

МУНИЦИПАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ГИМНАЗИЯ № 30»  
г. Иваново

**ВЛИЯНИЕ ПЛАЗМЕННО-АКТИВИРОВАННОГО  
ХИТОЗАНА НА РОСТ И РАЗВИТИЕ СЕМЯН ГОРОХА**

**Автор:**

Гуркина Анастасия, 11 класс  
МБОУ «Гимназия №30» г. Иваново

**Научный руководитель:**

Наумова Ирина Константиновна,  
кандидат химических наук

2024 г.

## Содержание

<b>Введение .....</b>	<b>3</b>
<b>Цель и задачи .....</b>	<b>3</b>
<b>Обзор литературы .....</b>	<b>4</b>
<b>Материалы.....</b>	<b>5</b>
<b>Методики экспериментов .....</b>	<b>5</b>
<b>Результаты эксперимента.....</b>	<b>7</b>
<b>Заключение .....</b>	<b>13</b>
<b>Литература.....</b>	<b>15</b>

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность и значимость темы** - на сегодняшний день плазмоактивированные растворы популярны в агрономии и медицине. Они являются основой для наукоемких и экологически безопасных технологий. Использование растворов, активированных плазмой, сильно снижает нагрузку на окружающую среду, ведь с помощью нее можно провести реакции без использования растворителей и воды.

В природе можно встретить большое количество веществ, обладающих фитостимулирующим действием, в том числе хитозан. На данный момент работ, посвященных этому вопросу, недостаточно.

В опубликованных работах [2,10], указано, что высокомолекулярный хитозан практически не растворим в воде, но его водорастворимые производные (хитоолигосахариды) с молекулярной массой  $M \leq 10$  кДа стимулируют развитие сельскохозяйственных растений, усиливают биохимические механизмы их защиты от патогенных микроорганизмов и повышают устойчивость к неблагоприятным факторам среды. Получить низкомолекулярные производные хитозана можно с помощью обработки его порошка в электронно-пучковой плазме [12;13]. В работах описано фитостимулирующее действие плазмы - активированного хитозана. [5,8,11,12,13]

В работах иностранных авторов [1,2,3] и ученых ФГБОУ ИвГУ [19,20] было показано действие плазмо-активированного хитозана с концентрацией 0,02%. Нам стало интересно, обладают ли более низкие концентрации фитостимулирующим действием, что в конечном итоге может привести как к снижению экологического воздействия на окружающую природную среду, так и к повышению экономической эффективности к применению данного раствора.

**Цель данного проекта** - изучить различие между фитостимулирующим ростом растений плазмо-активированным хитозаном в разных концентрациях.

**Конечный продукт** - статья, рекомендации по использованию плазмо-активированного хитозана.

**Реализация** – публикация статьи, участие в конкурсах.

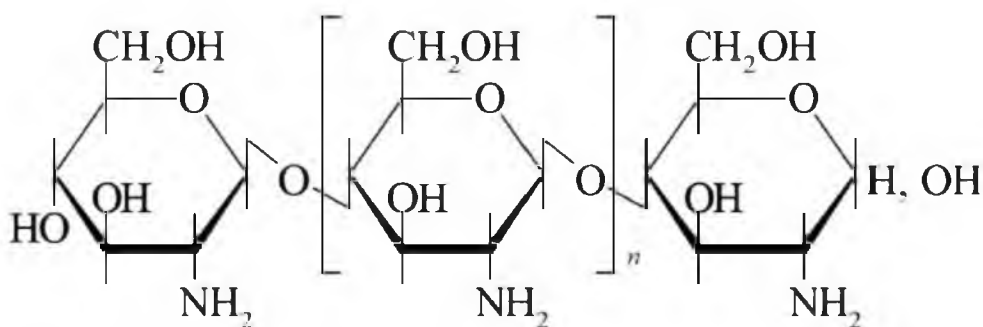
**Нулевая гипотеза** – плазмо-активированный хитозан не обладает фитостимулирующим действием на прорастание семян гороха.

Так как нулевая гипотеза предполагает отсутствие различия и связи между результатами опытов, мы выдвигаем альтернативную гипотезу (постараемся показать несостоятельность нулевой гипотезы) – плазмо-активированный хитозан в концентрации 0,06% обладает фитостимулирующим действием на прорастание семян гороха.

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Одной из целей большого количества сельскохозяйственного производства является получение высококачественной продукции. Для этой цели применяются различные виды удобрений, стимуляторов роста, пестицидов и протравителей. В настоящее время особую популярность приобретают фитостимуляторы роста нового поколения. Примером могут служить биополимеры, в том числе хитозан и его производные.

Хитозан является уникальным биополимером, получаемым дезацетилированием природного биополимера – хитина, основными источниками которого являются ракообразные, грибы и насекомые [4,6,7,9,14,24]



**Рис. 1** . Строение хитозана

Хитозан является вторым по распространенности биополимером после целлюлозы содержится в панцирях ракообразных, кутикулах насекомых, а так же клеточных стенках грибов. Уникальные физиологические и биологические свойства хитозана используются в различных производствах, в том числе в фармакологии, медицине и сельском хозяйстве [18].

В исследованиях [19,20] показано, что хитозан положительно влияет на прорастание семян.

Установлено, что использование хитозана позволяет увеличивать содержание хлорофилла и растворимого белка в растении, смягчает последствия солевого стресса, улучшает реакцию растений на абиотический стресс, что приводит к повышению устойчивости к болезням [18].

Нерастворимость биополимера и его низкая биодоступность резко ограничивает его использование в фитостимулирующих сельскохозяйственном производстве. Для получения производных традиционно используют химические реагенты высокой концентрации, что является отрицательным фактором воздействия на окружающую среду. Экологически безопасным методом является использование плазмохимической деструкции хитозана. Образующиеся при этом водорастворимые фракции, обладают фитостимулирующим действием.

Повышенные требования к качеству препаратов, их безвредности, способности биodeградировать в окружающей среде приводят к востребованности экологически безопасных фитостимулирующих средств. В работах [21,22]

установлено, высокие ростостимулирующие свойства хитозана. Так же отмечается его совместимость с органическими и микробиологическими аналогами, усиливает и пролонгирует их действие, оставаясь безопасным для растений, почвы и человека.

Эффективность воздействия хитозана на растения связана с его составом и свойствами – молекулярной массой, наличием примесей, степенью замещения и другими. Чем ниже молекулярная масса полимера, тем легче он проникает в ядра клеток растений, способствуя ускорению морфогенеза, накоплению фитоалексинов и хитиназ, вызывая ускорение роста и повышенную устойчивость к фитопатогенам [1,15].

## МАТЕРИАЛЫ

Плазмоактивированный хитозан разной концентрации, изготовленный в лаборатории на базе ИВГУ;

Семена гороха «Александра», фирма «Седек».

## МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Плазменно-активированный хитозан готовили в лаборатории Химия гибридных наноматериалов и супрамолекулярных систем ИХР РАН г. Иваново.



Рис. 2. «Подводный» разряд.

Схемы установок показаны на рис. 2. В экспериментах использовали газовый разряд, контактирующий с раствором хитозана. Этот тип разряда (так называемый «подводный» разряд) генерировали, подавая переменное напряжение (2 кВ,  $f = 50$  Гц) на графитовые электроды диаметром 6 мм, помещенные в напряжение стеклянные трубки и погруженные в суспензию, как показано на рис. 2. Ток замыкался через торцы электродов, не закрытые стеклом. Разряд возникал в парогазовых пузырьках, которые формировались у торцов электродов за счет окислительно-восстановительных процессов и перегрева жидкости.

Частоту и длительность разрядных импульсов, амплитудные и средние значения тока и напряжения, а также рассеиваемую мощность определяли по осциллограммам тока и напряжения на электродах, которые регистрировали с помощью цифрового осциллографа OWON PDS 5022C и многоканального аналого-цифрового преобразователя «Measurement minilab 1008».

Исходным материалом являлся хитозан (поли[(1→4)-2-амино-2-дезоксид-β-

D-глюкозу]) производства ЗАО «Биопрогресс» (Россия) с исходной молекулярной массой 195 кДа и степенью дезацетилирования 0,82. Суспензии обрабатывали разрядами в течение 4 – 20 минут при постоянном перемешивании магнитной мешалкой.

Отфильтрованный хитозан высушивали в термостате при температуре 40<sup>0</sup>С. до постоянной массы. Разницу масс исходной после обработки в термостате при температуре 40 навески и сухого нерастворимого хитозана после обработки ( $mws = m_0 - m_t$ ) рассматривали как суммарную массу всех полученных водорастворимых продуктов. Выходы продуктов рассчитывали по соотношению  $Y_{ws} = (mws/m_0) \times 100$  (%). [19]

Всхожесть семян определяли по методике, описанной в [16].

Лабораторную всхожесть определяли, проращивая семена в чашках Петри при комнатной температуре на фильтровальной бумаге, увлажненной суспензией хитозана подвергнутой газоразрядной обработки в концентрации 0,12% и 0,06%. Для разведения первоначального раствора хитозана с концентрацией 0,63% использовали дистиллированную воду.

Наблюдали за появлением и последующим развитием ростков, измеряя длину корней и стеблей.

При анализе грунтовой всхожести оценивали длину ростков путем измерения, высушенную массу высушивали для определения концентрации хлорофилла в исследуемых образцах.

В качестве объекта исследования использовался семена гороха «Александрия».

В каждой в каждой исследуемой группе использовалось по 30 семян.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

В ходе наших экспериментов было показано стимулирующее действие в растворах с плазменно – активированным хитозаном (с концентрациями 0,06% и 0,12%) по сравнению с фильтрованной водопроводной водой.

Работа проводилась в 2 этапа.

**На первом этапе** оценивали энергию прорастания, лабораторную всхожесть и скорость прорастания семян гороха под действием плазменно- активированного раствора хитозана с концентрациями 0,06% и 0,12%. Лабораторная всхожесть дает представление о реальной возможности получения всходов растений в поле.

Согласно ГОСТу 12038-84 [17], всхожесть показывает способность семян давать нормально развитые проростки за определенный срок (предусмотренный для каждой культуры) при оптимальных условиях проращивания. Процент всхожести устанавливают отношением нормально проросших семян к общему их количеству, взятому для проращивания. Энергия прорастания характеризует дружность прорастания семян, т.е. количество семян, нормально проросших за более короткий срок, установленный для каждой культуры. Однако данные, получаемые при оценке энергии прорастания, не всегда достаточно полно характеризуют качество семян. Так, согласно справочным данным, энергия прорастания семян гороха оценивается на 3 день, а всхожесть – на 6 день после замачивания. Поскольку на проращивание семян гороха влияет множество факторов, интенсивность проращивания оценивалась нами ежедневно для получения большей информации.

Результаты исследований влияния плазменно-активированного раствора хитозана на всхожесть семян гороха представлены далее.

На фотографиях (рис. 3), графиках (рис.6) и таблице 1 представлены результаты прорастания семян гороха. Эксперименты показали, что энергия прорастания, скорость проращивания и лабораторная всхожесть гороха повышаются при использовании раствора с плазменно – активированным хитозаном.



**Рис.3.** Влияние хитозана с разными концентрациями на прорастание семян гороха



1 день а)



3 день б)



6 день в)

**Рис.4.** Раствор хитозана 0,06% на 1(а),3(б),6(в) дни.



1 день

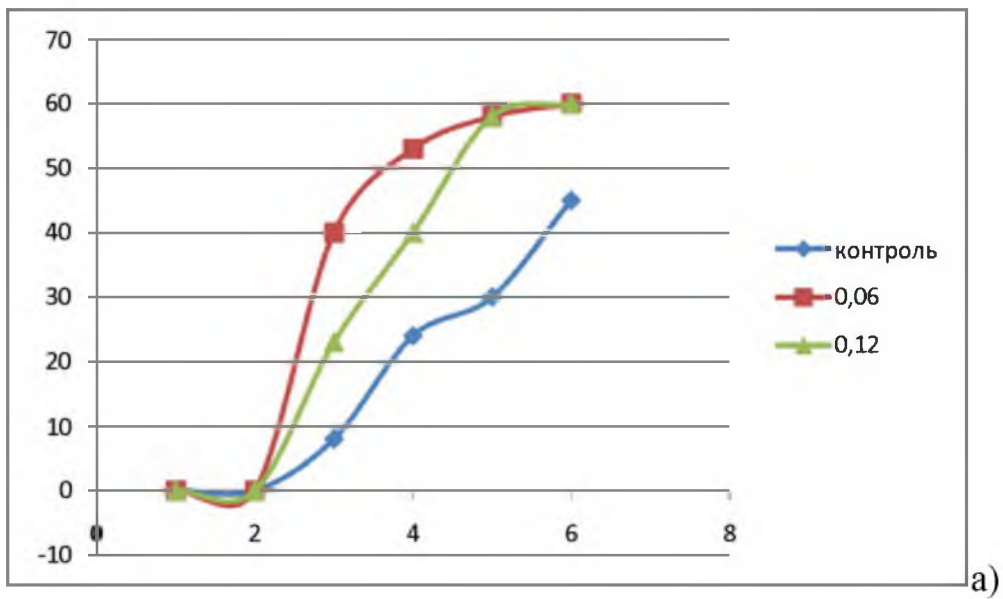


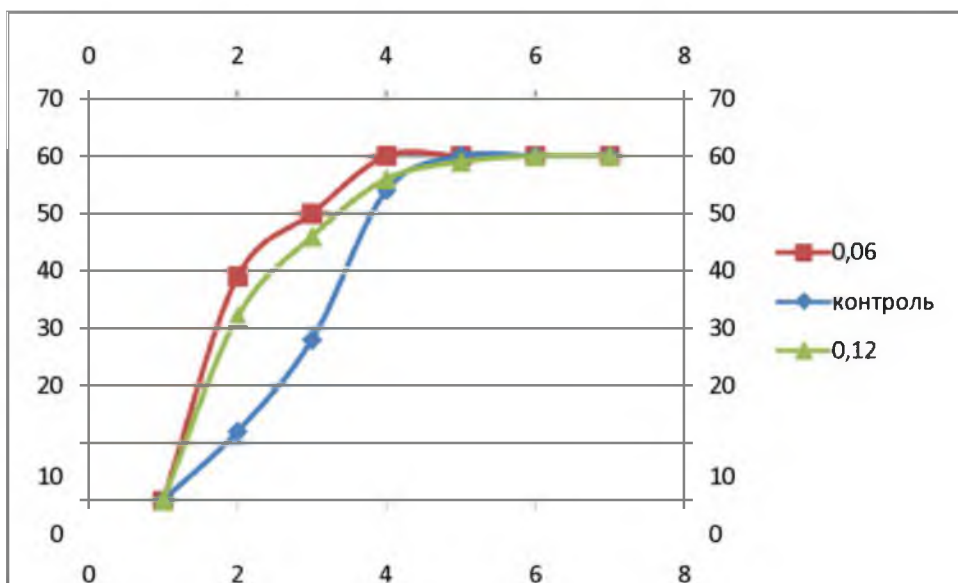
3 день



6 день

**Рис.5.** Раствор хитозана 0,12% на 1(а), 3(б), 6(в) дни.





б)

**Рис. 6.** Динамика всхожести росточков (а) и лабораторная всхожесть (б) семян гороха.

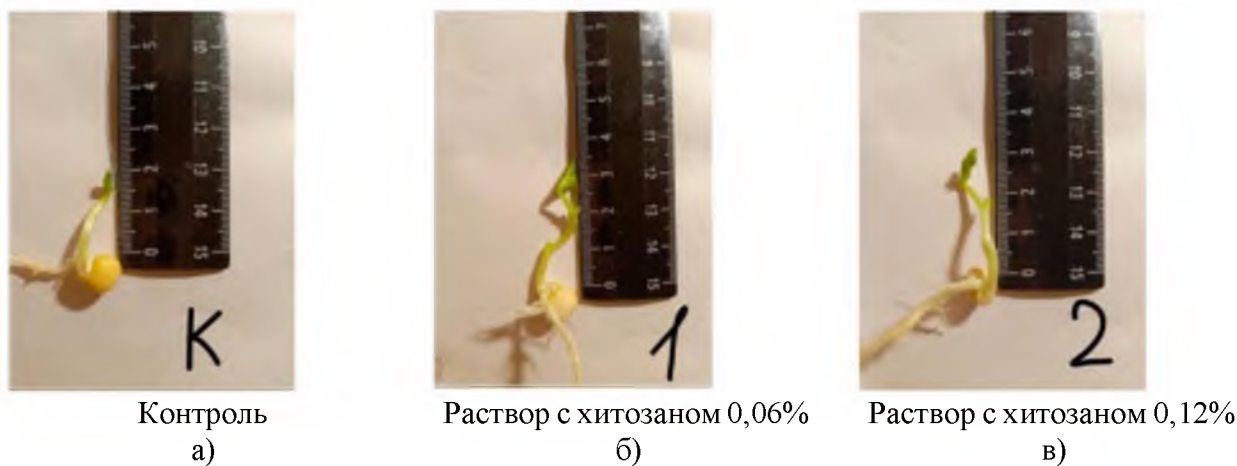
**Таблица 1.** Характеристики всхожести гороха на разных стадиях развития при использовании плазменно-активированного хитозана.

Вариант	Энергия прорастания, % на 3 день	Лабораторная всхожесть, % на 6 день
Контроль	15	100
Раствор с хитозаном 0,06%	88	100
Раствор с хитозаном 0,12%	68	100

На фотографиях (рис.7 - 8) продемонстрировано сравнение длины корешков.



**Рис.7** Сравнение корней гороха в контроле(а), растворе с хитозаном 0,06% (б), 0,12% (в).



**Рис.8** Сравнение ростов гороха в контроле (а), растворе с хитозаном 0,06% (б), 0,12% (в).

**На втором этапе** мы проводили полив засеянных в грунт семян плазменно-активированным раствором хитозана (с концентрацией 0,06% и 0,12%) и определяли грунтовую всхожесть и скорость увеличения длины проростков. Результаты эксперимента показали, что использование плазменно- активированного раствора хитозана способствует и дальнейшему ускоренному развитию растений. Это отчетливо видно на фотографиях (рис. 9 - 12), где показаны ростки семян гороха на 3,8,11,17 дни эксперимента после посева при поливе опытными растворами в сравнении с контрольными образцами. Рисунки 9 - 12 и данные таблицы 3 наглядно показывают преимущества полива семян гороха опытными растворами.

Рис 12 иллюстрирует внешний вид проросших семян на 17 день проращивания. Представленные фотографии подтверждают, что образцы, подвергнутые поливу плазменно-активированным раствором хитозана, имеют более длинные и крепкие проростки и более развитую корневую систему.



**Рис.9.** Влияние плазменно-активированного раствора хитозана на всхожесть семян гороха на 3 сутки эксперимента



контроль



Раствор хитозана 0,06%



Раствор хитозана 0,12%

**Рис.10.** Влияние плазменно-активированного раствора хитозана на всхожесть семян гороха на 8 сутки эксперимента



контроль



Раствор хитозана 0,06%



Раствор хитозана 0,12%

**Рис.11.** Влияние плазменно-активированного раствора хитозана на всхожесть семян гороха на 13 сутки эксперимента



контроль

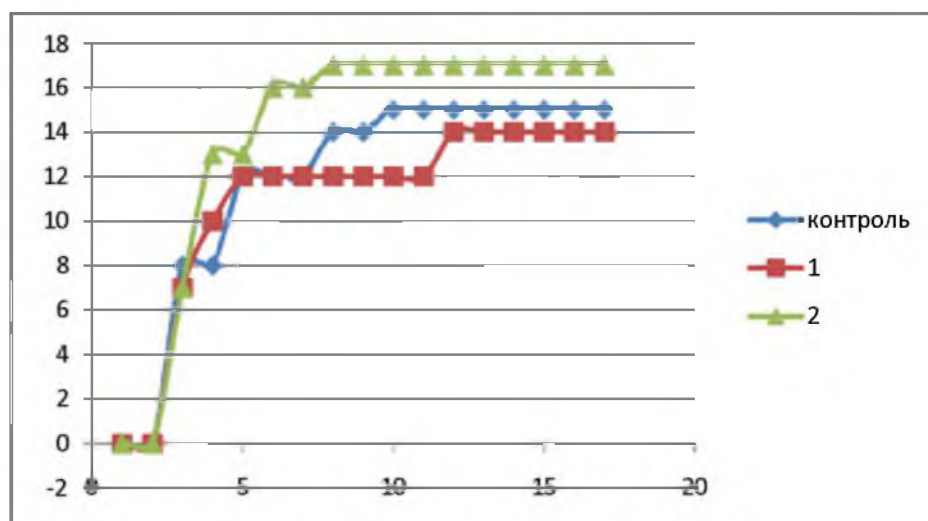


Раствор хитозана 0,06%



Раствор хитозана 0,12%

**Рис.12.** Влияние плазменно-активированного раствора хитозана на всхожесть семян гороха на 17 сутки эксперимента



**Рис.13.** Динамика грунтовой всхожести семян гороха сорта Александрия при поливе плазменно-активированного раствора хитозана.

**Таблица 2.** Характеристики грунтовой всхожести гороха

Вариант	Грунтовая всхожесть, % на 17 сутки
Контроль	83
Раствор с хитозаном 0,06%	77
Раствор с хитозаном 0,12%	94

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В экспериментах, проведенных во время этого проекта, показано фитостимулирующее действие на семена гороха сорта «Александрия» как при их замачивании, так и при посеве в почву по сравнению с контрольными образцами, для которых использовали водопроводную воду.

Кроме этого, использование раствора хитозана, обработанного плазмой, ускоряет развитие корневой системы растений и делает ее более развитой, что должно положительно сказываться на дальнейшем росте растений и, возможно, на их устойчивости к неблагоприятным факторам окружающей среды. Это надо экспериментально проверить в дальнейших исследованиях.

Полученные результаты вызывают и новые вопросы. Например, с чем связано такое фитостимулирующее действие плазменно – активированного раствора хитозана? Какие физико-химические и биологические механизмы отвечают за наблюдаемые явления? Чтение научных статей позволяет частично ответить на эти вопросы, потому что в статьях высказываются гипотезы и приводятся результаты более сложных и тонких физико-химических и биохимических исследований.

Частично ответы на интересующие вопросы можно найти в научных статьях [18, 22, 23]. Однако исчерпывающих ответов найти не удалось.

Конечно, интересно и то, какие новые химически активные агенты образуются в растворе с хитозаном при обработке плазмой. Каковы их концентрации? Как долго они сохраняются в воде, обеспечивая ее активность?

Кроме указанного фитостимулирующего действия данных растворов, а так же, влияние на экологическую безопасность получаемой сельскохозяйственной продукции (гороха).

С практической точки зрения важно оценить действия исследуемых растворов в полевых условиях (условиях производства).

Наконец, важным кажется вопрос и о стоимости такой обработки, ее экономической эффективности. Одним из важных вопросов в современных условиях является финансовая сторона проводимых исследований. В дальнейшей работе следует изучить и эту сторону вопроса.

Работу над проектом стоит продолжить, чтобы поискать ответы на эти и другие возникающие вопросы.

Данная работа не является чисто биологической. Для решения поставленных задач используются метапредметные связи таких дисциплин как: химия (перевод неактивного хитозана в активный), физика (обработка раствора плазмой), математика и информатика (для обработки полученных результатов и их представлении на графиках), иностранный язык (для чтения научных статей в оригинале). В работе были использованы данные Интернет – ресурсы.

На основании полученных результатов была написана (в соавторстве) и опубликована статья в сборнике статей VI Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и студентов «Инициативы молодых – науке и производству» [23]



## ИНИЦИАТИВЫ МОЛОДЫХ – НАУКЕ И ПРОИЗВОДСТВУ

VI Всероссийская  
научно-практическая конференция  
молодых ученых и студентов  
Сборник статей



ПЕНЗА 2023

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ  
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР  
ПЕНЗЕНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

## ИНИЦИАТИВЫ МОЛОДЫХ – НАУКЕ И ПРОИЗВОДСТВУ

Сборник статей  
VI Всероссийской  
научно-практической конференции  
молодых ученых и студентов

29-30 Ноябрь 2023 г.

Пенза  
ПГАУ  
2023

УДК 544.55; 631.8

### СТИМУЛЯТОРЫ РОСТА РАСТЕНИЙ НА ОСНОВЕ ФИТООЛИГОСАХАРИДОВ

Д.С. Ульянова, Н.К. Наумова, А.Е. Гуркина

*Ивановский государственный университет,  
г. Иваново, Россия*

Статья посвящена изучению влияния водорастворимых фракций хитозана на всхожесть и раннее развитие гороха

**Ключевые слова:** проращивание, всхожесть, семена гороха, хитозан

Для проращивания и защиты семян в сельскохозяйственной практике используются различные виды удобрений, стимуляторов роста, пестицидов и протравителей. В настоящее время на смену традиционным способам проращивания приходят современные технологии, включающие применение регуляторов роста нового поколения. К таким стимуляторам можно отнести различные биополимеры, например, хитозан и его производные.

Хитозан представляет собой полимер, полученный из хитина в результате его деацетилирования. Это второй по распространенности биополимер целлюлозы. Он содержится в панцирях ракообразных, кутикулах насекомых и клеточных стенках грибов.

Хитозан обладает уникальными физиологическими и биологическими свойствами и может использоваться в широком спектре отраслей, таких как фармакология, медицина и сельское хозяйство [1].

Так, исследования [2-3] показали, что хитозан положительно влияет на проращивание семян. Также известно, что использование хитозана увеличивает содержание хлорофилла и растворимого белка в растении, смягчает последствия солевого стресса, улучшает реакцию растений на абиотический стресс, что приводит к повышению устойчивости к болезням [1].

Однако широкое применение хитозана в сельскохозяйственном производстве затруднено, поскольку он является нерастворимым полимером и его биодоступность невысока.

Для получения фитостимулирующих производных традиционно используют химические реагенты высокой концентрации, что является отрицательным фактором воздействия на окружающую среду. Более экологичным, безопасным методом является использование плазмохимической деструкции хитозана. При этом образуются водорастворимые фракции, обладающие фитостимулирующей активностью.

В данной работе изучено действие 0,1% и 0,05% растворов плазмодеструктурированного хитозана на всхожесть семян гороха (*Pisum sativum* Linn.).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Bell N.I., Waton R.N., Saratachandra S.U. Suppression of plant parasitic nematodes in pastoral soils amended with chitin // *New Zealand Plant Protection*, 2000. V. 53, P. 44-47.,
2. Boamah P. O., Onumah J., Aduguba W. O., Santo K. G. // *Int. J. Biol. Macromol.* 2023 Vol.235 P. 123858
3. Chitosan Seed Priming Improves Seed Germination and Seedling Growth in Wheat (*Triticum aestivum* L.) under Osmotic Stress Induced by Polyethylene Glycol A. Hameed<sup>1,\*</sup>, M. A. Sheikh<sup>2</sup>, A. Hameed<sup>3</sup>, T. Farooq<sup>1</sup>, S. M. A. Basra<sup>4</sup> and A. Jamil<sup>2</sup> <sup>1</sup>Department of Applied Chemistry and Biochemistry, Government College University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan <sup>2</sup>Department of Chemistry and Biochemistry, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan <sup>3</sup>Nuclear Institute for Agriculture and Biology (NIAB), P. O. Box 128, Jhang Road Faisalabad, Pakistan <sup>4</sup>Department of Crop Physiology, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan \*Author for correspondence; email: arrujeh@yahoo.com; Tel.: +92-41-9200066, ex. 340
4. Khayrova, A., Lopatin, S., Varlamov, V. (2019) Black Soldier Fly *Hermetia illucens* as a novel source of chitin and chitosan, *International Journal of Science*, 8, 81–86.
5. Khlyustova A., Sirotkin N., Naumova I., Tarasov A., and Titov V., *Plasma Chem. Plasma Process.* 42, 587 (2022).
6. Kumar, M.R., Muzzarelli, R.A.A., Muzzarelli, C., Sashiva, H., Domb, A.J. (2004) Chitosan chemistry and pharmaceutical perspectives, *Chemical Reviews*, 104, 6017–6084.
7. Muzzarelli, R.A.A. (1987) *Chitin* Oxford Pergamon Press, 309 p. 2. Ravi Kumar, M.N.V. (2000) A review of chitin and chitosan applications, *Reactive and Functional Polymers*, 46, 1–27.
8. Naumova I.K., Subbotkina I.N., Titov V. A., Khlyustova A.V. and Sirotkin N.A., *Applied Physics* 4, 40 (2021)
9. Rinaudo, M. (2006) Chitin and chitosan: properties and applications, *Progress in Polymer Science*, 31, 603–632.
10. Stasińska-Jakubas M., Hawrylak-Nowak B. // *Molecules*. 2022 Vol. 27 P. 2801;
11. Titov V/ A., Naumova I.K., Khlyustova A.V. and Sirotkin N.A., *High Energy Chem.* 57, S.238 (2023).
12. Vasilieva T., Goñi O., Quille P., O’Connell S., Kosyakov D., Shestakov S., Ul’yanovskii N. and Vasiliev M., *Processes* 9, 103 (2021)
13. Vasilieva T.M., Naumova I.K., Galkina O.V., Udoratina E.V., Kuvschinova L.A., Vasiliev M.N., Khin Maung Htay, and Htet Ko Ko Zaw, *IEEE Trans. Plasma Sci.* 48, 1035 (2020)
14. Wasko, A., Bulak, P., PolakBerecka, M., Nowak, K., Polakowski, C., Bieganski, A. (2016) The first report of the physicochemical structure of chitin isolated from *Hermetia illucens*, *International Journal of Biological Macromolecules*, 92, 316–320.

15. Варламов В.П. и др. «Применение товарных форм хитозансодержащих препаратов в растениеводстве»// Экобиотех, 2019, Том 2, № 4, С. 529-532 // <http://ecobiotech-journal.ru/2019/pdf/ecbtch1904529.pdf>
16. Васько В. Т. Основы семеноведения полевых культур. – СПб.: Изд-во «Лань», 2012.
17. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести (с Изменениями N1,2,с Поправкой) // <https://docs.cntd.ru/document/1200023365?ysclid=lq7q34575s19165718&section=status>
18. Максимов И.В. Биологическая активность хитина и сферы его применения (Обзор) /Биология, биохимия и генетика //Известия Уфимского научного центра РАН, 2013. – № 2. – С.38-61.
19. Наумова И.К., Титов В.А., Хлюстова А.В., Агафонов А.В.. Получение фитоактивных продуктов путем газоразрядной обработки водной суспензии хитозана. // Прикладная физика. – 2023. – № 5. – С.84-90.
20. Наумова И.К., Ульянова Д.С., Дюпинская Ю.А. Эффективность применения биопрепаратов на основе хитозана для выращивания растений. // Сборник статей XI Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в АПК: теория и практика». Пенза. 15-16 марта, 2023. – С. 172-175.
21. Павлюшин В.А., Тютерев С.Л., Попова Э.В., Новикова И.И., Бойкова И.В., Быкова Г.А., Петров А.Ю. Методы совместного применения микробов-антагонистов хитина и хитозана в защите растений огурца и томата от фузариозной инфекции и нематод // Материалы XI Международной конференции «Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана», Мурманск, 2012. С. 398-404.
22. Павлюшин В.А., Тютерев С.Л., Попова Э.В., Новикова И.И., Быкова Г.А., Домнина Н.С. Новые комплексные биопрепараты для защиты овощных культур от грибных и бактериальных болезней // Биотехнология. 2010. № 4. С. 69-80.
23. Ульянова Д.С., Наумова И.К., Гуркина А.Е. Стимуляторы роста растений на основе фитоолигосахаридов// Инициативы молодых – науке и производству: сборник статей VI Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и студентов / Пензенский государственный аграрный университет и [др]; под ред. Кухарева О.Н., Носова А.В. – Пенза: Пензен. гос. аграр. ун-т, 2023. – 973 с. – [URL:https://mnic.pgau.ru/file/doc/konferencii/2023/Сборник\\_ВК-54-23.pdf](https://mnic.pgau.ru/file/doc/konferencii/2023/Сборник_ВК-54-23.pdf). – Текст: электронный. Стр. 845
24. Хитозан (2013) / Под ред. Скрыбина К.Г., Михайлова С.Н., Варламова В.П. М.: Изд. Центр «Биоинженерия РАН» , 593 с.