие важные сельскохозяйственные культуры. В современной сельскохозяйственной практике предъявляются высокие требования к экологической безопасности используемых регуляторов роста растений.

Важной стороной их действия является улучшение качества продукции и увеличение урожайности за счет улучшения условий для процессов генеративного развития растений, повышения устойчивости к неблагоприятным факторам внешней среды (недостаток влаги, низкие или высокие температуры, болезни, действие радионуклидов и др.), улучшения посевных качеств семян. Способность регуляторов, наряду с функцией регуляции роста, осуществлять роль защиты растений предсказывает им еще большие перспективы использования в растениеводстве. Все они влияют на деление клеток, процессы адаптации к старению, транспорт веществ, дыхание, синтез нуклеиновых кислот

и белков и многие другие процессы. Однако у каждой группы этих веществ имеются свои специфические особенности. Рассматриваются возможности использования регуляторов роста растений различной химической природы для улучшения качества продукции, получаемой с загрязненной радионуклидами почвы. Физиологически активные вещества активируют рост природных ассоциаций почвенных микроорганизмов, поэтому увеличивается синтез биологически активных веществ с антибиотическими свойствами, подавляющих фитопатогенные бактерии.

В настоящее время остро стоит проблема негативного действия гербицидов на культурные растения. При совместном применении с фунгицидами регуляторы роста снижают негативное влияние фунгицидов на культурные растения и микрофлору, увеличивают число микроорганизмов, стойких против ксенобиотиков, увеличивают активность редокс-систем, способных инициировать окисление опасных для окружающей среды веществ. Одним из важных принципов использования регуляторов роста растений в сельском хозяйстве является правильная оценка условий произрастания, так как регуляторы не могут изменить условий, необходимых для нормального роста и развития, а лишь помогают растению более полно реализовать потенциальные возможности генотипа. Специфика регуляторов роста растений состоит во влиянии на процессы, которые не удается регулировать агротехническими приемами.

Среди регуляторов роста растений в последнее время все большее внимание привлекают соединения класса брассиностероидов – фитогормонов природного происхождения. Благодаря их физиологическому воздействию и потенциалу для сельскохозяйственного использования, усилия науки в настоящее время направлены на обнаружение их, анализ, извлечение, синтез, биосинтез, изучение метаболизма, физиологического воздействия и практического применения в сельском хозяйстве. Брассиностероиды находятся в семенах, молодых вегетативных органах растений. Они влияют на клеточное растяжение, сосудистую дифференцировку, этиолирование и репродуктивное развитие; регулируют молекулярные механизмы экспрессии генов.

В растительном мире к настоящему времени идентифицировано более 40 брассиностероидов. Росторегулирующий эффект соединений проявляется при введении экзогенного эпибрассинолида в растения различными способами: полусухой обработкой семян, их инкрустацией и замачиванием, а также опрыскиванием растений в различные фазы их развития.

Эффект brassinостероидов на вегетативный рост растений объясняется воздействием соединений сначала на содержание и активность ауксинов и цитокининов, а затем на уровень абсцизовой кислоты и оксикоричных кислот, что обуславливает переход растений от вегетативного состояния к генеративному.

В зависимости от генотипа растений эпибрассинолид и гомобрассинолид оказывают различное влияние на содержание фитогормонов. Факт увеличения абсцизовой кислоты под действием brassinостероидов признается большинством ученых.

Обладая полифункциональностью действия, brassinостероиды существенно влияют на регуляцию процессов фотосинтеза, которые являются одним из факторов, определяющих продуктивность растений. Известно, что фиторегуляторы оказывают влияние на белоксинтезирующие системы на транскрипционном и посттранскрипционном уровнях, и даже на уровне синтеза отдельных белков. Считают, что эпибрассинолид может быть одним из факторов повышения всхожести и ускорения прорастания семян.

Важным этапом исследования механизма действия brassinостероидов является изучение скорости поглощения и передвижения данных соединений в растениях. Предполагается, что brassinостероиды метаболизируются до неактивных производных, которые обуславливают сверхпродуктивность этилена. Цитогенетические исследования по выявлению действия эпибрассинолида на генетические структуры растений свидетельствуют о безопасности фиторегулятора в генетическом отношении. В научной литературе приводятся данные о влиянии brassinостероидов на изменение баланса и метаболизма эндогенных фитогормонов. Brassinостероиды, подобно гиббереллинам, способны стимулировать рост растений в длину. Установлено, что они изменяют качественный состав цитокининов и их количественное соотношение в листьях растений, воздействуют на процессы репродукции, созревания и старения. Рассматривается гипотеза о регулирующей роли brassinостероидов по отношению к другим гормонам.

В литературе имеется ряд указаний на то, что механизм действия brassinостероидов, возможно, реализуется посредством влияния на структурно-функциональные свойства клеточных мембран. Выявлено, что обработка эпибрассинолидом приводит к изменению жирнокислотного состава их липидной фракции. Отмечено стабилизирующее действие эпибрассинолида на биологические мембраны растений, что может быть связано с возрастанием активности ферментов антиокси-

дантной системы. Это способствует уменьшению концентрации свободных радикалов в клетках, тормозит окислительный распад их липидных компонентов, что особенно важно в условиях стрессовых нагрузок.

Стимуляция роста стебля под действием эпибрассинолида в основном обусловлена растяжением и, связанной с этим, способностью клеток усиленно поглощать воду. Очевидно, что существенную роль в этом процессе играет также активация протонного насоса, перекачивающего из цитоплазмы в клеточную стенку ионы водорода, повышенная секреция которых под действием брассиностероидов отмечена в ряде работ.

Брассиностероиды стимулируют рост клеток за счет активирования биохимических процессов, которые вызывают растяжение клеточной стенки, не производя больших изменений в ее механических свойствах. Удлинение клеточной стенки, связанное с обработкой брассиностероидами, происходит частично за счет ее механических свойств – увеличения пластической растяжимости.

Испытания эпибрассинолида и гомобрассинолида на проростках льна-долгунца и льна масличного показали, что стимуляторы роста оказывали влияние на активность протонных насосов клеток.

Разностороннее действие эпибрассинолида предполагает не только изменение гормональной системы растения, но и регуляцию зависимых от уровня энергообмена биохимических реакций, включение многих ферментных систем, значительное изменение глубоких синтетических процессов в клетке. Установлено, что эпибрассинолид оказывал влияние на белоксинтезирующую систему. Под действием эпибрассинолида в зерне мягкой пшеницы снижалось накопление белков и повышалась активность гидролитических ферментов, не изменялся состав легкорастворимых и спирторастворимых белков.

Имеются сведения о том, что брассиностероиды повышают устойчивость растений к низким и высоким температурам, засухе, патогенной инфекции, гербицидам, засолению, способствуют поддержанию гомеостаза растений, препятствуют деструкции растительных клеток. Рассматривается связь между влиянием эпибрассинолида на сохранение интегрированности клеточной ультраструктуры и сдерживанием процессов старения.

Анализ литературных данных позволяет отметить, что брассиностероиды обладают полифункциональным действием на растение и, прежде всего, это проявляется во взаимодействии с компонентами гор-

мональной системы регуляции и другими метаболическими реакциями. Они оказывают регулирующее действие на рост, развитие, фотосинтез, гормональную и белоксинтезирующую системы, усиливают устойчивость в стрессовых условиях произрастания, являются важным фактором повышения продуктивности растений. Брассиностероиды увеличивают водоудерживающую способность листьев в условиях почвенной засухи, меняют качественный состав и количественное соотношение цитокининов, повышают уровень гиббереллина, снижают содержание эндогенной абсцизовой кислоты, стимулируют фотосинтетическую активность растений.

Данные лабораторных и вегетационных опытов с почвенной и песчаной культурой льна показали, что эпибрассинолид увеличивал засухоустойчивость льна, снижал транспирацию, повышал приспособительные реакции на температуру и недостаток влаги. Под его влиянием увеличивались энергия прорастания и всхожесть семян. Выявлено, что эпибрассинолид (0,025 %) увеличивал энергию прорастания на 8,5–10,0 %, лабораторную всхожесть – на 6,5–7,8 %. Действие регулятора роста было более выраженным при обработке семян с пониженными посевными качествами.

Вопрос о возможности применения регуляторов роста растений класса брассиностероидов на льне масличном поставлен давно, однако его решение активизировалось лишь в последнее десятилетие. Имеются данные о том, что применение брассиностероидов позволяет повышать всхожесть семян, снизивших посевные качества в результате хранения, увеличивать урожайность семян и соломки, получать льноволокно более высокого качества.

Установлено, что применение физиологически активных веществ брассиностероидов позволяет не только направленно регулировать рост и развитие растений льна масличного, но и снижать стрессовое воздействие неблагоприятных метеорологических условий и средств химической защиты на растения.

По мере накопления информации об эффективности использования регуляторов роста растений, механизме их действия, побочных явлений и т. д., брассиностероиды все шире будут внедряться в практику сельскохозяйственного производства, становясь важным компонентом современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе льна масличного.

6. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ

Эпин – препарат на основе эпибрассинолида, который относится к классу природных фитогормонов – brassinosterоидов. Эпин является регулятором роста и развития растений, антистрессовым адаптогеном, который повышает устойчивость растений к неблагоприятным факторам внешней среды (погодные условия, болезни, ядохимикаты и т. п.); взаимодействует с компонентами гормональной системы растений, регулирует синтез и активность эндогенных ауксинов, цитокининов и абсцизовой кислоты; повышает активность фотосинтеза. Его регуляторная роль проявляется в процессе роста растений, фотосинтеза, белкового обмена, поступления ионов и других сторон обмена веществ. Очень важным свойством эпина является способность положительно влиять на элементы продуктивности растений, что приводит к существенному повышению урожайности и качества продукции сельскохозяйственных культур.

Гомобрассинолид относится к тому же классу, что и эпин. Является изомером эпибрассинолида. Гомобрассинолид, обладая полифункциональным действием, существенно влияет на регуляцию процессов фотосинтеза, белоксинтезирующей системы. Данный препарат характеризуется фунгицидными свойствами в отношении ряда заболеваний, вызванных грибами, бактериями и вирусами.

Впервые brassinosterоиды были обнаружены в растениях и выделены в кристаллическом виде в 70-х годах прошлого столетия, действуют в исключительно малых концентрациях (10^{-12} – 10^{-7} М).

Оба росторегулятора синтезированы в ГНУ «Институт биоорганической химии НАН Беларуси».

Требования безопасности. Несмотря на малые дозы внесения и высокий уровень экологической безопасности новых регуляторов роста, во время их хранения и использования рекомендуется придерживаться мер безопасности, предусмотренных санитарными правилами хранения, транспортировки и внесения пестицидов в сельскохозяйственном производстве и действующими нормативно-правовыми документами.

Рекомендованные для использования росторегулирующие препараты хранят в фабричной упаковке в темном прохладном помещении. Не допускается хранение их при температуре ниже 0 °С и вблизи нагревательных приборов. Срок хранения регуляторов роста в фабричной упаковке не должен превышать 3 лет.

7. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА В ИНТЕНСИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

При применении регуляторов роста необходимо придерживаться рекомендованных доз, сроков и способов использования, иначе это может привести к снижению ожидаемого эффекта.

7.1. Допосевная обработка семян льна физиологически активными веществами

Допосевная обработка семян льна физиологически активными веществами проводится при инкрустировании с пленкообразователями. Оптимальная концентрация эпина (0,025%-ного раствора эпибрассинолида) и гомобрассинолида в растворе составляет $1 \cdot 10^{-5}$ %.

Инкрустирование позволяет прочно закрепить пестицид и стимулирующие вещества на поверхности семян, улучшает санитарно-гигиенические условия труда обслуживающего персонала, снижает загрязнение окружающей среды пестицидами. В результате инкрустирования семена обволакиваются водорастворимой пористой оболочкой (пленкой), которая искусственно увеличивает их размер на 0,01–0,08 мм и выравнивает поверхность (неправильные формы или шероховатость), что обеспечивает более равномерный высев семян и лучшее размещение их в почве.

В качестве пленкообразователей рекомендуются водные суспензии: NaКМЦ (натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы) – 2%-ная, белкового гидролизата (Белги) – 5%-ная, эфрцеллюлозного пленкообразователя (ЭПОС) – 5%-ная, Гисинар – 0,1 кг на тонну семян или 0,5%-ный раствор крахмального геля. Пленкообразующие составы готовят на местах применения. Технология их получения следующая: приготовление раствора полимера; смешивание раствора полимера с пестицидом; приготовление раствора регулятора роста; смешивание раствора полимера с растворами регулятора роста и пестицида. Маточные растворы росторегуляторов готовят исходя из норм расхода на 1 т семян в 200–300 мл воды и хранят не более одной недели в стеклянной или эмалированной плотно закрытой посуде. Нормы расхода пестицида, а также сроки протравливания семян пленкообразующими составами аналогичны нормам и срокам, рекомендованным для протравливания семян по методу с увлажнением. Запрещается проводить инкрустирование семян при минусовой температуре, так как на морозе

пленкообразующие препараты теряют свои клеящие свойства. При добавлении в инкрустирующие смеси микроэлементов следует учитывать, что неорганические вещества, содержащие их в своем составе, плохо растворяются в холодной воде, и их растворение необходимо проводить при температуре 30–60 °С.

Для инкрустирования семян льна лучше всего использовать специальный комплект оборудования КПС-10. Можно выполнять инкрустирование с помощью машин ПС-10А, ПС-10, «Мобитокс-супер», ПСШ-5, ПЗ-10, «Грамакс-В» и др., но качество обработки семян на них ниже.

Многочисленными испытаниями установлено, что оптимальная норма расхода рабочего раствора для инкрустирования семян льна составляет 8–10 л/т. При меньшем количестве поверхность семян плохо смачивается и прилипатели склеивают их в комки. При высоких нормах требуется дополнительная сушка.

Исследования, проведенные в УО «БГСХА» в 2009–2012 гг., показали, что инкрустирование семян льна масляного брассинолидами в сочетании с фунгицидом витовакс 200 ФФ (2 л/т семян) способствует существенному повышению урожайности и качества льнопродукции в сравнении с фоновым вариантом (без регуляторов роста растений).

По действию на урожайность семян, тресты и волокна эпин несколько уступал гомобрассинолиду. По влиянию на маслячность выращенной продукции, номерность льнотресты и выход из нее волокна физиологически активные вещества были равноценными (табл. 4).

Таблица 4. Влияние инкрустирования семян льна масляного брассинолидами на урожайность и качество продукции (среднее за 2009–2012 гг.)

Вариант опыта	Урожайность семян, ц/га	Масличность семян, %	Сбор масла, ц/га	Урожайность тресты, ц/га	Средний номер тресты	Выход волокна, %	Урожайность волокна, ц/га
N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ (однокомпонентные формы минеральных удобрений)	16,5	47,3	7,8	30,2	0,75	24	7,6
N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + эпин с семенами	17,7	47,8	8,5	34,2	0,92	25	8,5
N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + гомобрассинолид с семенами	18,0	47,8	8,6	35,4	0,92	25	8,8
НСР ₀₅	0,2–0,3	0,2–0,3		0,6–0,9			0,2

7.2. Использование регуляторов роста для опрыскивания посевов льна масличного

Опрыскивание посевов проводят при безветренной погоде, не допускается некорневое внесение brassinosterоидов перед возможным выпадением осадков. Значительное влияние на эффективность регуляторов роста оказывают сроки проведения обработок на протяжении дня. Наиболее эффективно опрыскивание утром до 11 часов и вечером после 17–18 часов. Опрыскивание посевов в жаркие часы дня не обеспечивает растекания капель раствора по листовой поверхности, не способствует эффективному усвоению его растениями и нередко приводит к солнечным ожогам на листьях.

Внесение регуляторов роста по вегетирующим растениям осуществляется водными растворами: 20 мг/га д. в. brassinosterоидов в 200–300 л/га воды, которые готовят в день их использования из маточных растворов (в расчете на 1 га).

Для некорневых обработок используют штанговые тракторные опрыскиватели марок ОП-2000, ОП-2000А, ОП-2000-16 и др.

Полевые опыты показали, что при некорневых обработках посевов льна в начале фазы «елочки» регуляторами роста растений в баковой смеси с гербицидами (хармони – 10 г/га и агритокс – 0,7 л/га) эффективность brassinosterоидов была выше, чем при инкрустировании семенного материала.

Так, внесение по вегетирующим растениям эпина обеспечило в среднем за 4 года исследований прибавки урожайности: семян – 2,1 ц/га, льнотресты – 5,9 ц/га, волокна – 1,2 ц/га по отношению к фоновому варианту N₄₅P₆₀K₉₀ при существенном повышении качества продукции; при внесении гомобрассинолида прибавки урожайности были достоверно выше – 2,4; 7,2 и 1,4 ц/га соответственно (табл. 5).

Еще более эффективным оказалось использование эпина и гомобрассинолида на льне масличном в два приема (при инкрустировании семенного материала и опрыскивании посевов в фазу «елочки»).

Так, при двойных обработках эпином урожайность льносемян в среднем за годы исследований составила 19,5 ц/га при их масличности 48,0 %, льноволокна – 9,7 ц/га. Гомобрассинолид, внесенный в два приема, обеспечил получение 20,6 ц/га семян с масличностью 48,5 % и 10,0 ц/га льноволокна.

Установлено, что brassinosterоиды позволяют сэкономить 15–30 кг/га азота без ущерба для продуктивности растений (табл. 1 и табл. 4–6).

Таблица 5. Эффективность использования brassinостероидов для некорневых обработок посевов льна масличного (среднее за 2009–2012 гг.)

Вариант опыта	Урожайность семян, ц/га	Масличность семян, %	Сбор масла, ц/га	Урожайность тресты, ц/га	Средний номер тресты	Выход волокна, %	Урожайность волокна, ц/га
N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ (однокомпонентные формы минеральных удобрений)	16,5	47,4	7,8	30,2	0,75	24	7,6
N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + эпин и гербициды	18,6	47,9	8,9	36,1	0,92	25	8,8
N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + гомобрассинолид и гербициды	19,2	48,2	9,2	37,4	0,92	25	9,0
НСР ₀₅	0,2–0,3	0,2–0,3		0,6–0,9			0,2

Таблица 6. Зависимость урожайности и качества семян льна масличного от вносимых физиологически активных веществ (среднее за 2009–2012 гг.)

Вариант опыта	Урожайность семян, ц/га	Масличность семян, %	Сбор масла, ц/га	Урожайность тресты, ц/га	Средний номер тресты	Выход волокна, %	Урожайность волокна, ц/га
N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + эпин с семенами + эпин и гербициды	19,5	48,0	9,33	38,4	0,92	25,3	9,7
N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + гомобрассинолид с семенами + гомобрассинолид и гербициды	20,6	48,5	9,93	39,5	1,00	25,3	10,0
НСР ₀₅	0,2–0,3	0,2–0,3		0,6–0,9			0,2

Целесообразность применения минеральных удобрений, регуляторов роста растений и других агрохимических средств обосновывается их экономической эффективностью. Показатели интенсификации производства позволяют выявить агроприемы наиболее перспективные для АПК республики.

Применение средств химизации в наших опытах сопровождалось увеличением затрат труда и средств. Однако за счет реализации дополнительной продукции эти затраты, в большинстве случаев, компенсировались. При совместном использовании N₄₅P₆₀K₉₀ и гомобрассинолида, вносимого в два приема, условный чистый доход составил 1 353 820 руб/га, уровень рентабельности – 231,8 %.

В последние годы в хозяйствах Беларуси одной из самых распространенных болезней льна (неинфекционной) является известковый, или кальциевый, хлороз, проявляющийся на почвах с $pH_{KCl} > 6,0$. Имеются сведения о том, что в стрессовых условиях произрастания сельскохозяйственных культур высокоэффективными антидепрессантами являются brassinosteroids.

Нашими опытами установлено, что под влиянием brassinosteroids поражаемость растений льна масляного кальциевым хлорозом в среднем за вегетацию снижалась в 2,7–5,2 раза (табл. 7). Отмечено повышение устойчивости льна к болезням в варианте с внесением повышенных доз калия.

Таблица 7. Влияние минеральных удобрений и регуляторов роста растений на пораженность льна масляного кальциевым хлорозом, %

Вариант опыта	Периоды роста и развития						Средняя за вегетацию		
	начало быстрого роста			ранняя желтая спелость					
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012
1. Контроль (без удобрений)	15,0	9,5	8,1	18,2	9,0	8,6	16,6	9,3	8,4
2. P ₆₀ K ₉₀	15,0	9,0	6,4	18,5	8,0	7,1	16,8	8,5	6,6
3. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	14,2	10,2	7,2	18,0	9,5	7,6	16,1	9,9	7,4
4. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	14,5	10,2	7,5	18,2	9,5	8,2	16,4	9,9	7,9
5. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	14,5	9,5	8,0	18,0	9,0	8,9	16,3	9,3	8,5
6. N ₇₅ P ₆₀ K ₁₂₀	14,0	10,0	7,3	12,0	6,1	6,7	13,0	8,3	7,0
7. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + эпин (семена)	6,0	4,5	4,7	3,2	3,0	4,2	4,6	3,8	4,5
8. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + эпин и гербициды (опрыскивание посевов в начале фазы «елочки»)	7,2	5,2	4,2	3,2	2,0	4,0	5,2	3,6	4,1
9. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + эпин (семена) + эпин и гербициды	5,2	3,0	2,8	2,0	1,0	2,4	3,6	2,0	2,7
10. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + гомобрассинолид (семена)	5,5	4,0	3,9	2,5	2,0	3,5	4,0	3,0	3,7
11. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + гомобрассинолид и гербициды	6,2	3,0	3,4	2,0	1,5	3,0	4,1	2,3	3,2
12. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + гомобрассинолид (семена) + гомобрассинолид и гербициды	5,0	2,2	2,0	1,2	1,0	1,6	3,1	1,6	1,8
НСР ₀₅	0,406	0,315	0,374	0,251	0,267	0,312			

Кроме кальциевого хлороза лен поражался такими болезнями, как антракноз, фузариоз, «пасмо» и полиспороз. На их развитие оказывали влияние погодные условия (температура и влажность) периода вегетации растений, степень зараженности семенного материала, погодные

условия периода формирования и созревания семян, условия их уборки и др.

Появление болезней льна приурочено к определенным фазам развития растений. Так, в фазе всходы – «елочка», а затем с фазы бутонизации и до уборки лен поражался антракнозом. Гибель растений от фузариозного увядания наблюдалась от фазы всходов до конца вегетации, и особенно в засушливые годы. Развитие «пасмо» находилось также в тесной зависимости от агроклиматических условий, влажная погода способствовала эпифитотии заболевания. Пораженность посевов льна полиспорозом в последние годы в среднем по республике была незначительной (до 3 %).

Для льна масличного особую опасность представляет инфицированность не только растений, но и семян. Во-первых, идет поражение семенного материала; во-вторых, используемое на пищевые, медицинские и другие цели льняное масло может не отвечать экологическим требованиям.

В 2011–2012 гг. в УО «БГСХА» проведены поисковые исследования с целью изучения возможности использования brassinosteroidов для снижения пораженности растений и семян льна масличного вышеуказанными заболеваниями к фазе ранней желтой спелости.

Так, согласно данным табл. 8, пораженность растений всеми болезнями снижалась при применении на фоне полного минерального питания эпина или гомобрассинолида. Более сильное влияние на уменьшение заболеваемости льна масличного оказали двойные обработки (семена + растения) brassinosteroidами.

Таблица 8. Распространение болезней льна масличного к фазе ранней желтой спелости на вегетирующих растениях в зависимости от условий питания, %

Вариант опыта	Антракноз		Фузариоз		«Пасмо»		Полиспороз	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012	2011	2012
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Контроль (без удобрений)	3,8	4,2	3,4	3,8	1,9	1,5	0,2	0,3
2. P ₆₀ K ₉₀	3,6	3,8	3,2	3,4	1,7	1,5	0,2	0,2
3. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	3,7	3,9	3,2	3,5	1,7	1,5	0,2	0,2
4. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	3,5	3,8	3,1	3,6	1,8	1,8	0,2	0,3
5. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	3,7	3,8	3,3	3,6	1,9	1,8	0,2	0,3
6. N ₇₅ P ₆₀ K ₁₂₀	4,0	4,5	3,7	3,9	2,0	1,8	0,3	0,3
7. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + эпин (семена)	2,7	3,2	2,0	2,8	1,0	1,3	0,2	0,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + эпин и гербициды	2,5	3,0	1,8	3,0	0,9	1,3	0,2	0,1
9. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + эпин (семена) + эпин и гербициды	2,3	2,8	1,5	2,0	0,9	1,0	0,1	0,1
10. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + гомобрассинолид (семена)	2,1	3,0	1,6	2,5	1,1	1,3	0,2	0,1
11. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + гомобрассинолид и гербициды	2,1	2,6	1,5	2,3	0,8	1,2	0,1	0,1
12. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + гомобрассинолид (семена) + гомобрассинолид и гербициды	1,9	2,2	1,3	1,8	0,7	1,0	0,1	0,1

Инфицированность же (к фазе ранней желтой спелости) как сапрофитной, так и патогенной микробиотой (табл. 9) семян льна масличного, выращенного на делянках с применением росторегуляторов, в оба года исследований также была ниже, чем в других вариантах опыта. Внесение минеральных удобрений этот показатель мало изменяло, а повышенные дозы азота даже увеличивали.

Таблица 9. Инфицированность семян льна масличного в зависимости от применяемых минеральных удобрений и brassinosteroidов

Вариант опыта	Заражено и заспоровано, %					
	возбудитель Антракноза		возбудитель фузариоза		другая микробиота	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012
1. Контроль (без удобрений)	5,3	6,2	4,0	5,9	15,0	11,0
2. P ₆₀ K ₉₀	4,6	5,5	3,8	5,0	14,4	10,2
3. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	4,7	5,8	3,8	4,8	13,7	9,6
4. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	3,9	5,2	3,7	4,8	14,2	10,8
5. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	4,4	5,3	3,9	5,0	14,9	10,8
6. N ₇₅ P ₆₀ K ₁₂₀	4,9	6,0	4,4	5,6	14,8	11,9
7. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + эпин (семена)	3,2	5,0	3,1	4,2	12,3	8,3
8. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + эпин и гербициды	3,0	4,8	2,7	4,2	10,3	8,0
9. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + эпин (семена) + эпин и гербициды	2,7	4,0	2,3	3,6	8,4	6,5
10. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + гомобрассинолид (семена)	2,9	4,6	2,6	3,5	9,1	7,4
11. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + гомобрассинолид и гербициды	2,8	4,0	2,2	3,3	8,2	6,7
12. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + гомобрассинолид (семена) + гомобрассинолид и гербициды	2,2	3,4	2,0	2,8	6,9	5,2

Значительное снижение урожайности семян льна масличного связано с полеганием посевов. Основными факторами, вызывающими полегание растений, являются излишняя густота стояния, избыток азотного питания, сильные ветры и дожди и др.

Имеются сведения о том, что сопротивляемость льна к полеганию повышается под действием микроэлементов и росторегуляторов. Это объясняется биохимическими процессами, протекающими в растениях (повышением содержания основных веществ клеточной оболочки).

Опытами установлено, что в контроле и варианте P₆₀K₉₀ лен не полегал; с повышением доз азота в составе полного минерального питания устойчивость к полеганию снижалась; наиболее сильное полегание отмечено в варианте N₇₅P₆₀K₁₂₀ (в среднем за вегетацию 1,5–3,8 балла); brassinosteroids не только снижали полегаемость посевов, но и помогали полегшим растениям выпрямляться (табл. 10).

Таблица 10. Устойчивость растений льна масличного к полеганию в зависимости от условий питания, балл

Вариант опыта	Период роста и развития				Средняя за вегетацию	
	цветение		ранняя желтая спелость			
	2011	2012	2011	2012	2011	2012
1. Контроль (без удобрений)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
2. P ₆₀ K ₉₀	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
3. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	4,5	5,0	4,0	5,0	4,3	5,0
4. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	4,0	5,0	3,0	4,3	3,5	4,7
5. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	3,0	4,8	2,0	4,3	2,5	4,7
6. N ₇₅ P ₆₀ K ₁₂₀	2,0	4,0	1,0	3,5	1,5	3,8
7. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + эпин (семена)	3,0	5,0	3,0	4,5	3,0	4,8
8. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + эпин и гербициды	3,0	5,0	3,5	4,5	3,3	4,8
9. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + эпин (семена) + эпин и гербициды	4,0	5,0	4,5	5,0	4,3	5,0
10. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + гомобрассинолид (семена)	4,0	5,0	4,0	5,0	4,0	5,0
11. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + гомобрассинолид и гербициды	4,0	5,0	5,0	5,0	4,5	5,0
12. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + гомобрассинолид (семена) + гомобрассинолид и гербициды	4,5	5,0	5,0	5,0	4,8	5,0

Пищевые и технические достоинства любого растительного масла определяются соотношением жирных кислот. Для использования растительных масел в пищевых целях важны следующие качественные показатели: содержание масла – 42–52 %; содержание протеина – 16–23 %; низкое содержание насыщенных жирных кислот, особенно пальметиновой – 4–6 % и стеариновой – 2–5 %; адекватное содержание многократно ненасыщенных жирных кислот – 50–68 % (линоленовая)

и 11–19 % (линолевая); превалирование простых ненасыщенных жирных кислот – 15–25 % (олеиновая).

Особенно ценным в семенах льна масличного является содержание олеиновой кислоты, которая снижает уровень холестерина в крови, предохраняет от атеросклеротических изменений сосудистую систему человека, регулирует уровень кровяного давления, снижает степень гипертонической болезни. По содержанию жирных кислот и общей биологической ценности льняное масло превосходит другие растительные масла.

Жирнокислотный состав льняного масла приведен в табл. 11. Согласно представленным данным, содержание жирных кислот в масле семян льна соответствовало уровню предъявляемых стандартами требований во всех вариантах опыта. Установлено, что брассиностероиды оказали влияние на жирнокислотный состав масла семян льна, но не всегда эта зависимость была достоверной. Так, содержание пальмитиновой и стеариновой кислот при различных способах внесения росторегуляторов было более стабильным и изменялось в пределах ошибки опыта. Содержание олеиновой кислоты под влиянием брассиностероидов существенно повышалось с 14,07 до 18,99 % к сумме жирных кислот и было максимальным при внесении эпина и гомобрассинолида за вегетацию дважды. Содержание линоленовой кислоты в пределах опыта варьировало в зависимости от применяемых фитогормонов от 57,19 до 66,84 %, а линолевой – от 5,26 до 12,62 %. Отмечено достоверное влияние на жирнокислотный состав семян возрастающих доз азотных удобрений.

Опытно-промышленное испытание и внедрение новых агроприемов в технологический процесс возделывания льна масличного в условиях ОАО «Лидлен» Лидского района Гродненской области на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве подтвердило высокую агрономическую и экономическую эффективность сочетания основного внесения под лен однокомпонентных форм минеральных удобрений с обработкой семян и посевов гомобрассинолидом (табл. 12).

Производственными испытаниями 2013 г. в северо-восточной части Беларуси (в ЗАО «Горы» Горецкого района Могилевской области) также установлена высокая эффективность брассиностероидов, вносимых в два приема (табл. 13). При этом общее состояние посевов имело явное преимущество: растения темно-зеленые, сильно облиственные, выше на 10–12 см растений в базовом варианте, с большим количеством коробочек на одном растении; посевы неполегшие, выравненные.

Таблица 11. Жиринокислотный состав семян льна масличного в зависимости от условий питания

Вариант опыта	Массовая доля, % к сумме жирных кислот														
	пальмитиновая			стеариновая			олеиновая			линоленовая			линолевая		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012
1. Контроль (без удобрений)	5,83	6,95	4,80	2,85	3,11	3,07	13,74	14,05	16,02	65,97	61,37	56,22	5,58	5,24	12,11
2. P ₆₀ K ₉₀ (фон)	6,11	6,28	5,03	2,92	3,30	3,22	13,79	14,92	17,50	65,53	61,82	56,75	5,40	5,31	12,26
3. N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	6,16	7,37	5,12	3,23	3,59	3,45	13,85	14,98	18,26	66,08	63,05	57,11	5,12	5,30	12,32
4. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀	6,25	7,52	5,20	3,34	3,67	3,60	13,94	15,07	18,47	66,17	63,24	57,28	5,18	5,27	12,28
5. N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	6,38	7,46	5,33	3,43	3,75	3,82	14,12	15,29	18,71	66,29	63,39	57,43	5,23	5,34	12,37
6. N ₇₅ P ₆₀ K ₁₂₀	6,50	7,61	5,48	3,47	3,71	3,90	14,25	15,42	18,83	66,41	63,08	57,16	5,29	5,35	12,36
7. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + эпин (семена)	6,24	7,49	5,20	3,42	3,64	3,69	14,07	15,36	18,65	66,33	63,12	57,19	5,26	5,38	12,38
8. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + эпин и гербициды	6,29	7,58	5,25	3,50	3,83	3,87	14,18	15,39	18,79	66,42	63,41	57,38	5,47	5,51	12,54
9. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + эпин (семена) + эпин и гербициды	6,35	7,64	5,31	3,54	3,88	3,95	14,23	15,54	18,90	66,54	63,50	57,46	5,52	5,47	12,48
10. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + гомобраassinолид (семена)	6,32	7,66	5,36	3,55	3,92	3,98	14,41	15,57	18,95	66,78	63,64	57,55	5,63	5,56	12,59
11. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + гомобраassinолид и гербициды	6,41	7,69	5,47	3,58	3,84	3,89	14,47	15,61	18,97	66,77	63,58	57,60	5,71	5,59	12,62
12. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + гомобраassinолид (семена) + гомобраassinолид и гербициды	6,48	7,65	5,54	3,61	3,90	3,99	14,62	15,55	18,99	66,84	63,76	57,72	5,78	5,53	12,60
НСР ₀₅	0,09	0,05	0,12	0,06	0,04	0,11	0,08	0,07	0,05	0,06	0,04	0,05	0,12	0,05	0,04

Таблица 12. Результаты производственного испытания эффективности гомобрассинолида на льне масличном в ОАО «Лидлен» Лидского района Гродненской области, 2011 г.

Вариант опыта	Урожайность, ц/га		Прибавка урожайности от гомобрассинолида, ц/га		Средний номер тресты	Рентабельность производства (на прибавку урожайности), %
	семян	тресты	семян	тресты		
Базовый вариант: N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ (однокомпонентные формы минеральных удобрений)	15,3	30,4	–	–	0,75	–
N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + гомобрассинолид с семенами + гомобрассинолид и гербициды (хармони + агритокс)	16,8	33,5	1,5	3,1	1,00	177,3

Таблица 13. Агрономическая и экономическая эффективность новых разработок на льне масличном сорта Брестский (ЗАО «Горы» Горецкого района Могилевской области), 2013 г.

Вариант опыта	Урожайность, ц/га		Средний номер тресты	Прибавки урожайности к базовым вариантам, ц/га		Стоимость прибавки урожайности, руб.	Затраты на полученные прибавки, руб.	Условный чистый доход, руб.	Рентабельность, %
	семян	тресты		семян	тресты				
Производственное испытание № 1									
1. Базовый вариант: N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ (однокомпонентные минеральные удобрения)	9,5	30,1	0,5	–	–	–	–	–	–
2. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + эпин (с семенами) + эпин (опрыскивание посевов в баковой смеси с гербицидами)	10,8	33,8	1,00	1,3	3,7	584 350	225 300	359 050	159
3. N ₄₅ P ₆₀ K ₉₀ + гомобрассинолид (с семенами) + гомобрассинолид (опрыскивание посевов в баковой смеси с гербицидами)	11,4	35,3	1,00	1,9	5,2	836 500	296 975	539 525	182
НСР ₀₅	0,433	1,074							

7.3. Комплексное использование макро- и микроудобрений, регуляторов роста и средств химической защиты растений на льне масличном

В современных условиях сельскохозяйственного производства особую актуальность приобретает комплексное применение макро- и микроэлементов, физиологически активных веществ и пестицидов. Комплексное использование средств химизации позволяет экономить материально-технические ресурсы, сокращать проходы агрегата по полю, а в ряде случаев снижать затраты на средства защиты растений в результате повышения их действия. Однако комплексное применение средств химизации имеет некоторые негативные стороны. Так, при совмещении нескольких химических препаратов возможно усиление их фитотоксичности. Комплексное использование средств химизации возможно, если оптимальные сроки применения препаратов совпадают и компоненты баковой смеси совместимы.

Изучение влияния совместного применения основного АФК удобрения с некорневыми обработками посевов комплексонатом микроэлементов «Поликом Л», брассиностероидами и средствами химической защиты на урожайность и качество льна масличного сорта Брестский проводилось нами в полевых опытах в УО «БГСХА» в 2010–2012 гг. Почва – дерново-подзолистая легкосуглинистая, характеризующаяся слабокислой и близкой к нейтральной реакцией среды, повышенным содержанием подвижных соединений фосфора, средним – калия, гумуса и бора, низким – цинка.

Предшествующие исследования (2000–2001 гг.) по установлению биологической, физической и химической совместимости исследуемых средств химизации показали возможность их смешивания в баковых смесях и внесения за один прием без отрицательного влияния образуемых многокомпонентных составов на развитие растений и их продуктивность.

Урожайность продукции льна масличного в наших опытах зависела от температуры воздуха и количества осадков, выпавших в течение вегетации растений, наличия в почве доступных элементов питания, вносимых макро-, микроудобрений и брассиностероидов. Несмотря на неидентичные погодные условия, действие минеральных удобрений и физиологически активных веществ достаточно четко проявилось во все годы исследований.

Исследованиями выявлено, что брассиностероиды обеспечили достоверное повышение урожайности и масличности семян. Наибольшего

внимания заслуживают следующие варианты: внесение на фоне $N_{40}P_{60}K_{90}$ (комплексное АФК удобрение) эпина и гомобрассинолида в два приема: в начале фазы «елочки» в баковой смеси с гербицидами и комплексонатом микроэлементов «Поликом Л», а также в фазу бутонизации в баковой смеси с фунгицидом «Дерозал». При этом в среднем за годы исследований урожайность семян составила 19,9–21,4 ц/га при их масличности 48,3–48,6 % и сборе масла 9,28–9,84 ц/га.

В засушливых условиях вегетационного периода 2010 г. brassиностероиды позволили растениям противостоять стрессовым условиям произрастания: растения льна масличного были темно-зелеными, сильно облиственными, общая высота их увеличилась на 5–9 см. Во время ливневых дождей первой декады июля 2011 г. благодаря применению brassиностероидов растения не полегли или полегли незначительно.

Опытами подтверждена возможность двухстороннего использования льна масличного сорта Брестский: как на семенные цели, так и для получения льноволокна, пригодного для изготовления технических тканей. Как видно из табл. 14, урожайность льнотресты в вариантах с внесением brassиностероидов достигала в среднем за три года 40,8–42,5 ц/га при номерности 1,08; а урожайность волокна – 10,4–10,8 ц/га при выходе волокна со стеблей льна 26 %. Данные приемы обеспечили в среднем за годы исследований получение 1 798 397–2 364 260 руб/га условного чистого дохода при уровне рентабельности 206–218 %.

С помощью математических расчетов нами проведен анализ формирования приращений урожайности основной продукции (семена) льна масличного в зависимости от применяемых в опыте средств химизации.

Установлено, что в среднем за 3 года:

- естественное плодородие обеспечило получение 37,9–60,4 % урожайности;
- комплексное АФК удобрение – 29,1–45,3 %;
- комплексонат микроэлементов «Поликом Л» на фоне средств химической защиты растений – 5,4–9,2 %;
- долевое участие эпина в формировании урожайности льносемян составило 8,2–9,4 %;
- долевое участие гомобрассинолида – 11,9–12,4 %;
- от двойных обработок растений эпином в комплексе со средствами химической защиты растений получено 18,1 % от общей урожайности;
- двойные обработки льна гомобрассинолидом в баковых смесях со средствами химической защиты растений обеспечили 23,8 % семенной продуктивности.

Таблица 14. Влияние удобрений и brassinosteroidов на урожайность и качество продукции льна масличного (среднее за 2010–2012 гг.)

Вариант опыта	Урожайность семян, ц/га	Масличность семян, %	Сбор масла, ц/га	Урожайность тресты, ц/га	Средний номер тресты	Выход волокна, %	Урожайность волокна, ц/га
Контроль (без удобрений)	8,1	45,2	3,66	21,3	0,50	23	4,9
Фон: N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀ (комплексное АФК удобрение – 2,85 ц/га) + N ₂₃ (однокомпонентное)	14,8	47,3	7,00	31,0	0,83	25	7,7
Фон + «Поликом Л» с гербицидами	15,6	47,6	7,40	33,9	0,83	25	8,4
Фон + «Поликом Л» и эпин с гербицидами	17,0	47,8	8,11	36,2	0,92	25	9,0
Фон + «Поликом Л» и гомобрассинолид с гербицидами	17,7	47,8	8,46	37,6	0,92	25	9,4
Фон + «Поликом Л» с гербицидами + «Дерозал» (бутонизация)	16,3	47,4	7,69	34,6	0,83	25	8,5
Фон + «Поликом Л» с гербицидами + «Дерозал» и эпин	18,0	47,8	8,60	37,6	0,92	25	9,4
Фон + «Поликом Л» с гербицидами + «Дерозал» и гомобрассинолид	18,6	48,0	8,93	37,8	0,92	25	9,5
Фон + «Поликом Л» и эпин с гербицидами + «Дерозал» и эпин	19,9	48,3	9,29	40,8	1,08	26	10,4
Фон + «Поликом Л» и гомобрассинолид с гербицидами + «Дерозал» и гомобрассинолид	21,4	48,6	9,84	42,5	1,08	26	10,8
НСР ₀₅	0,35–0,52	0,20–0,31		0,49–1,19			0,18–0,25

Производственные испытания в ОАО «Лидлен» Лидского района Гродненской области на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве показали, что при возделывании льна масличного сорта Брестский на фоне основного внесения АФК удобрения высокоэффективным приемом является двойная некорневая обработка посевов гомобрасинолидом в баковых смесях со средствами химической защиты растений (гербицидами и фунгицидами) и комплексонатом микроэлементов «Поликом Л».

В сравнении с базовым (табл. 15) данный вариант обеспечивал повышение урожайности льносемян на 4,1 ц/га, льнотресты – на 7,0 ц/га при среднем ее номере 1,00.

Рентабельность производства (в расчете на прибавку урожайности от внедряемого в технологический процесс агроприема) составила 155,6 %.

Таблица 15. Эффективность гомобрасинолида на льне масличном сорта Брестский в производственном опыте, 2011 г.

Вариант опыта	Урожайность, ц/га		Средний номер льнотресты	Рентабельность, %
	семян	тресты		
Базовый вариант (фон): N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀ – основное внесение АФК удобрения (N ₆ P ₂₁ K ₃₂ Zn _{0,27} В _{0,17}) в дозе 2,85 ц/га + мочевины 0,5 ц/га	13,1	27,2	0,75	–
Фон + гомобрасинолид в баковой смеси с гербицидами (хармони и агритокс) и «Поликом Л» (5 л/га)	14,7	31,7	1,00	62,7
Фон + гомобрасинолид с гербицидами и «Поликом Л» + гомобрасинолид с фунгицидом «Дерозал» (1 л/га) в фазу бутонизации	17,2	34,2	1,00	155,6

Опыты, проведенные в ЗАО «Горы» Горецкого района Могилевской области (2013 г.), также подтвердили высокую агрономическую и экономическую эффективность новых агроприемов. Брасиностероиды (эпин и гомобрасинолид), вносимые на фоне комплексного АФК удобрения с микроэлементами и пестицидами, в условиях северо-восточного региона Беларуси позволили получить до 12,7 ц/га семян льна масличного и льнотресту, пригодную для использования на технические цели (табл. 16).

Таблица 16. Эффективность использования новых агроприемов на льне масличном сорта Брестский в производственных условиях (ЗАО «Горь» Горещкого района Могилевской области), 2013 г.

Вариант опыта	Урожайность, ц/га		Средний номер льнотресты	Прибавки урожайности к базовым вариантам, ц/га		Стоимость прибавки урожайности, руб.	Затраты на полученные прибавок, руб.	Условный чистый доход, руб.	Рентабельность, %
	семян	тресты		семян	тресты				
Производственное испытание № 2									
1. Базовый вариант: N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀ (АФК удобрение – N ₆ P ₂₁ K ₃₂ B _{0,17} Zn _{0,27} – 2,85 ц/га) + N ₂₃ (однокомпонентное)	10,4	33,2	0,75	–	–	–	–	–	–
2. На фоне базового варианта: эпин (опрыскивание посевов в баковой смеси с гербицидами и «Поликом Л» – «елочка») + эпин (опрыскивание посевов в баковой смеси с фунгицидом «Дерозал» в бутонизацию)	11,9	37,4	1,00	1,5	4,2	668 400	243 012	425 388	175
3. На фоне базового варианта: гомобрасинолид (опрыскивание посевов в баковой смеси с гербицидами и «Поликом Л» – «елочка») + гомобрасинолид (опрыскивание посевов в баковой смеси с фунгицидом «Дерозал» в бутонизацию)	12,7	39,0	1,00	2,3	5,8	970 800	327 843	642 957	196
НСР ₀₅	0,524	1,217							

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследованиями, проведенными на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, установлена возможность возделывания льна масличного сорта Брестский для двухстороннего использования: на семена и волокно, пригодное для технических целей.

Резервом повышения урожайности и качества продукции льна масличного являются фитогормоны отечественного производства класса brassinosteroidов – эпин и гомобрассинолид.

Внесение brassinosteroidов в два приема (инкрустирование семян и некорневая обработка посевов в фазу «елочки» в баковой смеси с гербицидами) на фоне однокомпонентных форм минеральных удобрений обеспечило в среднем за 2009–2012 гг. исследований повышение урожайности льносемян на 3,0–3,5 ц/га при их масличности 48,0–48,5 %; льнотресты – на 8,2–9,3 ц/га при ее среднем номере 0,92–1,00.

Установлено, что brassinosteroidы позволяют сэкономить 15–30 кг/га азота без ущерба для продуктивности растений.

Наиболее эффективным агроприемом оказалось применение эпина и гомобрассинолида в сочетании с микроэлементами и пестицидами на фоне комплексного АФК удобрения. Двойные обработки посевов регуляторами роста (в баковых смесях с гербицидами и комплексонатом микроэлементов «Поликом Л» в фазу «елочки», а также фунгицидом «Дерозал» в фазу бутонизации) позволили получить 19,9–21,4 ц/га льносемян с масличностью до 48,6 %; 40,8–42,5 ц/га льнотресты средним номером 1,08; 10,4–10,8 ц/га льноволокна при выходе волокна со стеблей 26 %.

При этом уровень рентабельности производства льна масличного составил 206–218 %.

Под влиянием brassinosteroidов в среднем за годы исследований в 2,7–5,2 раза уменьшилась поражаемость растений кальциевым хлорозом; отмечена тенденция к снижению пораженности растений к фазе ранней желтой спелости болезнями (антракноз, фузариоз, «пасмо», полиспороз), а также инфицированности выращенных семян льна как сапрофитной, так и патогенной микробиотой.

Опытами установлено, что brassinosteroidы повышали устойчивость льна к полеганию.

По уровню содержания жирных кислот масло семян льна масличного в вариантах с внесением brassinosteroidов отвечало предьяв-

ляемым стандартами требованиям. Эпин и гомобрассинолид способствовали существенному повышению в масле содержания олеиновой кислоты, что позволит шире использовать его в медицине и пищевой промышленности.

Опытно-производственные испытания подтвердили высокую агрономическую и экономическую эффективность новых разработок. Предлагаемые агроприемы вписываются в существующую технологию возделывания льна масличного, экономически и экологически обоснованы, и их можно рекомендовать для внедрения в сельскохозяйственное производство.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов, М.Д. Влияние бора и гиббереллина на морфологию, анатомию и урожайность льна / М. Д. Антонов, Н. М. Леонова, А. В. Дурандик // Лен и конопля. – 1981. – № 4. – С. 22.
2. Барашкова, Е.Н. Эффективность некорневых подкормок льна масличного борными удобрениями в зависимости от обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы бором / Е. Н. Барашкова // Почвоведение и агрохимия. – 2008. – № 2 (41). – С. 185–193.
3. Барашкова, Е.Н. Эффективность применения новых форм микроудобрений при возделывании льна масличного на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / Е. Н. Барашкова, М. В. Рақ, Г. М. Сафроновская // Почва – удобрение – плодородие – урожай: сб. науч. тр. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2009. – С. 133–135.
4. Баскаков, Ю.С. Новые синтетические гербициды и регуляторы роста растений / Ю.С. Баскаков // Журн. Всесоюз. хим. о-ва им. Д. И. Менделеева. – 1986. – № 6. – С. 631–640.
5. Богдан, Т.М. Лен масличный – источник растительного масла в Республике Беларусь / Т. М. Богдан, Л. М. Полонецкая // Проблемы и пути повышения эффективности растениеводства в Беларуси: тезисы Юбилейной Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию образования Ин-та земледелия, Жодино, 29 июня 2007 г. / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – С. 114–117.
6. Брассиностероиды / В. А. Хрипач [и др.]. – Минск: Наука и техника, 1993. – С. 287.
7. Бургонов, Е.В. Оптимальные дозы азота и их влияние на урожайность льна масличного / Е. В. Бургонов; Иванов. с.-х. акад. – Сайт «Промышленная Сибирь», 2000–2005. – ГРНТИ. 683537.
8. Влияние минеральных удобрений и брассиностероидов на урожайность и качество семян льна масличного в условиях северо-восточной части Республики Беларусь / С. П. Кукреш, А. А. Ходянков, С. Ф. Ходянкova, И. Ю. Гаврюшин // Материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию Ин-та почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2011. – С. 242–245.
9. Выращивание высоких урожаев льна масличного: метод. материалы ВНИИ масличных культур / О. И. Рыжеева [и др.]. – М.: Колос, 1987. – 29 с.
10. Гнилomedов, В. Будущее за нетрадиционными масличными культурами / В. Гнилomedов, В. Глуховец // АПК. – 2001. – № 5. – С. 33–37.
11. Голуб, И.А. Льноводство Беларуси / И. А. Голуб, А. Н. Ермолович // Земляробства і ахова раслін. – 2009. – № 1. – С. 20–21.
12. Гудялис, П.К. Применение регуляторов роста в посевах льна / П. К. Гудялис // Достижения сельскохозяйственной науки и практики: сб. науч. тр. Лит. НИИ земледелия. – 1984. – № 48. – С. 41–46.
13. Дерфлинг, К. Гормоны растений. Системный подход / К. Дерфлинг. – М.: Мир, 1985. – 303 с.
14. Дуктов, В.П. Влияние росторегуляторов на посевные качества льна-долгунца / В. П. Дуктов // Проблемы производства продукции растениеводства и пути их решения: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 160-летию Белорус. гос. с.-х. акад. – Горки, 2000. – С. 35–38.
15. 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 «Ин-т экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича». – Минск, 2005. – 22 с.

16. Живетин, В. В. Лен и его комплексное использование / В. В. Живетин, Л. Н. Гинзбург, О. М. Ольшанская. – М.: Информ-Знание, 2002. – 400 с.

17. Зубцов, В. А. Биологически активные вещества льна: полинасыщенные жирные кислоты, химические и биологические свойства / В. А. Зубцов, Л. Л. Осипова // Лен на пороге XXI века: материалы конф. – Вологда, 2000. – С. 155–156.

18. Зубцов, В. А. Фосфолипидная биологически активная добавка, полученная из семян льна / В. А. Зубцов, И. Н. Григорьева, Л. Л. Осипова // Итоги и перспективы развития селекции, семеноводства, совершенствования технологии возделывания и первичной переработки льна-долгунца: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Торжок, 2000. – С. 82–83.

19. Избирательное действие химических регуляторов роста на растения: физиологические основы / В. П. Деева [и др.]. – Минск: Наука и техника, 1988. – 355 с.

20. Коломникова, Г. Д. Особенности биологии и некоторые приемы агротехники льна масличного при двухстороннем использовании в условиях лесостепи Омской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Г. Д. Коломникова. – Краснодар, 1974. – 16 с.

21. Коломникова, Г. Д. Пищевой режим почвы и поступление питательных веществ в растения льна масличного / Г. Д. Коломникова // Агрехимия. – 1976. – № 11. – С. 71–78.

22. Комплексное применение макро- и микроудобрений, регуляторов роста и средств химической защиты растений под лен-долгунец: рекомендации / Белорус. гос. с.-х. акад.; сост. С. П. Кукреш [и др.]. – Горки, 2008. – 24 с.

23. Корнейкова, Ю. С. Изучение эффективности брассиностероидов на льне масличном / Ю. С. Корнейкова, С. П. Кукреш // Материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию образования Гродн. с.-х. ун-та. – Гродно, 2011. – С. 96–98.

24. Корнейкова, Ю. С. Влияние брассиностероидов на полегаемость и урожайность льна масличного / Ю. С. Корнейкова // Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур: материалы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов, магистрантов. – Горки: БГСХА, 2011. – С. 44–47.

25. Корнейкова, Ю. С. Влияние минеральных удобрений и регуляторов роста на урожайность льна масличного / Ю. С. Корнейкова, С. П. Кукреш // Почва, удобрение, урожай: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 170-летию Белорус. гос. с.-х. акад. – Горки: БГСХА, 2010. – С. 81–83.

26. Кудеярова, Г. Р. Гормоны и минеральное питание / Г. Р. Кудеярова, И. Ш. Усманов // Физиология и биохимия культурных растений. – 1991. – Т. 23, № 3. – С. 232–244.

27. Кукреш, С. П. Агрехимические приемы формирования высоких урожаев льна-долгунца на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах Могилевской области / С. П. Кукреш, С. Ф. Ходянкова. – Горки: Курсы по повышению квалификации и переподготовке кадров Могилевского облсельхозпроца, 1998. – 128 с.

28. Кутузова, С. Н. Перспективные направления селекции технических культур для производства волокна и масла / С. Н. Кутузова. – СПб.: ВИР, 1997. – 348 с.

29. Лен Беларуси: монография / под ред. И. А. Голуба; РУП «Белорус. НИИ льна». – Минск: ЧУП «Орех», 2003. – 245 с.

30. Лен масличный [Электронный ресурс]. – <http://www.allinen.ru/article/alin/len.masl4.nyi.htm>. – Дата доступа: 05.06.2013.

31. Маковский, Н. Что необходимо для выращивания масличного льна / Н. Маковский, В. Самсонов // Агрэоэкономика. – 2004. – № 9. – С. 44–45.

32. Методические указания по проведению полевых опытов со льном / под ред. Б. С. Долгова, В. Б. Ковалева; ВНИИЛ. – Торжок: ВНИИЛ, 1978. – 72 с.
33. Милоста, Ю. Г. Влияние разных доз комплексных удобрений с добавками микроэлементов на урожайность и качество семян льна масличного на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве / Ю. Г. Милоста, Г. В. Пироговская // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – № 2 (39). – С. 165–171.
34. Никелл, Л. Д. Регуляторы роста растений: применение в сельском хозяйстве / Л. Д. Никелл. – М.: Колос, 1984. – 191 с.
35. Основные элементы технологии возделывания льна масличного / В. А. Прудников [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – 2007. – № 2. – С. 14–16.
36. Памятка по технологии возделывания льна масличного [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vniimk.ru/memorandum/len.htm>. – Дата доступа: 05.06.2013.
37. Перспективы практического применения брассиностероидов – нового класса фитогормонов / В. А. Хрипач [и др.] // С.-х. биология. – № 1. – С. 3.
38. Подбор почв, известкование и удобрение льна-долгунца: рекомендации / РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси»; сост. И. М. Богдевич [и др.]. – Минск, 2005. – 32 с.
39. Полонецкая, Л. М. Культура масличного льна в Беларуси / Л. М. Полонецкая, В. З. Богдан, Т. М. Богдан // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – № 5. – С. 46–48.
40. Пономаренко, С. П. Регуляторы роста: экологические аспекты применения / С. П. Пономаренко, Г. О. Гутьньска // Захист рослин. – 1999. – № 12. – С. 15–18.
41. Применение регуляторов роста растений при возделывании льна-долгунца: рекомендации / Белорус. гос. с.-х. акад.; сост. С. П. Кукреш [и др.]. – Горки, 2008. – 12 с.
42. Применение регуляторов роста растений при возделывании основных сельскохозяйственных культур: рекомендации / Белорус. гос. с.-х. акад.; сост. И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки, 2002. – 28 с.
43. Прудников, В. А. Продуктивность льна масличного в зависимости от нормы высева семян и доз азотного удобрения / В. А. Прудников, И. А. Голуб // Земляробства і ахова раслін. – 2006. – № 5. – С. 26–28.
44. Прусакова, Л. Д. Регуляторы роста в растениеводстве / Л. Д. Прусакова // С.-х. биология. – 1984. – № 3. – С. 3–13.
45. Пустовойтова, Т. Н. Влияние эпибрассинолида на засухоустойчивость растений / Т. Н. Пустовойтова, Н. Е. Жданова, Н. В. Жолкевич // Регуляторы роста, развития и продуктивности растений: тезисы докл. 5-й Междунар. науч. конф. – М.: МСХА им. Тимирязева. – 1999. – Ч. 1. – С. 214.
46. Рак, М. В. Влияние борных удобрений на урожайность и качество семян льна масличного в зависимости от обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы бором / М. В. Рак, Е. Н. Барашкова // Почвоведение и агрохимия. – 2010. – № 1 (44). – С. 213–220.
47. Ремпе, Е. Х. Регуляторы роста растений как фактор снижения негативного действия пестицидов / Е. Х. Ремпе, Л. П. Воронина, Л. К. Батурина // Агрохимия. – 1999. – № 3. – С. 64–69.
48. Самсонов, В. П. Масличный лен на поля Беларуси / В. П. Самсонов, Н. Маковский // Белорус. сел. хоз.-во. – 2005. – № 11 (43). – С. 32–35.
49. Состав жирных кислот семян льна / А. В. Поляков [и др.] // Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений: материалы 3-й Междунар. науч.-произв. конф., Пенза, 14–19 июня 2000 г. / РАЕН; редкол.: А. Ф. Блинохватава [и др.]. – Пенза, 2000. – С. 10–11.

50. Технологические основы возделывания льна масличного / И. А. Голуб [и др.] // Белорус. сел. хоз.-во. – 2007. – № 2. – С. 35–37.
51. Тихомирова, В. Я. Новые аспекты в вопросах биологии и питания льна: монография / В. Я. Тихомирова, О. Ю. Сорокина, Н. Н. Кузьменко. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2012. – 108 с.
52. Ульянчик, В. И. Основные элементы технологии возделывания льна масличного в условиях юго-запада Беларуси / В. И. Ульянчик, Г. Н. Лукашик // Земледелие и растениеводство: материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Стратегия и тактика экономической целесообразности адаптивной интенсификации земледелия», г. п. Устье, 1–2 июля 2004 г.; Ин-т льна. – 2004. – № 1. – С. 316–318.
53. Физиологические аспекты действия химических регуляторов роста на растения / Г. Е. Радцева [и др.]. – М., 1982. – С. 195.
54. Ходянков, А. А. Агрономическая и экономическая эффективность совместного применения минеральных удобрений и регуляторов роста растений на льне масличном / А. А. Ходянков, Ю. С. Корнейкова // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 1. – С. 99–109.
55. Ходянков, А. А. Влияние brassinosteroidов на устойчивость растений льна-долгунца к засухе / А. А. Ходянков // Агрохим. вестн. – 2008. – № 1. – С. 21–24.
56. Ходянков, А. А. Применение brassinosteroidов на льне-долгунце для повышения устойчивости растений к засухе в критический период / А. А. Ходянков // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых исследователей; Волгоград. гос. с.-х. акад. – Волгоград, 2007. – С. 481–484.
57. Ходянков, А. А. Эффективность применения нового фитогормона гомобрасинолида на льне-долгунце / А. А. Ходянков, Т. Ф. Персикова // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2007. – № 4. – С. 56–59.
58. Чайлахян, Л. А. Регуляторы роста в жизни растений и в практике сельского хозяйства / Л. А. Чайлахян // Вестн. АН СССР. – 1982. – № 1. – С. 11–26.
59. Шкляр, А. Х. Климатические ресурсы Белоруссии и использование их в сельском хозяйстве / А. Х. Шкляр. – М.: Высш. шк., 1973. – 432 с.
60. Эффективность применения минеральных удобрений и brassinosteroidов на льне масличном сорта Брестский / С. П. Кукреш, Ю. С. Корнейкова, А. А. Ходянков, С. Ф. Ходянкova // Земляробства і ахова раслін. – 2011. – № 6. – С. 71–74.
61. Яровые масличные культуры / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. В. А. Щербакова. – Минск: ФУАинформ, 1999. – 285 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Народнохозяйственное значение льна масличного.....	4
2. Морфологические и биологические особенности льна масличного.....	6
3. Применение азотных, фосфорных и калийных минеральных удобрений на льне масличном.....	8
4. Роль микроэлементов в жизнедеятельности льна.....	11
5. Роль регуляторов роста растений класса brassinosteroidов для сельскохозяйственных растений.....	14
6. Краткая характеристика регуляторов роста растений.....	19
7. Особенности применения регуляторов роста в интенсивной технологии возделывания льна масличного.....	20
7.1. Допосевная обработка семян льна физиологически активными веществами....	20
7.2. Использование регуляторов роста для опрыскивания посевов льна масличного.....	22
7.3. Комплексное использование макро- и микроудобрений, регуляторов роста и средств химической защиты растений на льне масличном.....	30
Заключение.....	36
Литература.....	38

Учебное издание

Ходянков Андрей Анатольевич
Шершнев Андрей Владимирович
Кукреш Сергей Потапович и др.

КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ БРАССИНОСТЕРОИДОВ,
МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ И ПЕСТИЦИДОВ
НА ЛЬНЕ МАСЛИЧНОМ

Рекомендации

Редактор *Н. А. Матасёва*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 01.10.2013. Формат 60 × 84¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 2,56. Уч.-изд. л. 2,54.
Тираж 75 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
ЛИ № 02330/0548504 от 16.06.2009.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.