

ВЛИЯНИЕ КОРОТКИХ ПЕПТИДОВ НА ВСХОЖЕСТЬ, ЭНЕРГИЮ И ИНТЕНСИВНОСТЬ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ

**О.А. Жарких, к.б.н., В.И. Трухачев, ак. РАН, Е.М. Ефанова, И.И. Серегина, д.б.н.,
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д.49
e-mail: o.a.zharkikh@rgau-msha.ru**

**Работа выполнена за счет средств Программы развития университета
в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».**

Применение пептидных препаратов - одно из актуальных направлений в современном сельском хозяйстве. Данные препараты могут быть использованы для повышения эффективности предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур. Представлены результаты лабораторного опыта, направленного на изучение влияния комплекса коротких пептидов АС-3 (глутаминовая кислота, аспарагиновая кислота, лейцин) на всхожесть семян мягкой яровой пшеницы сорта Радмира и интенсивность их прорастания. Максимальные значения энергии прорастания (90%, на контроле 70%) и всхожести семян (97%, на контроле 79%) получены в вариантах с обработкой семян комплексом коротких пептидов в концентрациях $1 \cdot 10^{-11}$ и $1 \cdot 10^{-12}$ г/л. По совокупности максимальных значений показателей качества семян и морфометрических характеристик проростков мягкой яровой пшеницы сорта Радмира (длина корней и ростков, выход сырой биомассы, сухая масса ростков и сухая масса корней) установлена оптимальная концентрация комплекса коротких пептидов для предпосевной обработки семян – $1 \cdot 10^{-12}$ г/л.

Ключевые слова: яровая пшеница, комплекс коротких пептидов, всхожесть семян, энергия прорастания.

Для цитирования: Жарких О.А., Трухачев В.И., Ефанова Е.М., Серегина И.И. Влияние коротких пептидов на всхожесть, энергию и интенсивность прорастания семян пшеницы// Плодородие. – 2024. - №3. – С. 80-83.
DOI: 10.24412/1994-8603-2024-3138-80-83. EDN: QOPJTO.

Проведение лабораторных исследований для определения всхожести и интенсивности прорастания семян является ключевым этапом в растениеводстве, поскольку оно обеспечивает начало роста и развития растений. Однако в некоторых случаях семена не способны успешно прорасти, что может быть вызвано различными факторами, включая стрессовые условия и заболевания.

В последние годы применение коротких пептидов для улучшения роста и развития растений представляет большой интерес и является перспективной областью исследований. Все большее внимание уделяют возможности использования коротких пептидов для стимуляции прорастания семян, поскольку они являются эффективными биостимуляторами, способными повысить прорастание семян [2, 8].

Короткие пептиды – это биоактивные молекулы, состоящие из 2-50 аминокислотных остатков, которые выполняют разнообразные функции в растениях, включая сигнальные, регуляторные и защитные. Они способны модулировать различные физиологические и биохимические процессы, осуществляя контроль над ростом, развитием и адаптацией растений [9].

Исследования показали, что некоторые короткие пептиды могут значительно повысить способность семян к прорастанию. Например, один из таких пептидов, называемых «прорастающим фактором», был выделен из семян растений. Обнаружено, что он способен стимулировать прорастание семян многих культурных и декоративных растений. Применение этого пептида позволяет существенно сократить время, необходимое для прорастания семян, а также увеличить успешное прорастание [10].

Использование коротких пептидов при прорастании семян демонстрирует ряд положительных эффектов

на растения. Они помогают ускорить и активировать прорастание, увеличивая образование корней и побегов, а также способствуя развитию первичной стеблевой оси. Кроме того, короткие пептиды усиливают обмен веществ и улучшают питательный статус растений. Механизмы действия коротких пептидов на прорастание семян изучены не полностью, однако существует мнение, что они влияют на различные биологические процессы. Некоторые исследования указывают на то, что короткие пептиды взаимодействуют с рецепторами на поверхности клеток семени, инициируя специфические сигнальные пути и активируя гены, отвечающие за прорастание. Кроме того, они могут вызывать усиление синтеза гиббереллинов – растительных гормонов, ответственных за рост и развитие растений [3].

Как показывают исследования, применение коротких пептидов может привести к увеличению урожайности некоторых сельскохозяйственных культур, включая пшеницу, кукурузу, сою и рис. Они также способствуют повышению содержания полезных микроэлементов и улучшению хранения продукции [1, 6].

Яровая пшеница играет важную роль в сельском хозяйстве и продовольственной безопасности. Она может использоваться для производства множества продуктов: хлеб, макароны, крупы, а также в производстве кормов для животных и в пивоварении. Использование яровой пшеницы для различных целей позволяет разнообразить продукцию и удовлетворить потребности рынка. Ее способность адаптироваться к различным условиям и широкий спектр применения делают ее ценным ресурсом для сельского хозяйства и пищевой промышленности. Чтобы удовлетворить будущие потребности, мировое производство пшеницы должно увеличиваться примерно на 2% в год. Но поскольку потенциал увеличения пахотных земель в мире ограничен, в будущем увеличе-

ние производства пшеницы должно быть достигнуто за счет повышения урожайности на уже используемых землях [4, 5, 7]. Этого можно добиться благодаря применению пептидных комплексов, поскольку аминокислоты, выступающие в качестве биостимулятора, играют важную роль в интенсивности прорастания и успешном развитии растений.

Аминокислоты хороши для перехода к высокопродуктивному и экологически безопасному хозяйству, разработки и внедрения систем рационального применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений. Данная тематика соответствует приоритетному направлению стратегии НТР РФ и позволят применять пептидные комплексы в органическом сельском хозяйстве.

Однако, для более глубокого понимания молекулярных механизмов действия и оптимальных концентраций пептидов для разных видов культурных растений необходимы дополнительные исследования. В будущем, применение коротких пептидов может стать одной из ключевых методик в сельском хозяйстве и облегчить прорастание семян при выращивании культурных растений.

Цель исследований – изучить влияние комплекса коротких пептидов на всхожесть семян и морфометрические параметры проростков мягкой яровой пшеницы, а также установить его оптимальную концентрацию для предпосевной обработки семян.

Методика. Исследования и оценку влияния пептидного препарата на ранние стадии роста и развития проростков пшеницы проводили в лаборатории пептидных технологий на базе РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева.

В качестве объекта исследований использовали среднеспелый сорт мягкой яровой пшеницы Радмира. Семена произведены в ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (Московская обл.).

Препарат Ovagen Lingual представляет собой комплекс коротких пептидов АС-3 (глутаминовая кислота, аспарагиновая кислота, лейцин), относится к классу цитогены (данную группу препаратов также именуют синтетическими пептидными биорегуляторами). Цитогены получают из естественных аминокислот, что приводит к образованию копии наиболее активного фрагмента пептида из всего комплекса, содержащегося в экстракте, т. е. сокращенной молекулы. Данный препарат разработан в Санкт-Петербургском институте биорегуляции и геронтологии.

Глутаминовая кислота выступает эффективным комплексоном (хелатирующим агентом) и является одним из основных метаболитов в растительных клетках и может служить источником энергии для прорастания семян. Она способствует активации ферментов, участвующих в метаболических процессах (гликолиз, цикл Кребса и дыхательная цепь), росту корней за счет активации ростовых факторов и стимуляции клеточного деления, что является важным элементом успешного прорастания семян. Глутаминовая кислота также участвует в регуляции различных физиологических процессов, таких как фотосинтез, фотопериодизм и метаболизм азота. Она может улучшать эффективность фотосинтетического процесса и способствовать более эффективной фиксации азота, что, в свою очередь, повышает качество прорастающих семян и ускоряет их рост. Активирует синтез антиоксидантов, полифенолов и других веществ,

которые помогают растениям бороться с вредителями и болезнями [6].

Аспарагиновая кислота (аспарагин), подобно глутаминовой, также является важным источником азота для растений, необходимым для синтеза белков и нуклеиновых кислот. Аминокислоты, полученные из аспарагиновой кислоты, используются для строительства новых клеток и тканей растений. Кроме того, аспарагиновая кислота играет важную роль в обмене веществ растений: она участвует в регуляции обмена углеводов, ускоряет синтез фитогормонов, таких как гиббереллины, которые способствуют прорастанию семян. Поэтому, аспарагиновая кислота помогает стимулировать процессы прорастания семян и способствует быстрому и здоровому росту растений [10].

Лейцин, в отличие от глутаминовой и аспарагиновой кислот, является одной из ветвистых аминокислот. В растениях лейцин играет важную роль в синтезе протеинов, а также участвует в регуляции биологически активных веществ, таких как гормоны роста и стресса. Лейцин также влияет на развитие корневой системы растений и способствует более эффективному поглощению питательных веществ из почвы, повышает устойчивость растений в условиях засухи, помогает растениям преодолеть солевой стресс [9].

Для решения поставленной цели было проведено четыре лабораторных исследования в контролируемых условиях фитотронной установки. Изучаемый препарат, представляющий собой трипептид АС-3, использовали путем предпосевной обработки семян яровой пшеницы.

Семена проращивали в чашках Петри диаметром 95 мм на фильтровальной бумаге в климатической камере постоянных условий с программным управлением (Binder KBW 720) при температуре 21°C и постоянной влажности 60%. В каждую чашку раскладывали по 50 семян, обработанных дистиллированной водой (контрольный вариант) или растворами комплекса коротких аминокислот в концентрациях $1 \cdot 10^{-8}$, $1 \cdot 10^{-13}$ и $1 \cdot 10^{-15}$ г/л (опытные варианты). Экспозиция обработки семян – 1 ч. Повторность опыта – 4-кратная.

Определяли характеристики прорастания семян: энергию прорастания на 3-и сутки и всхожесть семян на 7-е сутки (ГОСТ 12038- 84). Всхожими семенами считали те, которые имели нормально развитый корешок и росток. При этом главный корешок должен быть не короче самого семени, а росток – половины семени. Кроме того, была измерена интенсивность прорастания семян по длине ростков и корешков. Выход сырой биомассы, сухую массу проростков и сухую массу корней определяли с использованием аналитических весов.

Статистическую обработку результатов исследований проводили согласно общепринятым методикам [10].

Результаты и их обсуждение. Предпосевная обработка семян препаратами регуляторного действия улучшает их всхожесть и, вероятно, стимулирует запуск метаболических процессов и способствует активации ферментов, необходимых для прорастания семян. Исследования показывают, что определенные аминокислоты, такие как глицин, лейцин, пролин, глутаминовая кислота и др., способствуют прорастанию семян и увеличивают их энергию прорастания [2,11].

В исследованиях для предпосевной обработки семян использовали трипептид АС-3, в состав которого входят глутаминовая, аспарагиновая кислота и лейцин.

На рисунке продемонстрировано, что применение комплекса коротких пептидов АС-3 оказало положительное влияние на энергию прорастания и всхожесть семян при всех испытанных концентрациях. При обработке семян комплексом аминокислот во всех вариантах опыта энергия прорастания была выше, кроме варианта обработки семян раствором концентрацией $1 \cdot 10^{-8}$ г/л,

значение на уровне контроля - 70%. Необходимо отметить, что величина рассматриваемых показателей значительно менялась в зависимости от концентрации препарата. Наибольшая энергия прорастания наблюдалась при обработке семян комплексом коротких пептидов концентрациями $1 \cdot 10^{-11}$ и $1 \cdot 10^{-12}$ г/л. Эти значения были выше на 25,7 и 22,7 % относительно контроля.

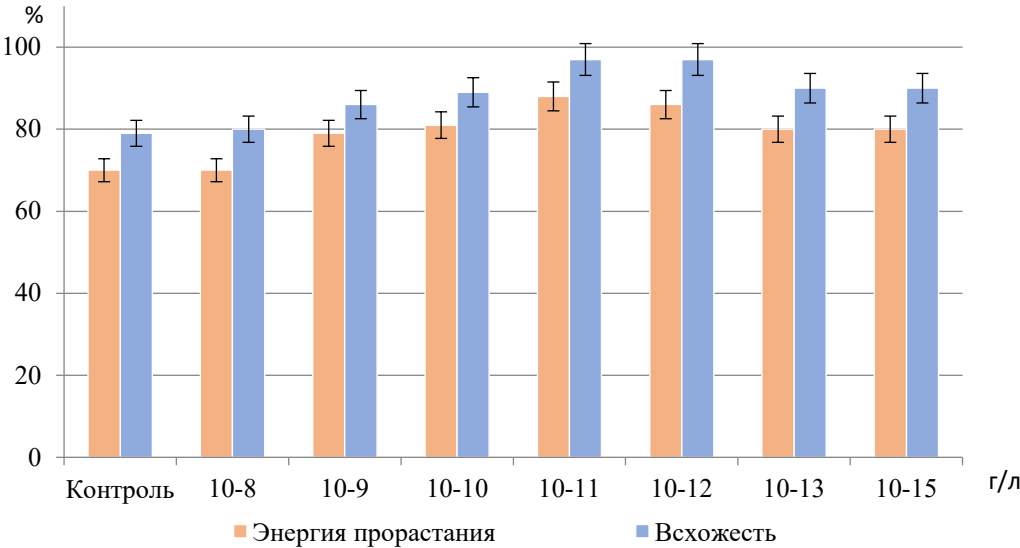


Рис. Влияние различных концентраций комплекса коротких пептидов на прорастание семян мягкой яровой пшеницы (средние данные за четыре эксперимента)

Самая высокая всхожесть семян также наблюдалась в вариантах с обработками семян раствором концентрацией $1 \cdot 10^{-11}$ и $1 \cdot 10^{-12}$ г/л и составила 97%, что на 28,7 % больше контроля (79%). Всхожесть семян при применении комплекса коротких пептидов в более низких ($1 \cdot 10^{-13}$ и $1 \cdot 10^{-15}$ г/л) и более высоких ($1 \cdot 10^{-9}$ и $1 \cdot 10^{-10}$ г/л) концентрациях, в среднем на 12,7-13,9% выше относительно контрольного варианта. Обработка семян в самой высокой концентрации ($1 \cdot 10^{-8}$ г/л) не показала значимую разницу по сравнению с вариантом без обработки, всхожесть составила 80%.

Обработка семян комплексом коротких пептидов усилила интенсивность прорастания семян, оказав положительное влияние на морфометрические показатели проростков мягкой яровой пшеницы сорта Радмира по всем вариантам опыта (табл.).

Влияние различных концентраций комплекса коротких пептидов на морфометрические показатели проростков мягкой яровой пшеницы (средние данные за четыре эксперимента)

Концентрация при обработке семян, г/л	Средняя длина, мм		Общая масса проростков, г			
	ростков	корешков	ростков		корешков	
			сырая	сухая	сырая	сухая
Контроль (б/о)	59,30	83,85	1,25	0,11	0,93	0,15
10^{-8}	60,68	84,55	1,40	0,13	1,04	0,17
10^{-9}	64,90	94,00	1,48	0,14	1,05	0,18
10^{-10}	69,53	96,15	1,52	0,14	1,08	0,19
10^{-11}	79,75	109,10	1,65	0,16	1,15	0,22
10^{-12}	84,90	110,70	1,69	0,19	1,17	0,25
10^{-13}	76,00	100,10	1,51	0,15	1,09	0,19
10^{-15}	78,58	102,25	1,58	0,15	1,08	0,19
НСР ₀₅	3,59	4,88	0,07	0,01	0,05	0,01

Анализ данных таблицы показывает, что применению комплекса коротких пептидов с различными

концентрациями способствует повышению морфометрических показателей по сравнению с вариантом без обработки.

К концу эксперимента наилучший эффект наблюдался у проростков, семена которых обработаны препаратом в концентрациях $1 \cdot 10^{-11}$ и $1 \cdot 10^{-12}$ г/л. Однако достоверной разницы при использовании этих концентраций не было.

Данные таблицы показывают, что применение комплекса аминокислот существенно влияет не только на морфометрические показатели, но и на биомассу проростков пшеницы. Наибольшую прибавку сырой массы ростков (35,2 %) и корешков (25 %) также обеспечила обработка семян раствором концентрацией $1 \cdot 10^{-12}$ г/л.

Накопление сухой биомассы проростков является показателем эффективности использования запасов эндосперма на формирование первичных морфоструктур. Партия семян с более высоким прорастанием и более высокими значениями сухой массы считается партией с большей силой.

При обработке семян комплексом коротких пептидов АС-3 раствором концентрацией $1 \cdot 10^{-12}$ г/л также наблюдались максимальные значения сухой массы ростков и корней, по сравнению с контрольным вариантом.

Закключение. Результаты проведенных исследований показывают, что различные концентрации препарата Ovagen Lingual, который представляет собой комплекс коротких пептидов АС-3, оказывают положительное влияние на прорастание семян яровой пшеницы сорта Радмира. Установлено, что наибольшие концентрации комплекса коротких пептидов статистически не отличаются от контрольного варианта, тогда как концентрации $1 \cdot 10^{-11}$ и $1 \cdot 10^{-12}$ г/л способствовали увеличению показателей лабораторной всхожести семян и морфометрических показателей проростков. Наиболее высокие результаты

отмечены при применении препарата Ovagen Lingual в концентрации $1 \cdot 10^{-12}$ г/л.

Проведенные исследования позволили выявить оптимальную концентрацию нового препарата, действие которого оценивается как стимулирующее на начальных этапах развития растений яровой пшеницы и дают возможность рекомендовать проведение дальнейших экспериментов в условиях вегетационных и полевых опытов при расширении перечня сельскохозяйственных культур. Применение препаратов, содержащих короткие пептиды, может быть рекомендовано в качестве стимуляторов роста при выращивании яровых зерновых, а в дальнейшем для включения в технологии выращивания других сельскохозяйственных культур в АПК.

Литература

1. Асеева Т.А., Хавинсон В.Х., Миронова Е.С., Рыжак Г.А., Селезнева Н.А., Федорова Т.Н. Влияние коротких пептидов на рост и урожайность сои // Юг России: экология, развитие. – 2022. – Т. 17. – № 2 (63). – С. 122-129.
2. Вознесенская Т.Ю., Шаповал О.А. Влияние обработки семян комплексом аминокислот с микроэлементами на всхожесть, энергию и интенсивность прорастания // Плодородие. – 2020. – 5 (116). – С. 33-36.
3. Филицова Г.Г., Варакса Т.С., Соколов Ю.А., Юрин В.М. Действие пептидного элиситора GmPep890 на физиолого-биохимические показатели проростков растений сои в технологии выращивания яровой пшеницы на дерново-подзолистой почве // Труды Белорусского государственного университета. Серия: Физиологические, биохимические

и молекулярные основы функционирования биосистем. – 2015. – Т. 10. – № 1. – С. 75-81.

4. Демиденко Г.А. Морфометрические особенности проростков семян разных сортов яровой пшеницы при использовании азотных удобрений // Вестник КрасГАУ. – 2020. – №6. – С. 20-27.
5. Ефанова Е.М., Дмитриевская И.И. Новый регулятор роста растений в технологии выращивания яровой пшеницы на дерново-подзолистой почве // Агрохимический вестник. – 2023. – № 2. – С. 48-52.
6. Петухов Д.В., Измestьев Е.С., Сазанов А.В., Зайцев М.А., Товстик Е.В. Применение аминокислот и их хелатных комплексов с микроэлементами в питании растений (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. – 2022. – №1. – С. 167-174.
7. Сычев В.Г., Серегина И.И., Белопухов С.Л., Дмитриевская И.И. и др. Роль циркона в регулировании продукционного процесса сортов яровой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36. – № 6. – С. 42-46.
8. Sowmya R. S., Vishal G. Warke, Girish B. Mahajan, Uday S. Annappure. Effect of amino acids on growth, elemental content, functional groups, and essential oils composition on hydroponically cultivated coriander under different conditions // Industrial crops and products. 2023; 197: 116577. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116577>.
9. Popko M, Michalak I, Wilk R, Gramza M, Chojnacka K, Górecki H. Effect of the new plant growth biostimulants based on amino acids on yield and grain quality of winter wheat. // Molecules. 2018; 23(2):470. <https://doi.org/10.3390/molecules23020470>.
10. Кобзаренко В.И., Волобуева В.Ф., Серегина И.И., Рододина Л.В. Агрохимические методы исследований: Учебник – М.: РГАУ-МСХА, 2015. – 309 с.
11. Božilović, B.; Nikolić, B.; Waisi, H.; Trifković, J.; Dodevski, V.; Janković, B.; Krstić, S.; Mojović, M. Influence of 24-epibrassinolide on the energetic parameters and early stages of growth and development in seedlings of two maize (Zea mays L.) genotypes. // Agronomy. 2023; 13: 1673. <https://doi.org/10.3390/agronomy13071673>.

EFFECT OF SHORT PEPTIDES ON GERMINATION, ENERGY AND INTENSITY OF GERMINATION OF WHEAT SEEDS

O.A. Zharkikh¹, V.I. Trukhachev², E.M. Efanova³, I.I. Seregina⁴

¹ Zharkikh Olga Andreevna, Ph.D. (Biology), associate professor of the department of chemistry Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,

² Trukhachev Vladimir Ivanovich, professor, academician of the Russian Academy of sciences, Dr.Sci.(Agriculture), rector Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev

³ Efanova Evgeniya Mikhailovna, assistant of the department of chemistry, postgraduate student Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,

⁴ Seregina Inga Ivanovna, professor, Dr.Sci.(Biology), professor of the department of agronomic, biological chemistry and radiology Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,

The use of peptide preparations is one of the current trends in modern agriculture. These preparations can be used to increase the efficiency of sowing treatment of seeds of agricultural crops. The article presents the results of a laboratory experiment aimed at studying the effect of a complex of short peptides AC-3 (glutamic acid, aspartic acid, leucine) on seed germination and morphometric parameters of seedlings of soft spring wheat (*Triticum aestivum* L.) - Radmira variety. The maximum values of germination energy (90%, 70% at the control) and seed germination (97%, 79% at the control) were obtained when seeds were treated with a complex of short peptides at concentrations of $1 \cdot 10^{-11}$ and $1 \cdot 10^{-12}$ g/l. According to the totality of the maximum values of seed quality indicators and morphometric characteristics of seedlings of soft spring wheat Radmira variety (length of roots and sprouts, yield of raw biomass, dry weight of seedlings and dry weight of roots, optimal concentrations of a complex of short peptides for pre-sowing seed treatment - $1 \cdot 10^{-12}$ g/l are established.

УДК 631.87:631.452

EDN: RXLVSU

DOI: 10.24412/1994-8603-2024-3138-83-86

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И ПЛОДОРОДИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ В УСОВЕРШЕНСТВОВАННОМ СЕВООБОРОТЕ

Л.В. Тиранова, к.с.-х.н., Новгородский НИИСХ – филиал СПб ФИЦ РАН
173516, Новгородская обл., Новгородский р-он, п/о Борки, ул. Парковая, д. 2.
E-mail: tiranova.zevs1954@yandex.ru.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук – филиал Новгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» (тема № 0681-2019-0001, рег. № НИОКТР АААА-А19-119082290041-7).

В условиях Новгородской области на дерново-подзолистой почве в пятипольном севообороте изучали влияние трёх способов применения Азотовита и Фосфатовита совместно с минеральными и органическими удобрениями
Плодородие №3•2024