Поступила в редакцию *09.12.2021*

УДК 615.324: 631.559.2 DOI: 10.37816/2713-0789-2022-2-1-6-14

Определение стимулирующего воздействия хитозана на проростки основных сельскохозяйственных культур

О. А. Арефьева[*,1] Л. Н. Ольшанская[*], В. Ф. Абдуллин[**]

** Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А. (СГТУ имени Гагарина Ю. А.), Саратов, Россия*

*** Энгельсский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.» (ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю. А.), Энгельс, Россия*

Аннотация

В статье представлены результаты исследования влияния растворов хитозана концентрацией от 0.005 до 0.2 % на морфофизиологические и биометрические показатели проростков растений: пшеницы Triticum aestivum L. сорта Саратовская-29, сорго Sorghum сорта Волжское, огурцов Cucomerario сорта Голубчик, фасоли G, Phaséolus сорта Франко-вагон, гороха Písum сорта Альфа.

Установлено стимулирующее воздействие хитозана на проростки основных сельскохозяйственных культур. Выявлена концентрационная зависимость положительного влияния обработки и полива растений растворами хитозана на биометрические и морфофизиологические показатели. Увеличение всхожести и ускорение роста злаковых растений в лабораторных условиях достигается при обработке хитозаном в концентрациях: 0.01 % для сорго сорта Волжское и 0.02 % для пшеницы сорта Саратовская-29. Для фасоли положительный эффект достигался при обработке хитозаном в концентрациях: 0.005; 0.01; 0.02; 0.03; 0.05; 0.09; 0.2; 0.5 % на витальные показатели, всхожесть и увеличение массы фасоли сорта Франко-вагон. Положительное влияние хитозана на витальные показатели огурца сорта Голубчик достигалось при концентрациях, %: 0.01; 0.05; 0.09 и 0.02 и 0.2% для всхожести гороха сорта Альфа.

Ключевые слова

Хитозан, всхожесть, энергия прорастания, длина проростков, пшеница, сорго, огурцы, фасоль, горох, биометрические показатели

[1] *Для переписки:*
Email: oarefeva@inbox.ru

Введение. Использование химических средств в качестве удобрений для сельскохозяйственных культур со временем приводит к деградации почв, понижению урожайности и ухудшению качества получаемой продукции. Подобные проблемы стимулируют поиск новых веществ, которые безопасны для человека и окружающей природы.

Для ускорения роста и усиления защитных свойств растений перспективным представляется применение препаратов на основе хитозана. Этот факт подтверждают последние исследования [1–4].

Действие хитозана усиливает врожденный механизм защиты у растения для борьбы с насекомыми, патогенными микроорганизмами и почвенными болезнями при их попадании на листву или в почву. Хитозан ускоряет процесс фотосинтеза, способствует и усиливает рост растений, стимулирует поглощение питательных веществ семенами, увеличивает всхожесть и энергию прорастания [2–4]. При использовании для обработки или покрытия семян, хитозан стимулирует врожденную реакцию иммунитета, которая проявляется в благоприятном развитии корневой системы, что способствует уничтожению гетеродеридов, не нанося вред полезным нематодам и другим организмам. Применение биополимера хитозана в сельском хозяйстве поможет уменьшить нагрузку на окружающую среду, укрепить жизнеспособность семян, улучшить защитные свойства насаждений и увеличить урожайность.

Из литературных источников известно, что хитозан, изготовленный по различным методикам, обладает неодинаковыми антибактериальными и ростостимулирующими свойствами. На его биологическую активность влияет структурная неоднородность и молекулярная масса [5, 6]. Кроме того, не на всех сельскохозяйственных культурах исследовалось его воздействие, которое проявляется в болезнеустойчивости растений, укреплении корневой системы, увеличении урожайности.

Цель исследований — изучение влияния различных концентраций хитозана, полученного по уникальной методике [7], на морфофизиологические и биометрические показатели проростков различных сельскохозяйственных растений.

Материалы и методы решения задач, принятые допущения. Объектами исследования являлись семена мягкой яровой пшеницы *Triticum aestivum L.* сорта Саратовская–29, сорго *Sorghum* сорта Волжское, огурца *Cucomerario* сорта Голубчик; фасоли *Phaséolus* сорта Франко–вагон, гороха *Písum* сорта Альфа. В работе использовали порошок хитозана высокой степени химической чистоты, полученный из панцырей ракообразных по оригинальной методике [7] и предоставленный для исследований ООО «Хитозановые технологии». Были выбраны рабочие концентрации хитозана, %: 0.2; 0.5; 0.01; 0.02; 0.03 0.05; 0.09; 0.005 (pH = 4÷5), растворенные в 2 % молочной кислоте. Раствором сравнения (контроль) служила водопроводная вода.

Проращивание семян злаковых в лабораторных условиях. Отбирали 4 пробы по 100 семян. Семена пшеницы и сорго встряхивали с мыльным раствором, затем промывали проточной водой, обрабатывали спиртом в течение 2–3 минут и далее тщательно промывали дистиллированной водой.

После обработки семена пшеницы и сорго замачивали на 12 ч в водопроводной воде (контроль), и в рабочих растворах хитозана. Затем набухшие семена раскладывали зародышами вверх на фильтровальную бумагу в чашки Петри, помещали в климатостат Р2 на 24 ч для наклевывания при температуре 25 °С.

Проращивание семян фасоли, гороха, огурца в лабораторных условиях. Отбирали 4 пробы по 50 семян. Семена фасоли промывали водопроводной водой и раскладывали на фильтровальную бумагу в чашки Петри для обработки рабочими растворами хитозана. Контроль обрабатывался водопроводной водой. Фасоль помещали в климатостат Р2 при температуре 22 °С для прорастания.

Для проращивания семена гороха и огурцов заворачивали в фильтровальную бумагу, конец бумаги опускали в стаканчики с водопроводной водой (контроль) и рабочими растворами хитозана. Затем стаканы помещали в климатостат Р2 при температуре 25 °С и постоянной влажности.

После проращивания семян злаковых, огурца, гороха, фасоли рассчитывали их энергию прорастания. Затем семена высаживали в суглинистую почву (характерна для Правобережья Саратовского региона) и определяли всхожесть.

Определение всхожести и длины проростков семян в лабораторных условиях. Проклюнувшиеся семена высаживали в специальные ящики, заполненные черноземом на глубину 3–5 см. Были созданы условия, близкие к природным: растения выращивали при 18 часовом световом режиме и температуре 25±2 ° С. Полив водопроводной водой проводили каждые 48 часов по мере высыхания верхнего слоя чернозема. Длину растений контролировали начиная с первых суток. У злаковых всхожесть подсчитывали через 10 дней, у остальных растений на 7 сутки.

Определение биометрических показателей растений в природных условиях. Опыт был заложен на садовом участке, расположенном в Энгельсском районе, Саратовской области. Весной, когда почва достигла физической спелости, провели культивацию, затем боронование поверхности почвы для сохранения влаги. Посев протравленных хитозаном семян огурца, гороха и фасоли был проведен во второй половине мая, непосредственно в грунт, расстояние между растениями — 20 см, междурядья — 30 см. Каждый вариант опыта повторяли 4 раза. Помимо основного полива водопроводной водой, раз в неделю осуществляли полив раствором хитозана в рабочих концентрациях. Определяли длину и массу побегов.

Результаты исследований. В лабораторных опытах по изучению влияния растворов хитозана на энергию прорастания, всхожесть и длину проростков злаковых культур выявили, что благоприятное воздействие биополимер проявляет не одинаково, и это действие зависит от его концентрации и рода растения. При добавлении в воду хитозана лучшая всхожесть и энергия прорастания выявлена у сорго сорта *Волжское* при концентрации биополимера 0,01 %, а у пшеницы сорта *Саратовская-29* — при его концентрации 0,02 % и 0,09 %. Наибольшая длина и масса растений сорго достигалась при воздействии хитозана в концентрациях 0,01 и 0,02 %, а у пшеницы — при его концентрациях 0,02; 0,03 и 0,2 %. Таким образом, минимальной оптимальной концентрацией хитозана, при которой достигается увеличение всхожести и ускорение роста растений в лабораторных условиях является 0,01 % для сорго сорта *Волжское*, и 0,02 % для пшеницы сорта *Саратовская-29* (таблица 1).

В лабораторных условиях также определили энергию прорастания и всхожесть семян огурца, гороха и фасоли при воздействии на них растворами хитозана. Было выявлено положительное влияние биополимера на витальные показатели фасоли во всех рабочих концентрациях, %: 0.005; 0.01; 0.02; 0.03; 0.05; 0.09; 0.2; 0.5 (таблица 2, рисунок 1). Для огурца значительное увеличение всхожести по сравнению с контролем наблюдали при обработке семян хитозаном

в концентрации, %: 0.01; 0.05; 0.09. В экспериментах с горохом оптимальными для всхожести оказались концентрации биополимера 0,02 и 0,2 %.

Таким образом, положительная динамика развития растений в зависимости от обработки семян хитозаном характеризовалась концентрационным эффектом. Такая концентрационная зависимость уже отмечалась ранее в литературе [8]. 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 [8, 9].

Таблица 1 — Зависимость витальных и биометрических показателей злаковых растений от воздействия растворов хитозана

Вариант	Сорго					Пшеница			
Содержание хитозана, %	Всхожесть, %	Энергия прорастания, %	Длина проростка*, мм	Длина проростка **, мм	Сухой вес надземной части растений **, г	Всхожесть, %	Энергия прорастания, %	Длина проростка**, мм	Сухой вес надземной части растений **, г
К	50±0,1	70±0,1	3.5±0.5	47,2±0,1	4±0,1	65±0,1	70±0,1	27±0,2	9,8±0,1
0,005	55±0,2	70±0,2	3.5±0.5	60±0,4	5.3±0,2	65±0,2	70±0,2	20±0,2	6,8±0,1
0,01	75±0,1	75±0,1	3.8 ±0.3	74±0,1	14,3±0,1	60±0,2	80±0,2	22±0,2	6,9±0,2
0,02	60±0,2	65±0,2	3.8 ±0.3	75±0,1	14,45±0,1	80±0,2	85±0,2	30±0,2	12,3±0,3
0,03	55±0,2	55±0,2	6.5 ±0.3	65±0,3	6,1±0,3	65±0,2	80±0,2	34±0,2	12.8±0,2
0,05	50±0,1	65±0,1	3.5±0.5	55±0,2	5,8±0,2	60±0,1	65±0,1	23±0,2	7,1±0,3
0,09	60 ±0,1	60±0,1	3.7 ±0.3	40,34±0,1	3,1±0,1	70±0,3	95±0,3	28±0,3	10,2±0,2
0,2	55±0,1	55±0,1	5.5 ±0.3	45±0,1	5,75±0,1	55±0,2	65±0,2	38±0,2	13,1±0,2
0,5	60±0,2	60±0,2	3.5±0.3	43±0,2	3,2±0,1	55±0,3	60±0,3	16±0,2	5,6±0,2

*К — контроль; * на 7-е сутки эксперимента; ** на 34-е сутки эксперимента*

Таблица 2 — Зависимость энергии прорастания и всхожести семян огурца сорта Голубчик, фасоли сорта Франко-вагон и гороха сорта Альфа от воздействия растворов хитозана

Вариант Содержание хитозана, %	Огурцы		Фасоль		Горох	
	Всхожесть, %	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Энергия прорастания, %
Контроль	25±0,1	30±0,1	35±0,1	40±0,1	70±0,1	75±0,1
0,005	25±0,1	30±0,1	95±0,2	100±0,2	53±0,1	65±0,1
0,01	35±0,1	45±0,1	85±0,1	90±0,1	70±0,1	70±0,1
0,02	35±0,1	35±0,1	95±0,1	100±0,1	80±0,1	90±0,1
0,03	34±0,1	34±0,1	100±0,1	100±0,1	55±0,1	75±0,1
0,05	55±0,2	55±0,2	100±0,2	100±0,2	55±0,1	60±0,1
0,09	50±0,1	55±0,1	100±0,1	100±0,1	70±0,3	75±0,3
0,	25±0,1	35±0,1	95±0,1	100±0,1	80±0,1	90±0,1
0,5	30±0,1	32±0,1	80±0,3	90±0,3	50±0,1	55±0,1



а) б) в)

Рисунок 1 — Проростки а) огурца сорта *Голубчик*; б) сорго сорта *Волжское*; в) фасоли сорта *Франко-вагон*

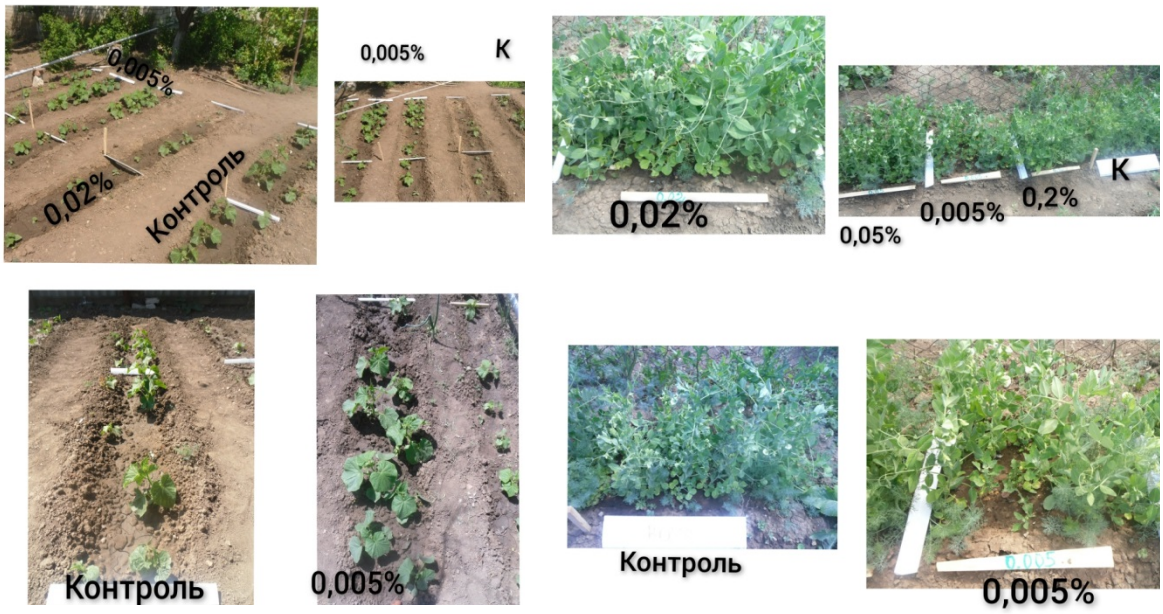
Опыты, заложенные в природных условиях, по определению длины и массы надземной части растений гороха, огурцов и фасоли показали, что обработка семян растворами хитозана и полив ими почвы положительно влияли на формирование растений (таблица 3, рисунок 2).

Таблица 3 — Средняя длина надземной части растений (см), после предпосевной обработки семян, и полива растворами хитозана на 34 сутки

Концентрация хитозана, %	Горох	Фасоль	Огурцы
0.2	27 ±2	95 ±2	34±2
0.09	22 ±2	95 ±2	35±2
0.03	22 ±2	76 ±2	21±2
0.02	25 ±2	78 ±2	28±2
0.01	20 ±1	94 ±2	36±2
0.005	23±1	95 ±2	38±1
К	19 ±1	94±2	32±2

Как видно из таблицы 3, наибольшая длина стеблей огурца сорта Голубчик достигалась после обработки семян растворами хитозана и поливом им в почвы при концентрации биополимера 0.005 %. При этом было отмечено, что стебель и боковые побеги огурцов характеризовались более прочным строением по сравнению с контрольными растениями и обработанными растворами хитозана в концентрациях, %: 0.2; 0.09; 0.03; 0.02; 0.01. Растворы хитозана во всех концентрациях благоприятно влияли на развитие фасоли. Для развития гороха оптимальными концентрациями хитозана оказались 0.2 и 0.02 %. Эти же концентрации биополимера способствовали заложению завязи у гороха и цветению по сравнению с растениями рабочей группы и контролем.

Благоприятное воздействие растворов хитозана на развитие растений можно объяснить следующими причинами. Известно, что одним из стимулирующих эффектов хитозана является активация защитных иммунных систем растений [10].



а) б)

Рисунок 2 — Растения на 34 сутки: а) огурцы *Cucomerario* сорта Голубчик, б) горох *Písum* сорта Альфа

Молекулы хитозана структурно аналогичны компонентам клеточных стенок патогенных грибов [10]. При контакте хитозана с рецепторами на поверхности растительных стенок запускается каскад внутриклеточных реакций, который приводит к синтезу защитных соединений (фитоалексинов, лигнина, флавиновых пигментов и др.) и повышению активности некоторых антиоксидантных ферментов [2–6]. Все это способствует ускорению роста и развития растений, так как это повышение метаболической активности не расходуется на борьбу с патогеном.

Заключение. Таким образом проведенные исследования позволили выявить стимулирующее воздействие хитозана на проростки основных сельскохозяйственных культур. Установлена рациональная концентрация хитозана, полученного по уникальной технологии [7], при которой достигаются увеличение всхожести и ускорение роста злаковых растений в лабораторных условиях: 0.01 % для сорго сорта Волжское, и 0.02 % для пшеницы сорта Саратовская-29.

Показано положительное влияние при обработке семян фасоли и поливе растений биополимером в концентрациях, %: 0.005; 0.01; 0.02; 0.03; 0.05; 0.09; 0.2; 0.5 на витальные показатели, всхожесть и увеличение фитомассы фасоли сорта Франко-вагон. Выявлено положительное влияние хитозана на витальные показатели огурца сорта Голубчик при концентрациях, %: 0.01; 0.05; 0.09. Следует отметить увеличение надземной части и фитомассы растений огурца при поливе и обработке семян 0.005 % раствором хитозана.

Установлены рациональные концентрации хитозана (0.02 и 0.2 %) для всхожести гороха сорта Альфа. При поливе этими растворами одновременно наблюдалось увеличение надземной части и фитомассы растений гороха. Установлена концентрационная зависимость положительного влияния обработки и полива растений растворами хитозана на биометрические и морфофизиологические показатели.

Таким образом, хитозан, полученный из панцырей ракообразных по уникальной методике [7], может рассматриваться не только в качестве потенциальной альтернативы синтетическим фунгицидам, но и для ускорения роста сельскохозяйственных растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Дарашкевич О. Н., Добролеж О. В., Вербицкая Н. Б. и др. Биоцидные свойства хитозана различной степени деполимеризации. *Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана: материалы VII Междунар. конф.* М.: Изд-во ВНИРО, 2003, с. 239–240.

[2]. Жоголев К. Д., Никитин В. Ю. Экспериментально-лабораторное изучение иммуномодулирующих свойств препаратов хитина и хитозана. *Иммунология*, 1998, № 6, с. 53–54.

[3]. Чирков С. Н. Противовирусные свойства хитозана: Хитин, его строение и свойства. *Хитин и хитозан. Получение, свойства и применение*, М.: Наука, 2002, с. 327–338.

[4]. Озерковская О. Л., Васюкова Н.И., Зиновьева С. В. Хитозан как элиситор индуцированной устойчивости растений: Хитин, его строение и свойства. *Хитин и хитозан. Получение, свойства и применение*, М.: Наука, 2002, с.339-345.

[5]. Куликов С. Н., Чирков С. Н., Ильина А. В. и др. Влияние молекулярной массы хитозана на его противовирусную активность в растениях. *Прикладная биохимия и микробиология*, 2006, т.42, № 2, с. 224–228.

[6]. Попова Э. В., Коваленко Н. М., Тютерев С. Л. и др. Биологическая активность хитозана с разной молекулярной массой. *Вестник защиты растений*, 2017, № 3(93), с. 28–33.

[7]. Абдуллин В. Ф., Артеменко С. Е., Овчинникова Г. П. Технология и свойства хитозана из панцыря речного рака. *Новые материалы и технологии*, 2006, с. 7–10.

[8]. Варламов В. П., Ильина А. В., Шагдарова Б. Ц. Хитин/хитозан и его производные: фундаментальные и прикладные аспекты. *Успехи биологической химии*, 2020, т. 60, с. 317–368.

[9]. Варламов В. П., Мысякина И. С. Хитозан в биологии, микробиологии, медицине и сельском хозяйстве. *Микробиология.* 2018. № 87, с.595–598.

[10]. Uthairatanakij A., Jaime A., da Silva T. et al. Chitosan for Improving Orchid Production and Quality. *Orchid Science and Biotechnology.* 2007, № 1, pp. 1–5.

Арефьева Оксана Анатольевна — канд. биол. наук, доцент кафедры «Экология и техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.» (Российская Федерация, 410054, Саратов, ул. Политехническая, 77).

Ольшанская Любовь Николаевна — д–р хим. наук, профессор, кафедра «Экология и техносферная безопасность» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.» (Российская Федерация, 410054, Саратов, ул. Политехническая, 77).

Абдуллин Валерий Филаресович — канд. техн. наук, ведущий инженер лаборатории «Современные методы исследования функциональных материалов систем» ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю. А. (Российская Федерация, 410000, г. Энгельс, площадь Свободы, 17).

Determination of the stimulating effects of chitosan for sproutes of basic agricultural crops

O. A. Aref'eva[*,1] , L. N. Olshanskaya[*], V. F. Abdullin[**]

** Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia*
*** Engels Institute of Technology (branch) Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Engels, Russia*

Abstract

The results of the study of the effect of chitosan solutions with a concentration of 0.005 to 0.2% on the morphophysiological and biometric parameters of plant seedlings are presented: wheat Triticum aestivum L. cv. Saratovskaya 29, sorghum sorghum cv. Volzhskoe, cucumbers Cucomerario cv. Golubchik, beans G, Phaséolus of the Franco–wagon variety, Písum peas of the Alpha variety.

The stimulating effect of chitosan on the seedlings of the main agricultural crops has been established. The concentration dependence of the positive effect of treatment and watering of plants with chitosan solutions on biometric and morphophysiological parameters was revealed. An increase in germination and acceleration of the growth of cereal plants under laboratory conditions is achieved when treated with chitosan at concentrations: 0.01% for sorghum of the Volzhskoe variety, and 0.02% for wheat of the Saratovskaya-29 variety. For beans, a positive effect was achieved when treated with chitosan at concentrations: 0.005; 0.01; 0.02; 0.03; 0.05; 0.09; 0.2; 0.5% for vital indicators, germination and increase in the mass of beans of the Franco–wagon variety. The positive effect of chitosan on the vital characteristics of cucumber variety Golubchik was achieved at concentrations, %: 0.01; 0.05; 0.09 and 0.02 and 0.2% for the germination of Alfa peas.

Keywords

Chitosan, germination, germination energy, seedling length, wheat, sorghum, cucumbers, beans, peas, biometric indicators.

REFERENCES

[1]. Darashkevich O. N., Dobrolezh O.V., Verbitskaya N. B. et al. Biocidal properties of chitosan of varying degrees of depolymerization. *Modern perspectives in the study of chitin and chitosan: materials of the VII Intern. conf.* Moscow, Publishing house VNIRO, 2003, p. 239–240. (In Russ.)

[2]. Zhogolev K. D., Nikitin V. Yu. Experimental and laboratory study of the immunomodulatory properties of chitin and

[1] *Corresponding author:*
Email: oarefeva@inbox.ru

chitosan preparations. *Immunology*, 1998, no. 6, p. 53–54. (In Russ.)

[3]. Chirkov S. N. Antiviral properties of chitosan: Chitin, its structure and properties. *Chitin and Chitosan. Obtaining, properties and application*, Moscow: Nauka Publ., 2002, p.327–338. (In Russ.)

[4]. Ozerkovskaya O. L., Vasyukova N.I., Zinovyeva S. V. Chitosan as an elicitor of induced plant resistance: Chitin, its structure and properties. *Chitin and chitosan. Obtaining, properties and application*, Moscow: Nauka Publ., 2002, p. 339–345. (In Russ.)

[5]. Kulikov S. N., Chirkov S. N., Ilyina A. V. et al. Influence of the molecular weight of chitosan on its antiviral activity in plants. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 2006, v.42, no. 2, pp. 224–228. (In Russ.)

[6]. Popova E. V., Kovalenko N. M., Tyuterev S. L. et al. Biological activity of chitosan with different molecular weights. *Bulletin of plant protection*, 2017, No. 3 (93), p. 28-33. (In Russ.)

[7]. Abdullin V. F., Artemenko S. E., Ovchinnikova G.P. Technology and properties of chitosan from crayfish armor. *New materials and technologies*, 2006, pp. 7–10. (In Russ.)

[8]. Varlamov V. P., Ilyina A. V., Shagdarova B. Ts. Chitin/chitosan and its derivatives: fundamental and applied aspects. *Advances in biological chemistry*, 2020, vol. 60, p. 317–368. (In Russ.)

[9]. Varlamov V. P., Mysyakina I. S. Chitosan in biology, microbiology, medicine and agriculture. *Microbiology*. 2018. No. 87, pp. 595-598. (In Russ.)

[10]. Uthairatanakij A., Jaime A., da Silva T. et al. Chitosan for Improving Orchid Production and Quality. *Orchid Science and Biotechnology*, 2007, № 1, pp. 1–5

Aref'eva O. A. — Cand. Sc. (Bio.), Assoc. Professor, Department of Ecology and Technosphere Safety, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov (Polytechnic st. 77, Saratov, 410054 Russian Federation).

Olshanskaya L. N. — Dr. Sc. (Chem.), Professor, Department of Ecology and Technosphere Safety, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov (Polytechnic st. 77, Saratov, 410054 Russian Federation).

Abdullin V. F. — Cand. Sc. (Eng.), Leading Engineer of the Laboratory «Modern Methods for the Study of Functional Materials of Systems», Engels Institute of Technology (branch) Yuri Gagarin State Technical University of Saratov (Svoboda sq., 17, Engels, 410000, Russian Federation).

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Определение стимулирующего воздействия хитозана на проростки основных сельскохозяйственных культур / О. А. Арефьева, Л. Н. Ольшанская, В. Ф. Абдуллин // Промышленные процессы и технологии. 2022. Т. 2. № 1. С. 6–14

DOI: 10.37816/2713-0789-2022-2-1-6-14

Please cite this article as:

Aref'eva O. A., Olshanskaya L. N., Abdullin V. F. Determination of the stimulating effects of chitosan for sproutes of basic agricultural crops. Industrial processes ang Technologies, 2022, vol. 2, no. 1, pp. 6–14.

DOI: 10.37816/2713-0789-2022-2-1-6-14