

УДК 579.64

## ВЛИЯНИЕ СОЕДИНЕНИЙ СЕЛЕНА НА КОЛИЧЕСТВО ЕСТЕСТВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЧВАХ И НА УРОЖАЙНОСТЬ ПШЕНИЦЫ

Смирнова Д.Б., Ивахнова Д.А., Блинова Е.В., Апрытина К.В.,  
Синицына Ю.В., Смирнова Л.А.

ФГАОУ ВО «Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»,  
Нижний Новгород, e-mail: keltical3@mail.ru

Исследовали влияние различных соединений селена: коллоидного (красного) селена, селенита натрия – на жизнеспособность естественных почвенных организмов. Поскольку раствор коллоидного селена был стабилизирован хитозаном, в качестве сравнения использовали вариант с обработкой почвы или семян раствором хитозана. Контролем служил вариант без добавок. Учёт микроорганизмов производился путём подсчёта общей численности почвенных микроорганизмов. Количество микроорганизмов почвы во всех исследованных вариантах колебалось соответственно сезонной изменчивости. Показано, что коллоидный селен в концентрации 5 мг/л и раствор хитозана являлись не только безопасными, но, напротив, стимулировали рост почвенных микроорганизмов на 15–40% по сравнению с контролем; следовательно, возможно их применение в сельском хозяйстве в качестве удобрения. Селенит натрия в концентрации 5 мг/л (по селену), напротив, угнетал рост почвенных микроорганизмов – снижал их численность более чем на 40%. Применение растворов хитозана и коллоидного селена привело к увеличению урожайности пшеницы на 17% и 22% соответственно.

**Ключевые слова:** селен, хитозан, селенит натрия, общее микробное число, микроорганизмы, урожайность, масса тысячи зёрен

## INFLUENCE OF SELENIUM COMPOUNDS ON QUANTITY OF NATURAL MICROORGANISMS IN AGRICULTURAL SOILS AND ON CROP YIELD OF WHEAT

Smirnova D.B., Ivakhnova D.A., Blinova E.V., Apryatina K.V.,  
Sinitsyna Y.V., Smirnova L.A.

Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod, Nizhni Novgorod, e-mail: keltical3@mail.ru

The effect of different selenium compounds: colloid (red) selenium, sodium selenite – on the viability of natural soil organisms was investigated. As colloid selenium solution was stabilized with chitosan the variant of chitosan handled for seeds and soil treatment was used for comparison. The variant without any treatments was control. In every treatment total microbe amount was counted. Dynamics of soil microorganisms quantity was conformed to the seasonal variability in all of the experiment variants. It was demonstrated that colloid selenium (5 mg/l) and chitosan solutions were not only safe but stimulating of soil microorganisms growth up to 15–40% compared with control, so these solutions can be used in agriculture as fertilizers. In contrast to them sodium selenite (5 mg/l calculated on selenium) suppressed soil microorganisms growth more than 40%. Colloid selenium and chitosan solutions led to increase in wheat crop yield up to 17% and 22% respectively.

**Keywords:** selenium, chitosan, sodium selenite, total microbe amount, microorganisms, crop yield, mass of a thousand seeds

В настоящее время существует значительная проблема снижения урожайности, основная причина которой – истощение сельскохозяйственных угодий. Одной из важных составляющих естественного плодородия почвы являются природные микроорганизмы, населяющие почву: различные микроскопические грибы, бактерии, беспозвоночные и пр. Уменьшение их количества обусловлено многими причинами, одна из которых – избыточное внесение минеральных удобрений, а также использование удобрений, токсичных для микроорганизмов даже в малых концентрациях.

Было выяснено, что некоторые соединения в малых дозах благотворно влияют на рост почвенных микроорганизмов. На-

пример, в настоящее время появились данные о коллоидной форме красного селена, которая в исследованиях на животных проявляла меньшую токсичность и большую реакционную способность [3], в то время, как другие соединения селена: селениды, селениты и селенаты – являются в высокой степени токсичными.

Проведенные нами ранее лабораторные исследования на микромицете *Trichoderma virens* (ВКМ F-1117) и 2 штаммах *Azotobacter chroococcum*, выделенных из естественных условий в Нижегородской области, показали, что их удельная скорость роста, рассчитанная по уравнению Иерусалимского [1], не ингибировалась растворами коллоидного селена в концентрациях до 5 мг/л питательной среды, напротив, был обнаружен акти-

вирующий эффект при более низких концентрациях: 0,5; 3 и 4 мг/л для *Azotobacter* и 0,1 и 0,5 мг/л для *Trichoderma* [5]. На основании полученных результатов для дальнейшей работы с почвенными образцами была выбрана концентрация растворов 5 мг/л в пересчете на селен.

**Цель.** Исследование влияния некоторых форм селена на количество естественных почвенных микроорганизмов.

#### Материалы и методы исследования

На первом этапе работы на промытом и прокаленном песке выращивались растения пшеницы. в четырёх вариантах по три повторности каждый. Растения росли в течение трёх недель при регулярном поливе раствором Хогланда – Арнона, растения были разделены на следующие группы: в первом варианте был добавлен хитозан, во втором – коллоидный селен, в третьем – селенит натрия, четвёртый вариант – контрольный, без добавок. В конце вегетационного периода растений из горшков с песком были взяты средние пробы субстрата для посева на общее микробное число.

Собранные образцы субстрата высушивались, после чего готовилась серия разведений на стерильной водопроводной воде: 1:10, 1:100, 1:1000. Так как прокаленный песок изначально беден микроорганизмами, разведение 1:10000 было исключено из опыта. Раствор разведений 1:100 и 1:10000 объёмом 100 мкл разливался в стерильные чашки Петри с почвенным агаром в двух повторностях каждый, при этом жидкость равномерно распределялась по поверхности агара с помощью шпателя. В течение 72 часов чашки Петри находились в затемнённом месте при температуре 30 °С, после чего проводился подсчёт выросших колоний в каждой чашке. Среди всех результатов выбиралось разведение, посев которого даёт от 30 до 200 колоний в одной чашке. Для учёта результата количество колоний на обеих чашках суммировали, делили на два и умножали на степень разведения. Результат выражали числом колониеобразующих единиц (КОЕ в 1 г почвы) [2].

Следующим этапом стали полевые исследования. Был поставлен мелкоделяночный опыт по выращиванию пшеницы на почве с добавлением раствора хитозана, коллоидного селена и селенита натрия. 22 мая на делянках площадью 4 м<sup>2</sup> была посеяна пшеница, обработанная растворами хитозана, коллоидного селена и селенита натрия с расходом 100 мл раствора на кг семян, а также заложен контрольный опыт (без добавок). Количество делянок для каждого варианта – 3. Начиная с 11-го дня после посева каждые 10 дней со всех четырёх участков брались средние пробы почвы для проведения дальнейшего исследования. Всего было сделано 11 замеров.

Собранная почва так же, как и в опыте с песчаными образцами, высушивалась до воздушно-сухого состояния, после чего готовилась серия разведений на стерильной водопроводной воде: 1:10, 1:100, 1:1000, 1:10000. Изначальная обсеменённость сельскохозяйственной почвы различными микроорганизмами достаточно велика, поэтому для посева и последующих измерений брался раствор трёх последних разведений: 1:100, 1:1000, 1:10000. Результаты выражали в КОЕ на 1 г почвы.

После созревания пшеницы были сняты средние пробы колосьев, измерена масса 1000 зерен и произведён расчёт урожайности в ц/га по формуле

$$У = К*З*А/10000,$$

где У – урожайность, К – количество колосьев на м<sup>2</sup>, З – среднее количество зёрен в колосе, А – абсолютная масса зерна (масса 1000 зёрен) [4].

#### Результаты исследования и их обсуждение

Проведённые исследования выявили коррелирующую зависимость результатов лабораторных и полевых опытов. Раствор хитозана при добавлении его в песчаную среду вызвал увеличение количества микроорганизмов на 39,6% по сравнению с контролем. Данный рост показателей ОМЧ обусловлен высокой пищевой ценностью хитозана по отношению к некоторым микроорганизмам. Общее микробное число в образцах с добавлением коллоидного селена на 12,5% ниже, чем в образцах с хитозаном, но выше, чем в контроле. В свою очередь, добавление селенита натрия привело к уменьшению количества микроорганизмов в пробе на 10,5% по сравнению с контрольным образцом (рис. 1).

В ходе полевых исследований была обнаружена чёткая сезонная изменчивость количества микроорганизмов в почве в течение вегетационного периода зерновой культуры, выращиваемой на опытном участке. Своего максимума общая численность почвенных микроорганизмов, или общее микробное число (ОМЧ), во всех пробах достигла в июле-августе (с 41-го по 82-й день вегетации пшеницы).

Резкое уменьшение количества почвенных микроорганизмов, пришедшееся на 21-й день после посева, связано с засушливыми погодными условиями. Снижение показателей ОМЧ после 92-го дня вегетации пшеницы обусловлено естественными причинами – окончанием летнего периода, сопровождающимся понижением температуры, а также малым количеством осадков (рис. 2).

При учёте средних результатов количество почвенных микроорганизмов в пробах с добавлением селенита натрия на 42,9% (± 4%) ниже, чем в контрольных пробах. При этом ОМЧ в пробах с добавлением раствора хитозана на 14,8% (± 1,0%) выше, чем в контрольных образцах. Так как хитозан является компонентом-стабилизатором коллоидного селена и в свою очередь может действовать на количество микроорганизмов, то учёт результатов по коллоидному селену был произведён по отношению к про-

бам с добавлением хитозана. Показатели ОМЧ в пробах почвы с добавлением коллоидного селена являются самыми высокими, на 23,7% ( $\pm 6,9\%$ ) выше, чем аналогичные

показатели в пробах почвы с добавлением хитозана; или на 42,5% ( $\pm 12,0\%$ ) выше, чем количество почвенных микроорганизмов в контрольных образцах (рис. 3).

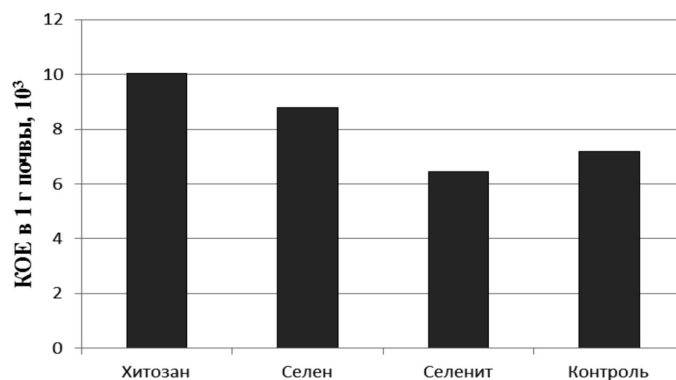


Рис. 1. График изменения общего количества почвенных микроорганизмов при добавлении в среду (песок) раствора хитозана, коллоидного селена и селенита натрия

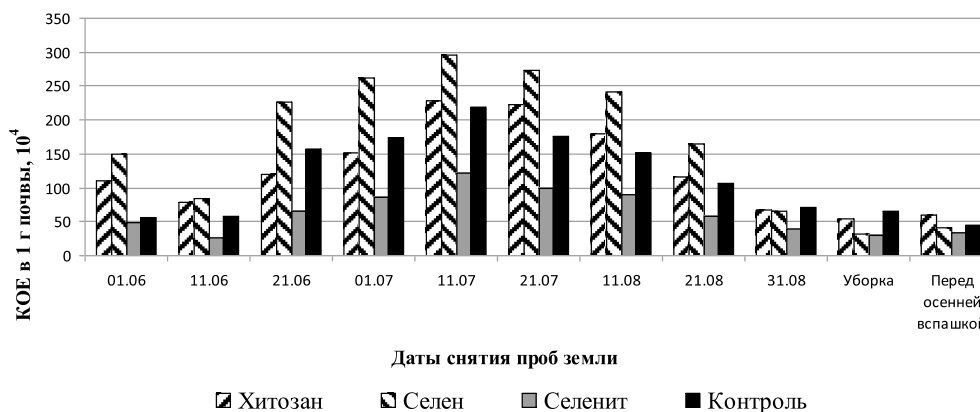


Рис. 2. График сезонного изменения общего количества почвенных микроорганизмов при обработке семян пшеницы растворами хитозана, коллоидного селена и селенита натрия

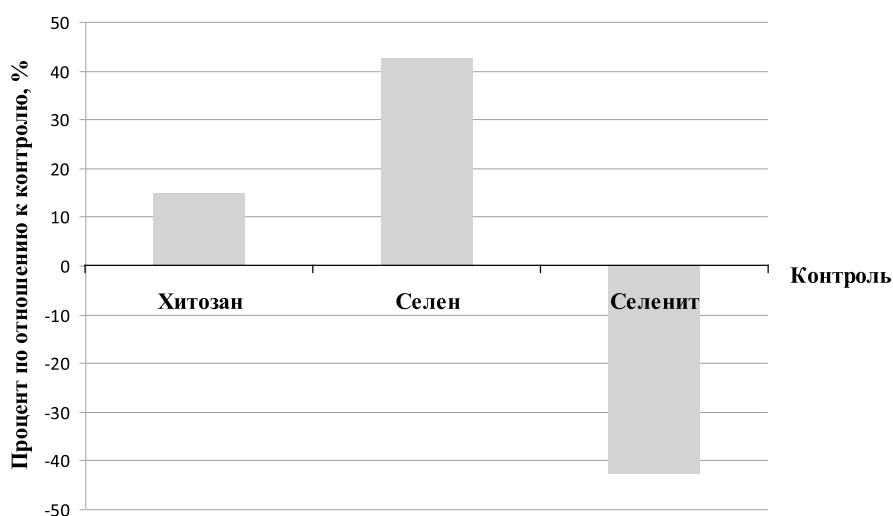


Рис. 3. График усреднённого сезонного процентного показателя количества почвенных микроорганизмов по сравнению с контролем (ось OY)

По истечении срока вегетации пшеницы был снят урожай и по некоторым параметрам проведён анализ. Масса тысячи зёрен в разных вариантах составила: хитозан – 33,0 г, коллоидный селен – 34,37 г, селенит натрия – 32,97, контроль – 33, 70 г. По этим данным был произведён расчёт урожайности: хитозан – 39,5 ц/га, коллоидный селен 41,3 ц/га, селенит натрия – 29,6 ц/га, контроль – 33, 8 ц/га. Таким образом, предпосевная обработка пшеницы раствором хитозана привела к увеличению урожайности на 16,9% по отношению к контролю; зёрна, обработанные раствором коллоидного селена, дали урожай на 4,6% больше, чем зёрна, обработанные хитозаном, и на 22,3% больше, чем контрольный образец. В свою очередь, обработка семян селенитом натрия привела к снижению урожайности на 12,5%.

#### Заключение

Таким образом, при проведении полевого эксперимента были получены результаты, подтверждающие первоначальные лабораторные исследования. Выявлено активизирующее влияние коллоидного селена на рост количества почвенных микроорганизмов, что положительно влияет на почвенную биоту и косвенно на общее состояние сельскохозяйственных угодий в целом.

В свою очередь, использование селенита натрия на исследуемом участке вызвало уменьшение количества почвенных микроорганизмов почти на половину по сравнению с образцами контрольной делянки. Кроме того, использование раствора хитозана и в особенности коллоидного селена, стабилизированного хитозаном, в качестве удобрения приводило к увеличению урожайности пшеницы на 10–20%.

*Работа поддержана проектом № 5108ГУ1/2014 Фонда содействия инновациям УМНИК.*

#### Список литературы

1. Евдокимов Е.В. Динамика популяций в задачах и решениях. Учебное пособие. Томск: Томский государственный университет, 2001. – 72 с.
2. Методы микробиологического контроля почвы. Методические рекомендации. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.bestpravo.ru/rossijskoje/hw-praktika/14o.htm>.
3. Мирошниченко М.В. Изучение закономерностей синтеза и разработка технологии концентрата наночастиц нульвалентного селена для новых профилактических продуктов. Автореф. дис. канд. техн. наук.: 05.18.04. Ставрополь, 2013. – 24 с.
4. Свободин В.А. Интенсификация и эффективность сельскохозяйственного производства. – М.: Росагропромиздат, 1998. – С. 77–79.
5. Смирнова Д.Б., Ивахнова Д.А., Апрятина К.В., Синецкая Ю.В. Изменение скорости роста естественных почвенных микроорганизмов при добавлении в среду различных концентраций коллоидного селена. / Д.Б. Смирнова, Д.А. Ивахнова, К.В. Апрятина, Ю.В. Синецкая // Потенциал современной науки. – 2014. – № 6. – С. 23–27.