

Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің Ғылым жаршысы: пәнаралық = Вестник науки Казахского агротехнического исследовательского университета имени Сакена Сейфуллина: междисциплинарный. – Астана: С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, 2025. -№ 1 (124). - Р. 72-82. - ISSN 2710-3757, ISSN 2079-939X

doi.org/ 10.51452/kazatu.2025.1(124).1820

УДК 633.85:633.52(045)

Исследовательская статья

Влияние ростостимулирующих препаратов на органы проростков льна масличного

Тезекбаева А.Е.¹ , Шестакова Н.А.¹ , Накл J.² 

¹Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина,
Астана, Казахстан

²Чешский университет естественных наук в Праге, Чехия

Автор-корреспондент: Тезекбаева А.Е.: ainash_25.08@mail.ru

Соавторы: (1: НШ) ninakul23@mail.ru; (2: НЖ) hakl@af.czu.cz

Получено: 13-01-2025 **Принято:** 03-03-2025 **Опубликовано:** 31-03-2025

Аннотация

Предпосылки и цель. Переход семян из состояния покоя к процессу прорастания определяется их метаболическим состоянием, при котором стимулирующий фактор способен оказать влияние, а семя способно ответить на данное воздействие. Ответные реакции семени на экзогенное воздействие отражаются прежде всего на органах проростка. Уже на первых этапах онтогенеза можно дать оценку эффективности используемого ростостимулирующего препарата. Недостаточная активность исследований по теме влияния стимуляторов роста на развитие органов проростков льна подчёркивает актуальность поиска эффективных методов воздействия и подбора стимулирующих веществ для повышения продуктивности культуры.

Материалы и методы. Исследования проведены с семенами льна масличного (*Linum usitatissimum* L.) с целью изучения влияния ростостимулирующих препаратов на органы проростков. На фильтровальной бумаге, в чашках Петри, проводили обработку семян препаратами Мегамикс семена-2 л/т, Экобиосфера– 0,75 л/т, Микориза- 7,5 г/т, Альбит– 60 мл/т, Лигногумат – 100г). За контроль взяты семена, обработанные дистиллированной водой.

Результаты. Повышение качественных показателей семян льна масличного после обработки семян ростостимулирующими препаратами наблюдалось во всех вариантах в сравнении с контролем. Обработка семян препаратами Экобиосфера и «Мегамикс семена» повысило дружность прорастания семян, и составило соответственно 14,2 и 12,3 шт семян за день, что превышает контрольный вариант на 3,9-2,3 шт/семян в сутки. Сравнительная оценка средней длины проростков и корешков после обработки семян показала максимальную длину проростков и корешков семян льна масличного, обработанных препаратами «Мегамикс семена» и Экобиосфера. Длина проростков составила 6,5-7,2 см, что превышает контроль на 1,2-1,9 см, и длина корешков 7,0-8,0 см с превышением от контрольного варианта на 0,9-1,9 см соответственно. Обработка семян ростостимулирующими препаратами приводит к сокращению промежутка времени основных этапов прорастания.

Заключение. Учитывая полученные результаты, можно сделать вывод, что применение ростостимулирующих препаратов значительно улучшило степень набухания, скорость прорастания, длину корневой системы и длину проростка. Их применение может не только повысить скорость прорастания, но и эффективно улучшить качественные показатели льна масличного и повысить урожайность.

Ключевые слова: лён масличный; стимуляторы роста; органы проростка; предпосевная обработка семян.

Введение

Научные исследования свидетельствуют, что химические вещества усиливают встроенные в растения механизмы обеспечения устойчивой урожайности сельскохозяйственных культур, будь то предпосевная обработка или внесение в почву [1-3].

Снизить зависимость урожайности культур от климатических факторов является на данный момент серьёзной проблемой и требует существенного изменения агротехнических приёмов в технологии возделывания культур [4].

Программа повышения урожайности полевых культур в основном опирается на селекцию или новые молекулярные и трансгенные генетические модификации. В настоящее время в 25 странах выращивается более 30 генно-инженерных культур, занимающих почти 300 млн акров, но истории успеха все ещё очень ограничены, особенно с точки зрения видимого эффекта на полях фермеров [4]. Это происходит главным образом потому, что характер устойчивости к стрессу количественный и определяется полигенами, связанными с различными метаболическими и сигнальными путями. Кроме того, культуры, выращиваемые в полевых условиях, одновременно сталкиваются с несколькими стрессами, и, следовательно, культуры, рассчитанные на один конкретный стресс, как правило, в полевых условиях не могут с ними справиться. Хотя эта проблема была очень хорошо решена с использованием молекулярных регуляторов, связанных с устойчивостью к множественным стрессам [5], однако большинство таких трансгенных препаратов не оцениваются с точки зрения урожайности сельскохозяйственных культур, и, следовательно, их применимость в сельскохозяйственной практике все ещё является более или менее долгосрочной целью [6].

Новизна исследования заключается в изучении воздействия ростостимулирующих препаратов на органы проростков льна масличного, что позволит не только оценить их влияние на устойчивость растений к различным стрессам, но и выявить их роль в улучшении физиологических процессов в условиях региона. Применение ростостимуляторов, как экологически безопасного и экономически эффективного метода значительно расширяет возможности агрономии, обеспечивая увеличение урожайности без значительных затрат. Кроме того, использование ростостимуляторов в контексте современных агротехнических методов позволяет повысить не только урожайность, но и качество семян, а также увеличить устойчивость растений к внешним стрессовым факторам.

Качественная характеристика семян по основным показателям, а именно энергии прорастания, дружности и скорости прорастания, лабораторной всхожести, выявляет реакцию семян на изменение условий прорастания. Определение силы роста по вегетативной массе представляет информационный материал, позволяющий определить возможность семян в результате качественных характеристик конечного результата урожайности [7].

Регуляторы роста растений, как химические, так и органические, могут модулировать механизмы растений для повышения устойчивости к абиотическим стрессам и дальнейшей стимуляции роста и урожайности.

Современный рынок предлагает весьма широкий выбор препаратов, способствующих активизации процесса прорастания семян, и, как следствие повышение продуктивности.

К примеру, предлагаются ростостимулирующие вещества органического происхождения со свойствами стимулятора роста и антидепрессанта, такие как Лигногумат и Экобиосфера, судя по характеристикам, препараты не только увеличивают продуктивность растения, но и качество полученной продукции.

Альбит – регулятор роста растений со свойствами фунгицида и комплексного удобрения [8].

Микориза – продукт, содержащий более 2500 высокоактивных эндогенных микоризных спор. Вступают в симбиоз с корнями растений, обеспечивая растения питательными веществами и влагой из глубоких слоёв почвы [9].

«Мегамикс семена» – препарат, способствующий формированию более мощной корневой системы, ускоряя начальные фазы роста культур и повышая устойчивость к неблагоприятным факторам [10].

Использование данных препаратов при предпосевной обработке семян представляет особый интерес при возделывании мелкосемянного льна масличного, который является одной из ведущих масличных культур в зоне Северного Казахстана.

Цель исследований: выявить потенциальные возможности семенного материала льна масличного по морфологическим параметрам органов проростков под воздействием ростостимулирующих препаратов разного происхождения.

В задачи исследований входило дать развёрнутую характеристику влияния ростостимулирующих препаратов на:

- степень набухания семян;
- скорость и дружность прорастания семян;
- энергию прорастания и лабораторную всхожесть;
- силу роста семян;
- индекс жизнеспособности семян (SVI).

Материалы и методы

Для выполнения поставленных задач объектом исследования взяты – семена льна масличного, сорта Кустанайский янтарь. Для изучения влияния обработки посевного материала ростостимулирующими препаратами на процесс прорастания, роста и развитие проростков, семена обрабатывали испытуемыми растворами за 16 ч до проращивания, затем культивировали в горшках и на фильтровальной бумаге в растильнях. Контролем служил вариант, обработанный дистиллированной водой. Энергию и дружность прорастания определяли в одном анализе со всхожестью. Подсчёт энергии прорастания проводили на 3-и сутки эксперимента (n=100). Долю проросших семян (в %) рассчитывали от числа заложенных семян на проращивание. На десятидневных проростках (при определении силы роста) проводили учёт степени роста и развития органов проростка: определяли сырую массу надземной и подземной частей, длину корней и проростка (n=20).

Оценка качественных показателей семян льна масличного проводилась по следующим показателям:

1. Степень набухания семян (количество воды в граммах, поглощенное семенами в фазе набухания в пересчёте на 1г сухого вещества) [11]. На первом этапе для определения степени набухания проращивали семена (100 шт, повторность четырехкратная) на фильтровальной бумаге, предварительно обработанные препаратами. Определяли массу сухих семян перед закладкой - M_{s0} , а также каждый час после закладки. Масса набухших семян после проклёвывания семян - M_s . Проращивание семян проводили при температуре 20 ± 2 °C, определяли степень набухания по следующей формуле [11]:

$$M = (M_{s1} - M_{s0})/M_{s0}, \quad (1)$$

где: M – степень набухания семян,
 M_{s1} – масса семян после набухания, г,
 M_{s0} – масса семян до набухания, г.

2. Скорость прорастания семян (среднее количество дней, приходящееся на прорастание одного семени). Скорость прорастания характеризует средневзвешенное количество дней, за которое прорастает одна семянка. Этот показатель рассчитывается по формуле [12]:

$$\text{Скорость прорастания (суток)} = \frac{(A_1 \times 1) + (A_2 \times 2) + \dots + (A_n \times n)}{(A_1 + A_2 + \dots + A_n)}, \quad (2)$$

n – сутки прорастания,
1, 2, ...n – сутки проращивания семян.

3. Дружность прорастания – среднее число проросших семян (из 100 за сутки) стандартным методом проращивания. Этот показатель рассчитывается по формуле [12]:

$$\text{Дружность прорастания (штук семян в сутки)} = \frac{A}{N}, \quad (3)$$

где: А-количество семян, проросших (в пересчете на 100 семян) за весь период опыта,
N – количество суток, в которые семена прорастали.

4. Энергия прорастания (%) – промежуточный показатель при учете лабораторной всхожести, число проросших семян на 3-и сутки к общему количеству высеянных семян.

5. Лабораторная всхожесть (В, %). ГОСТ 12038-84. Всхожесть представляет собой отношение проросших семян к общему количеству посеянных семян в процентах, для льна на 7-е сутки [13].

$$B \% = \frac{\text{Число проросших семян}}{\text{Общее количество семян}} \times 100\%, \quad (4)$$

6. Оценка органов проростка семян по методике определения силы роста проращиванием в песке. Для определения силы роста семян отсчитывают 2 пробы по 100 шт. Семена проращивали в горшках с увлажнённым песком, каждую пробу (повторность) высевали в отдельный горшок. Глубина закладки семян льна масличного 2 см, влажность песка составляла 60% от полной влагоёмкости (ГОСТ 12040-66). После окончания срока проращивания (10 суток) подсчитывали число проросших семян, определяли длину проростка и зелёную массу, корешки промывали и измеряли длину в см.

7. Индекс жизнеспособности семян (SVI). Сумма длины проростков и длины корешков с варианта, умноженная на лабораторную всхожесть и поделенная на 100, рассчитывали по формуле, предложенной *Chenetal* [14]:

$$\text{Индекс жизнеспособности} = \frac{(\text{Длина проростка} + \text{Длина к.с.}) \times B\%}{100}, \quad (5)$$

Результаты и обсуждение

Формирование продуктивности посева начнется ещё на стадии подготовки семян, помимо протравителей семян использование физиологически активных веществ в обработке способствуют оптимизации стартовых условий питания проростка на начальных этапах органогенеза, активизируют его рост и развитие, обеспечивая закладку и формирование ряда элементов продуктивности, и устойчивость к воздействию стрессовых факторов.

В формировании структурных элементов продуктивности растений положительную роль играют процессы протекающие в начальный период вегетации, обуславливающие подготовку растения к генеративному периоду. Прорастание семени характеризуется интенсивным обменом, эндосперм претерпевает значительные изменения, превращаясь в соединения, которые обеспечивают рост и развитие зародыша.

В наших исследованиях предпосевная обработка семян льна масличного Кустанайский янтарь ростостимулирующими препаратами отразилась на таких показателях, как степень набухания и скорость прорастания, а также на дружности, энергии прорастания и лабораторной всхожести.

В исследованиях *С.И. Чмелева, Е.Н. Кучер* и *М.И. Ситник* отмечено, что под действием препарата Циркон происходило увеличение степени набухания семян гороха по сравнению с контролем в течение всего периода измерений. Наиболее интенсивное набухание отмечалось в первые 4-8 часов замачивания семян, наивысшие результаты были получены при предпосевном замачивании в растворе регулятора роста концентрацией 0,075 мг/л [15].

Оценивая степень набухания семян льна масличного, после того как корешок пробил семенную оболочку, было отмечено, что в вариантах с использованием препаратов «Мегамикс семена» и «Экобиосфера» количество воды в граммах на растворение 1г сухого вещества было значительно выше контроля и других вариантов, которые были очень близки к контролю. Степень набухания на вариантах «Мегамикс семена» и Экобиосферы составила 10,82 и 11,14 г соответственно, в то время как на контроле 9,73 г (таблица 1).

Данные показатели говорят о том, что в случае низкой влагообеспеченности посевного слоя стоит задуматься о целесообразности применения данного агроприема, так как потребность во влаге в период прорастания возрастает.

Таблица 1 – Количество воды в граммах (степень набухания), поглощённое семенами в фазе набухания в пересчёте на 1 г сухого вещества семян льна масличного Кустанайский янтарь в зависимости от предпосевной обработки семян

Вариант		Масса 100 семян, г		Степень набухания
Ростостимулирующий препарат	Применяемая доза	Сухих семян	Набухших семян до стадии накладки	
Контроль	-	0,55	5,9	9,73
«Мегамикс семена»	2 л/т	0,55	6,5	10,82
Экобиосфера	0,75 л/т	0,56	6,8	11,14
Микориза	7,5 г/т	0,54	5,8	9,74
Альбит	60 мл/т	0,55	5,9	9,73
Лигногумат	100 г/т	0,56	6,0	9,71

При достаточной влагообеспеченности почвы данный приём способствует увеличению скорости прорастания семян после обработки ростостимулирующими препаратами. Наиболее эффективными можно назвать препараты Экобиосфера и «Мегамикс семена». На прорастание одного семени на контрольном варианте затрачивалось 4,38 дней, при применении «Мегамикс семена» и Экобиосферы 4,06 и 3,38 дней соответственно (рисунок 1).

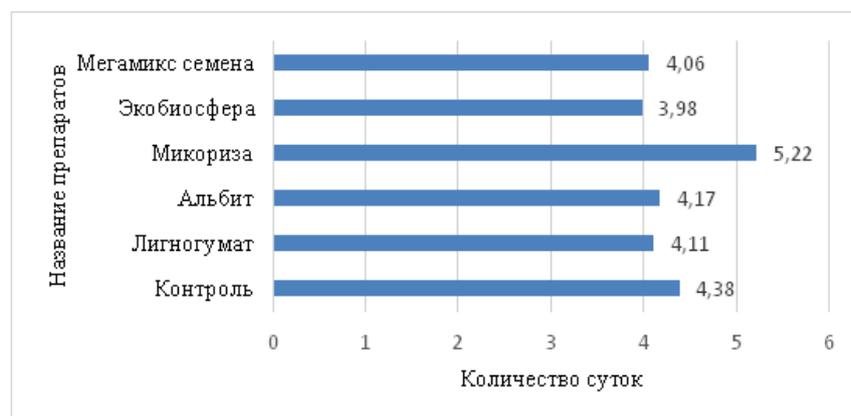


Рисунок 1 – Скорость прорастания семян льна масличного Кустанайский янтарь

И.Г. Строна разработал показатель количественно выражающий дружность прорастания, который рассчитывается как число проросших семян за один день прорастания. По сути, это скоростные показатели, характеризующие среднесуточное прорастание семян [16]. Оценка этого показателя показала, что применение Экобиосферы и препарата «Мегамикс семена» повышала дружность прорастания семян и составила 14,2 и 12,3 шт семян за день соответственно, что превышает контрольный вариант на 3,9-2,3 шт/семян в сутки.

В исследовании *Р.И. Джафаровой, В.Б. Щукина, Н.В. Ильясова*, проведённом на базе Оренбургского государственного аграрного университета, отмечено влияние обработки семян регуляторами роста на энергию прорастания нута. По сравнению с контролем на варианте с применением препарата Рибав-Экстра было увеличение показателя на 4,0%, Эпин-Экстра – на 16,0%, Эмистим– на 13,5% [17].

Аналогичные данные получены в наших исследованиях, энергия прорастания превышает контроль при применении препарата Экобиосфера на 7%, «Мегамикс семена» на 6%, и лабораторная всхожесть была выше на данных вариантах относительно контроля на 5%.

Известна агрономическая истина, чем меньше разрыв между энергией прорастания и лабораторной всхожестью, тем физиологически семена более полноценные, а в наших

исследованиях разрыв между этими показателями при применении препаратов Экобиосфера и «Мегамикс семена» находится в пределах 6-7%. А у остальных вариантов разрыв превышает более 10%, что отразится на снижении полевой всхожести (таблица 2).

Таблица 2 – Посевные качества семян льна масличного Кустанайский янтарь в зависимости от предпосевной обработки семян

Вариант		Дружность прорастания, шт в сутки	Энергия прорастания, %	Лабораторная всхожесть, %
Ростостимулирующий препарат	Применяемая доза			
Контроль	-	10,3	85	93
«Мегамикс семена»	2 л/т	12,3	91	98
Экобиосфера	0,75 л/т	14,2	92	98
Микориза	7,5 г/т	10,0	82	93
Альбит	60 мл/т	11,9	84	95
Лигногумат	100 г/т	11,6	87	98

Проведённые исследования *Т.А. Бабайцева* и *В.В. Слюсаренко* в Ижевской государственной сельскохозяйственной академии отмечают положительное влияние обработки семян стимуляторами роста препаратами Agree's Форсаж и Мивал-Агро на формирование всех органов проростков и длину coleoptile озимой тритикале [18]. *Н.А. Собчук, С.И. Чмелева* отмечают корнестимулирующий эффект препарата Циркон 0,025% для гибрида кукурузы Селест ФАО 390, который увеличил длину корня у проростков растений на 23,3% при сравнении с контрольным вариантом [19].

Влияние ростостимулирующих препаратов в наших исследованиях проявилось так же и на мощности развития органов проростка семян льна. Длина проростка и корневой системы значительно увеличивается по сравнению с контролем. Длина проростка и корешка льна масличного на десятые сутки формировалась у семян, обработанных препаратами Лигногумат и Альбит – 6,0-6,1 и 6,2-6,9 см с превышением от контрольного варианта на 0,7-0,8 см и 0,1-0,8 см соответственно. При обработке семян препаратом «Мегамикс семена» длина проростка превышала на 1,2 см, а длины корешка 0,9 см относительно значения этого показателя при обработке семян дистиллированной водой. Максимальная длина корешков отмечена в опыте у семян льна масличного, обработанных препаратом Экобиосфера+1,9 см. У двудольных растений при прорастании семян рост корешков превышает длину проростка, в наших исследованиях ростостимулирующие препараты сглаживали эту особенность, исключая вариант с обработкой семян Микоризой (таблица 3).

Таблица 3 – Оценка проростков и корешков семян льна масличного Кустанайский янтарь в зависимости от предпосевной обработки семян

Вариант		Длина, см				Соотношение органов проростков	Коэффициент симметричности роста
Ростостимулирующий препарат	Применяемая доза	проростка	+ -	корешка	+ -		
Контроль	-	5,3	-	6,1	-	1,0-1,15	0,87
«Мегамикс семена»	2 л/т	6,5	+1,2	7,0	+0,9	1,0 -1,08	0,93
Экобиосфера	0,75 л/т	7,2	+1,9	8,0	+1,9	1,0-1,11	0,90
Микориза	7,5 г/т	5,0	-0,3	6,3	+0,2	1,0 -1.26	0,79
Альбит	60 мл/т	6,1	+0,8	6,9	+0,8	1,0 -1,13	0,88
Лигногумат	100 г/т	6,0	+0,7	6,2	+0,1	1,0-1,03	0,97

А.Р. Бухарова отмечает положительный эффект при обработке семян озимой пшеницы гуматом калия, увеличилась масса проростков, проростки образовывали хорошо развитую корневую систему, корешки были более мощными с повышенным количеством корневых волосков [20].

В наших исследованиях получены аналогичные результаты. Масса проростков и корешков значительно увеличилась в варианте с применением ростостимулирующих препаратов по сравнению с контролем. Максимальное увеличение массы ростков составило на препарате Экобиосфера и «Мегамикс семена» и составила 1,9 г, что превосходит контрольный вариант на 0,7 г. Доля проростков в этих вариантах превышает долю корешков. Это указывает на то, что применение данных стимуляторов увеличивает энергию семян, усиливает рост и развитие органов проростков.

Минимальное значение массы проростков наблюдалось при использовании Микоризы. Увеличение массы проростка по отношению к контролю составило всего 0,3 г. Однако, именно этот вариант имел максимальную прибавку массы корешков, которая по сравнению с контролем составила 0,9 г (таблица 4).

Таблица 4 – Оценка проростков семян льна масличного Кустанайский январь в зависимости от предпосевной обработки семян

Вариант		Масса, г		Доля органов проростка, %	
Ростостимулирующий препарат	Применяемая доза	ростков	корешков	ростков	корешков
Контроль	-	1,1	1,2	47,8	52,2
«Мегамикс семена»	2 л/т	1,9	1,5	55,9	44,1
Экобиосфера	0,75 л/т	1,9	1,6	56,3	45,7
Микориза	7,5 г/т	1,4	2,1	40,0	60,0
Альбит	60 мл/т	1,8	1,4	54,3	43,7
Лигногумат	100 г/т	1,6	1,1	54,8	40,7

Интегральным показателем качества семян является индекс жизнеспособности, который даёт полноценную характеристику семян, с учётом длины проростков и корешков с поправкой на лабораторную всхожесть. Максимальный индекс жизнеспособности при применении ростостимулирующих препаратов составил 14,9 при применении препарата Экобиосфера и 13,2 при применении «Мегамикс семена». Этот показатель на 4,3 и 2,9 превышает контрольный вариант, что свидетельствует о более высоких качественных показателях семян с данных вариантов, что скажется положительно на полевой всхожести при посеве и как результат повышение продуктивности агроценоза (рисунок 2).

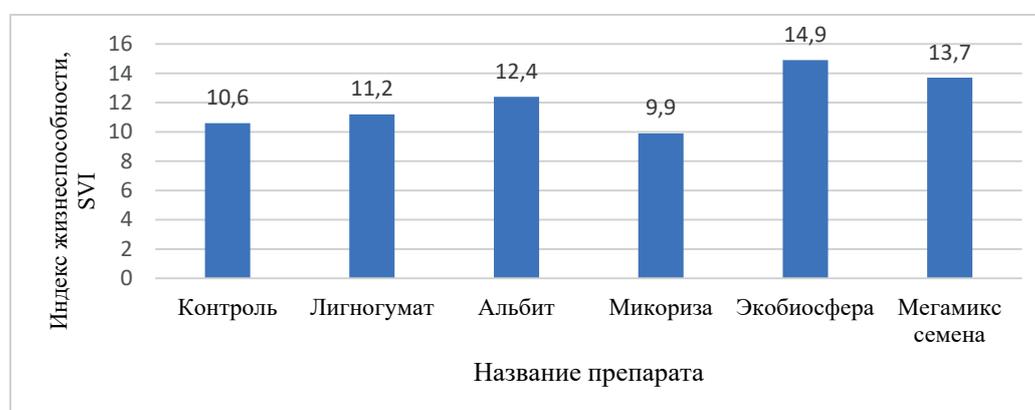


Рисунок 2 – Индекс жизнеспособности (SVI) семян льна масличного Кустанайский январь

Заключение

Проведённое лабораторное исследование является важным этапом в изучении биологической активности ростостимулирующих препаратов и может служить основой для дальнейших исследований их регуляторных свойств. Обработка семян препаратами Экобиосфера и «Мегамикс семена» повысило дружность прорастания семян, и составило соответственно 14,2 и 12,3 шт семян за день, что превышает контрольный вариант на 3,9-2,3 шт/семян в сутки. Показатель энергии прорастания на контрольном варианте был ниже образцов обработанных рост стимулирующими препаратами на 6-7%, лабораторная всхожесть была выше на вариантах с применением препаратов на 5-6%. Сравнительная оценка средней длины проростков и корешков после обработки семян отмечалось максимальной длиной проростка и корешка семян льна масличного, обработанных препаратами «Мегамикс семена» и Экобиосфера. Длина проростков составила 6,5-7,2 см, что превышает контроль на 1,2-1,9 см, и длина корешков 7,0-8,0 см с превышением от контрольного варианта на 0,9-1,9 см соответственно. Обработка семян ростостимулирующими препаратами приводит к активизации метаболических процессов в прорастающем семени, что приводит к сокращению промежутка времени основных этапов прорастания.

При проращивании проростков на испытуемых растворах установлен положительный эффект на рост корней в длину и показатель корнеобеспеченности проростков во всех вариантах опыта. Экобиосфера и Мегамикс семена оказали более выраженный стимулирующий эффект на рост корневой системы в длину, чем Микориза, Альбит и Лигногумат. При этом первые способствуют развитию корневой системы за счёт увеличения длины корней и скорости прорастания.

Вклад авторов

АТ: концептуализирование и выбор направления исследования, проведение всестороннего поиска литературы, проведение лабораторных опытов, обработка данных. НШ, НЛ: анализ и обработка данных, окончательная редакция и вычитка рукописи. Все авторы прочитали, просмотрели и одобрили окончательную редакцию рукописи.

Список литературы

- 1 Minhas, PS, Rane, J., Pasala, RK. (Eds.). (2017). Abiotic stress management for resilient agriculture. *Springer*. DOI:10.1007/978-981-10-5744-1_9.
- 2 Karnan, G., Gopika K., Ratnakumar, P., Pandey, Bb. (2023). Source and sink traits and their relationship under deficit soil moisture stress conditions in an indeterminate crop: Sesame (*Sesamum indicum* L.). *Plant Production Science*, 1-11. DOI:10.1080/1343943X.2023.2203404.
- 3 Ramesh, K., Mahapatra, A., Dhir, BC, Vishnuvadhan, RA. (2020). Low temperature stress dictates the success of rice fallow sesame in Odisha - An analysis. *Journal of Oilseeds Research*, 37, 110.
- 4 Ratnakumar, P., Manikanta, CHLN, Pandey, BB, Gopika, K., Kusumakumari, P., Ramesh, K., Ramya, KT, Rathnakumar, AL. (2021). Adaptations and mitigation strategies for oilseed crops under abiotic stress: Step towards climate resilience. In M. Prakash, R. Gomathi, P.S. Basu, M. Vanaja, M.K. Kalarani (Eds.), *Physiological interventions for developing climate resilient pulses & oil seed crops*. International Books & Periodical Supply Service. 69-91.
- 5 Ratnakumar, P., Ramesh, K. (2019). Influence of sowing environments on yield of sesame genotypes under shifting weather conditions of Deccan Plateau (Telangana). *Journal of Oilseeds Research*, 36(4), 54-56. DOI:10.56739/jor. v36i4.136713.
- 6 Srivastava, AK, Ratnakumar, P., Minhas, PS, Suprasanna, P. (2016). Plant bioregulators for sustainable agriculture; integrating redox signaling as a possible unifying mechanism. *Advances in Agronomy*, 137, 237-278.
- 7 Cui, Z., Yan, B., Gao, Y., Wu, B. (2022). Agronomic cultivation measures on productivity of oilseed flax: A review. *Oil Crop Science*, 7(1), 53-62. DOI:10.1016/j.ocsci.2022.02.006.
- 8 Альбит (б.д.). Получено с <http://www.albit.ru>
- 9 Биопрепарат «Кормилица Микориза» (б.д.). Получено с <https://dom.by/biopreparat-kormilitsa-mikoriza-30г>
- 10 Мегамикс семена (б.г.). Получено с <https://megamix52.ru/megamix-seeds>

11 Самофалова, ЛА, Сафронова, ОВ. (2017). Методологические подходы к проращиванию семян сельскохозяйственных культур, тестирование успеха прорастания. *Зернобобовые и крупяные культуры*, 3(23), 68-74.

12 Поспелов, СВ. (2013). Влияние пространственного размещения семян эхинацеи на их прорастание. *Журнал Лекарственное растениеводство: от опыта прошлого к современным технологиям*, 161, 71.

13 Межгосударственный стандарт ГОСТ 12038-84. (1984). *Сельскохозяйственные культуры. Методы определения лабораторной всхожести семян*.

14 Lou, Y., Zhao, P., Wang, D. (2017). Germination, physiological responses and gene ex-pression of tall fescue (*Festuca arundinacea* S chreb.) growing under Pb and Cd. *PLoS One*, 12(1). DOI:10.1371/journal.pone.0169495.

15 Чмелева, СИ, Кучер, ЕН, Ситник, МИ. (2015). Стимулирующее влияние препарата Циркон на прорастание семян гороха. *Учёные записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия*, 1(67), 174-182.

16 Сусов, ВИ, Ханжиян, ИИ, Исачкин, АВ, Самощенко, ЕГ. (1995). Оценка перспективных сортов плодовых культур в Тимирязевской академии. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*, 2, 170-183.

17 Джафарова, РИК, Щукин, ВБ, Ильясова, НВ. (2017). Влияние регуляторов роста на посевные качества семян и морфофизиологические показатели растений нута в начальный период их роста и развития. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*, 5(67), 67-70.

18 Бабайцева, ТА, Слюсаренко, ВВ. (2018). Влияние предпосевной обработки семян на ранние ростовые процессы озимой тритикале. *Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии*, 1, 18-25.

19 Собчук, НА, Чмелева, СИ. (2015). Влияние препарата Циркон на прорастание семян кукурузы (*Zeamays* L.). *Экосистемы*, 4(34), 45-51.

20 Бухарова, АР, Хлусов ВН, Колесова ЕА, Дадашова, Х. (2022). Влияние регуляторов роста озимой пшеницы на посевные качества семян. *Вестник Российского государственного аграрного заочного университета*, 41(46), 12.

References

1 Minhas, PS, Rane, J., Pasala, RK. (Eds.). (2017). Abiotic stress management for resilient agriculture. *Springer*. DOI:10.1007/978-981-10-5744-1_9.

2 Karnan, G., Gopika K., Ratnakumar, P., Pandey, Bb. (2023). Source and sink traits and their relationship under deficit soil moisture stress conditions in an indeterminate crop: Sesame (*Sesamum indicum* L.). *Plant Production Science*, 1-11. DOI:10.1080/1343943X.2023.2203404.

3 Ramesh, K., Mahapatra, A., Dhir, BC, Vishnuvadhan, RA. (2020). Low temperature stress dictates the success of rice fallow sesame in Odisha - An analysis. *Journal of Oilseeds Research*, 37, 110.

4 Ratnakumar, P., Manikanta, CHLN, Pandey, BB, Gopika, K., Kusumakumari, P., Ramesh, K., Ramya, KT, Rathnakumar, AL. (2021). Adaptations and mitigation strategies for oilseed crops under abiotic stress: Step towards climate resilience. In M. Prakash, R. Gomathi, P.S. Basu, M. Vanaja, M.K. Kalarani (Eds.). *Physiological interventions for developing climate resilient pulses & oil seed crops*. International Books & Periodical Supply Service. 69-91.

5 Ratnakumar, P., Ramesh, K. (2019). Influence of sowing environments on yield of sesame genotypes under shifting weather conditions of Deccan Plateau (Telangana). *Journal of Oilseeds Research*, 36(4), 54-56.

6 Srivastava, AK, Ratnakumar, P., Minhas, PS, Suprasanna, P. (2016). Plant bio-regulators for sustainable agriculture; integrating redox signaling as a possible unifying mechanism. *Advances in Agronomy*, 137, 237-278.

7 Cui, Z., Yan, B., Gao, Y., Wu, B. (2022). Agronomic cultivation measures on productivity of oilseed flax: A review. *Oil Crop Science*, 7(1), 53-62. DOI:10.1016/j.ocsci.2022.02.006.

8 Albit (b.g.). Polucheno s <http://www.albit.ru>

9 Biopreparat Kormilitsa Mikoriza (b.g.). Polucheno s <https://doms.by/biopreparat-kormilitsa-mikoriza-30g>.

10 Megamix Seeds (b.g.). Polucheno s <https://megamix52.ru/megamix-seeds>.

11 Samofalova, LA, Safronova, OV. (2017). Metodologicheskie podkhody k prorashchivaniyu semyan selskokhozyaistvennykh kultur, testirovanie uspekha prorstaniya. *Zernobovoye i krupyanye kultury*, 3(23), 68-74.

12 Pospelov, SV. (2013). Vliyanie prostranstvennogo razmeshcheniya semyanok ekhinatei na ikh prorstanie. *Zhurna Lekarstvennoe rasteniyevodstvo: ot opyta proshlogo k sovremennym tekhnologiyam*, 161, 71.

13 Mezhhgosudarstvennyy standart GOST 12038-84. (1984). *Selskokhozyaistvennye kultury. Metody opredeleniya laboratornoi vskhozhesti semyan*.

14 Lou, Y., Zhao, P., Wang, D. (2017). Germination, physiological responses and gene ex-pression of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) growing under Pb and Cd. *PLoS One*, 12(1). DOI:10.1371/journal.pone.0169495.

15 Chmeleva, SI, Kucher, EN, Sitnik, MI. (2015). Stimuliruyushchee vliyanie preparate Tsirkon na prorstanie semyan gorokha. *Uchenye zapiski Krymskogo federalnogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Biologiya. Khimiya*, 1(67), 174-182.

16 Susov, VI, Khandzhiyan, II, Isachkin, AV, Samoshchenkov, EG. (1995). Otsenka perspektivnykh sortov plodovykh kultur v Timiryazevskoi akademii. *Izvestiya Timiryazevskoi selskokhozyaistvennoi akademii*, 2, 170-183.

17 Dzharfarova, RIK, Shchukin, VB, Ilyasova, NV. (2017). Vliyanie regulyatorov rosta naposevnye kachestva semyan i morfofiziologicheskie pokazateli rastenii nuta v nachalnyi period ikh rosta i razvitiya. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 5(67), 67-70.

18 Babaitseva, TA, Slyusarenko, VV. (2018). Vliyanie predposevnoi obrabotki semyan narannie rostovye protsessy ozimoi tritikale. *Vestnik Izhevskoi gosudarstvennoi selskokhozyaistvennoi akademii*, 1, 18-25.

19 Sobchuk, NA, Chmeleva, SI. (2015). Vliyanie preparate Tsirkon na prorstanie semyan kukuruzy (*Zea mays* L.). *Ecosistemy*, 4(34), 45-51.

20 Bukharova, AR, Khlusov, VN, Kolesova, EA, Dadashova, K. (2022). Vliyanie regulyatorov rosta oazimoipshenitsynaposevnyekachestvasemyan. *Vestnik Rossiiskogo gosudarstvennogo agrarnogo zaochnogo universiteta*, 41(46), 12.

Өсу стимуляторларының препараттарының майлы зығырдың өскін мүшелеріне әсері

Тезекбаева А.Е., Шестакова Н.А., Накл J.

Түйін

Алғышарттар мен мақсат. Тұқымның тыныштық күйінен өніп шығуға көшуі оның метаболикалық жағдайына байланысты, яғни бұл кезде ынталандырушы фактор әсер етіп, тұқым сол әсерге жауап бере алады. Тұқымның сыртқы әсерге реакциясы ең алдымен өскін мүшелерінен байқалады. Онтогенездің алғашқы кезеңдерінде өскін мүшелерінің белсенділігін және даму қуатын талдай отырып, қолданылған өсу стимуляторларының тиімділігін бағалауға болады. Қазіргі уақытта майлы зығырдың өсуі мен дамуын реттеуде өсу стимуляторларының ролін түсіну бойынша шектеулі зерттеулер жүргізілуде, бұл дақылдың генетикалық әлеуетін толық ашу үшін маңызды. Сондықтан өсімдік организміне әсер ету әдістерін іздеу және өнімділікті арттыру мақсатында стимуляторларды іріктеу өзекті мәселелердің бірі болып отыр.

Материалдар мен әдістер. Зерттеу майлы зығырдың (*Linum usitatissimum* L.) тұқымдарына өсу стимуляторларының өскін мүшелеріне әсерін зерттеу мақсатында жүргізілді. Тұқымдар Петри табақшаларында сүзгі қағаздың үстіне салынды және өсу стимуляторларымен өңделді: Мегамикс тұқым (2 л/т), Экобиосфера (0,75 л/т), Микориза (7,5 г/т), Альбит (60 мл/т), Лигногумат (100 г/т). Бақылау ретінде дистилденген сумен өңделген тұқымдар пайдаланылды.

Нәтижелер. Майлы зығыр тұқымдарының сапалық көрсеткіштерінің барлық өңдеу нұсқаларында бақылаумен салыстырғанда жақсарғаны байқалды. Экобиосфера және Мегамикс тұқым препараттарымен өңделген тұқымдардың біркелкі өнуі артып, сәйкесінше күніне 14,2 және 12,3 тұқымды құрады, бұл бақылау нұсқасынан 3,9-2,3 тұқымға артық. Бақылау тобында өну энергиясы өсу стимуляторларымен өңделген үлгілерден 6-7%-ға төмен болды, ал зертханалық өну қабілеті 5-6%-ға жоғары болды. Өскін мен тамырлардың орташа ұзындығының салыстырмалы бағасы Мегамикс тұқым және Экобиосфера препараттарымен өңделген зығыр тұқымдарының өскіндері мен тамырларының ең үлкен ұзындыққа жеткенін көрсетті. Өскіндердің ұзындығы 6,5–7,2 см болып, бақылаудан 1,2–1,9 см ұзын болды, ал тамыр ұзындығы 7,0–8,0 см жетіп, бақылау нұсқасынан 0,9–1,9 см ұзын болды. Өсу стимуляторларымен өңделген тұқымдардағы метаболкалық процестердің белсенділігі артқан, бұл негізгі өну кезеңдерінің ұзақтығын қысқартуға мүмкіндік берген.

Қорытынды. Алынған нәтижелерге сүйене отырып, өсу стимуляторларын қолдану тұқымның ісіну дәрежесін, өну жылдамдығын, тамыр жүйесі мен өскіннің ұзындығын айтарлықтай жақсартатыны туралы қорытынды жасауға болады. Оларды қолдану өну жылдамдығын арттырып қана қоймай, сонымен қатар майлы зығырдың сапалық көрсеткіштерін тиімді жақсартып, өнімділікті арттыруға мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: майлы зығыр; өсу стимуляторлары; өскін мүшелері; тұқым себу алдындағы өңдеу.

The effect of growth stimulants on the organs of oilseed flax seedlings

Ainash Tezekbayeva, Nina Shestakova, Josef Hakl

Abstract

Background and Aim. The transition of seeds from dormancy to germination is determined by their metabolic state, where a stimulating factor can exert influence, and the seed can respond to it. The seed's response to exogenous factors is primarily reflected in the organs of the seedling. In the early stages of ontogenesis, analyzing seedling organs (their activity and growth potential) allows researchers to evaluate the effectiveness of growth-promoting agents. Currently, limited re-search has been conducted on understanding the role of growth stimulants in regulating the growth and development of oil flax to more fully realize the genetic potential of the crop. Therefore, finding ways to influence plant organisms and selecting stimulants to enhance productivity is highly relevant.

Materials and Methods. The study was conducted on oil flax seeds (*Linum usitatissimum* L.) to examine the effects of growth stimulants on seedling organs. Seeds were placed on filter paper in Petri dishes and treated with various growth-promoting agents: Megamix Seeds (2 L/t), Ecobiosphere (0.75 L/t), Mycorrhiza (7.5 g/t), Albit (60 ml/t), and Lignohumate (100 g/t). Control seeds were treated with distilled water.

Results. An improvement in the quality characteristics of oil flax seeds was observed across all treated groups compared to the control. Treatment with Ecobiosphere and Megamix Seeds enhanced seed germination synchronization, achieving 14.2 and 12.3 seeds per day, respectively, surpassing the control by 3.9-2.3 seeds per day. Germination energy in the control group was 6–7% lower than in the samples treated with growth stimulants, while laboratory germination was 5-6% higher in the treated groups. Comparative assessment of the average lengths of seedlings and roots showed that treatment with Megamix Seeds and Ecobiosphere resulted in the maximum seedling and root lengths, measuring 6.5-7.2 cm (1.2-1.9 cm longer than the control) for seedlings and 7.0-8.0 cm (0.9-1.9 cm longer than the control) for roots, respectively. Treatment with growth-promoting agents activated metabolic processes in germinating seeds, leading to a reduction in the duration of key germination stages.

Conclusion. Based on these results, it can be concluded that the use of growth-promoting agents significantly improved seed swelling, germination rate, root system length, and seedling length. Their application not only accelerates germination but also effectively enhances the quality characteristics of oil flax and increases its yield potential.

Keywords: oilseed flax; growth stimulants; germination organs; pre-sowing seed treatment.