

УДК 633/635:58

ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА НАНОСЕЛЕНА ПРИ ИНКРУСТАЦИИ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ

Юркова И. Н., Омельченко А. В.

*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: nanosilver@rambler.ru*

В работе исследованы защитно-стимулирующие свойства наночастиц селена при обработке семян пшеницы методом инкрустации. Увеличение массы сухого вещества корней и надземной части наблюдалось во всем интервале исследуемых концентраций наноселена (10,0–50,0 мг/л) и коррелировало с уменьшением зараженности фитопатогенами. Максимальное увеличение прироста массы сухого вещества корней составляло 17,3–18,9 %, а надземной части – 13,9–14,7 % в зависимости от используемого прилипателя.

Ключевые слова: наночастицы, селен, семена, инкрустация, прилипатели, пшеница.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы интерес к селену все более возрастает. Это связано с его недостатком в среде обитания многих регионов. В результате антропогенных нарушений, вызванных загрязнением биосферы тяжелыми металлами и серой, содержание селена в окружающей среде будет только уменьшаться. В настоящее время роль селена в жизнедеятельности растений изучена еще недостаточно [1–3]. Имеющиеся в литературе данные свидетельствуют о влиянии селена на метаболизм растительной клетки [4–5]. Показано, что селен участвует в реакциях образования хлорофилла, синтезе трикарбоновых кислот, метаболизме высокомолекулярных жирных кислот, а также присутствует в ряде окислительно-восстановительных ферментов вместе с железом и молибденом [6]. Биологическая активность селена зависит от формы, в которой он находится. Неорганические формы селена (селенит- и селенат-ионы) являются токсичными и могут вызывать негативные явления. Наименее токсичным и биодоступным считается наноразмерный селен. Наночастицы селена обладают пролонгированным действием, генерируя ионы и электроны, которые воздействуют на клеточном уровне [7]. Это приводит к усилению фотосинтеза, углеводного обмена, дыхания и поглощения минеральных веществ.

Большинство работ, описанных в литературе, связано с исследованием накопления селена в растениях с точки зрения возможности обогащения этим элементом человека и животных при лечении и профилактике селенодефицита [8]. Остается недостаточно изученным влияние различных форм селена и способов обработки на рост и развитие культурных растений.

Наиболее эффективным способом обработки семян является инкрустация. В качестве пленкообразователя в инкрустирующую смесь обычно добавляют NaКМЦ, ПВС, полиакриамид и др. При традиционном протравливании эффективность защиты всходов от вредителей и болезней является недостаточной, при этом велико негативное воздействие на окружающую среду [9]. Решение этой проблемы может быть связано с созданием новых экологически безопасных комплексных препаратов с защитно-стимулирующими свойствами.

Целью настоящей работы было исследование защитно-стимулирующего действия композиции наноселена, стабилизированной альгинатом натрия, при обработке семян пшеницы методом инкрустации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами для проведения исследований служили семена озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Подольнка, водорастворимая композиция наноселена, стабилизированная альгинатом натрия, и поверхностно-активные вещества (прилипатели): «Прилипач» (синтетическое поверхностно-активное вещество этоксилят изодецилового спирта) и «Липосам» (комплекс экзополимеров полезных микроорганизмов) в концентрации 25,0 мг/л. Водорастворимую нанокоспозицию селена получали путем восстановления селенистокислого натрия L-цистеином и стабилизацией альгинатом натрия (натриевая соль альгиновой кислоты, BioChemika) [10]. Альгинат натрия являлся не только стабилизатором наночастиц селена, но и обладает широким спектром биологической активности [11].

Для определения защитно-стимулирующего действия наноселена семена обрабатывали методом инкрустации нанокоспозицией с прилипателями Липосам и Прилипач. Концентрация наноселена составляла 10,0; 20,0; 30,0; 40,0 и 50,0 мг/л. Затем семена высушивали и выращивали в течение 7 суток в водной культуре на питательной среде Кнопа. Контролем служили семена, обработанные прилипателями Прилипач или Липосам без наноселена. Биомассу проростков корней и надземной части измеряли гравиметрическим методом на 7 сутки, фиксируя растительный материал в течение 5 мин при 110 °С и доводя его до постоянной массы при 60 °С. Определение зараженности семян фитопатогенами проводили по ГОСТу 12044-93 [12].

Эксперименты проводили в 3-кратной биологической повторностях. Статистическую обработку полученных результатов проводили по Г. Ф. Лакину [13], в таблицах и на рисунках представлены средние арифметические значения и их стандартные ошибки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур в растениеводстве используют методы обработки семян регуляторами роста, которые активируют процессы метаболизма и защищают растения от стрессовых воздействий [14].

При инкрустации семян пшеницы композицией наноселена с увеличением концентрации устойчивость к фитопатогенам увеличивалась. При обработке семян наноселеном в концентрации 10,0–20,0 мг/л установлено, что количество семян, зараженных фитопатогенами, было в 3–10 раз меньше по сравнению с контрольным вариантом, а при концентрации 30,0–50,0 мг/л – полностью отсутствовало (рис. 1).

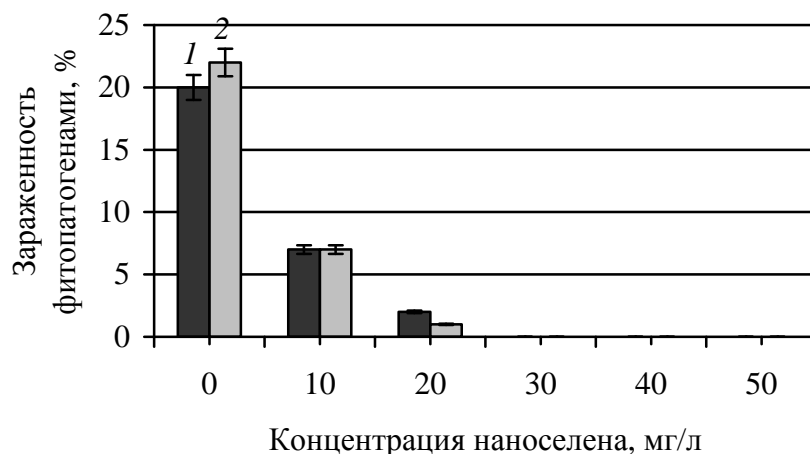


Рис. 1. Влияние обработки семян наноселеном на зараженность проростков пшеницы фитопатогенами: 1 – «Прилипач», 2 – «Липосам».

Результаты стимуляции накопления биомассы корней и надземной части проростков после инкрустации семян наноселеном с прилипателями Липосам и Прилипач были близки. Увеличение массы сухого вещества корней и надземной части наблюдалось во всем интервале исследуемых концентраций наноселена. Однако максимальный эффект накопления биомассы корней и надземной части проростков после обработки семян наноселеном был установлен при концентрации наноселена в инкрустирующей смеси 20,0–40,0 мг/л и 20,0–50,0 мг/л соответственно. При этом увеличение накопления сухого вещества корней было значительно выше, чем у надземной части (табл. 1 и 2).

Результаты стимуляции ростовой активности коррелировали с уменьшением зараженности проростков фитопатогенами (рис. 1).

Ранее нами было показано, что обработка семян методом замачивания в течение 4 часов в водной композиции наноселена оказывало стимулирующее действие на ростовые процессы растений на ранних этапах онтогенеза, мобилизуя систему антиоксидантной защиты растений [15]. Однако этот эффект был значительно ниже, чем при инкрустации. Максимальные значения накопления биомассы корней и надземной части проростков составляли 16,1 % и 9,8 % соответственно [15].

Таблица 1
Влияние инкрустации семян нанокomпозицией селена с прилипателем
Липосам на накопление биомассы 7-дневных проростков пшеницы
 $(\bar{x} \pm S \bar{x})$

Вариант опыта	Масса сухого вещества			
	корни, мг	надземная часть, мг	корни, %	надземная часть, %
Контроль (без наноселена)	3,73±0,13	4,01±0,12	100,0	100,0
Наноселен 10,0 мг/л	4,00±0,15	4,27±0,14	106,8	106,5
Наноселен 20,0 мг/л	4,19±0,15	4,34±0,15	112,3	108,2
Наноселен 30,0 мг/л	4,27±0,17	4,44±0,15	114,5	110,8
Наноселен 40,0 мг/л	4,38±0,16	4,55±0,16	117,3	113,4
Наноселен 50,0 мг/л	4,07±0,15	4,57±0,15	109,1	113,9

Таблица 2
Влияние инкрустации семян нанокomпозицией селена с прилипателем
Прилипач на накопление биомассы 7-дневных проростков пшеницы
 $(\bar{x} \pm S \bar{x})$

Вариант опыта	Масса сухого вещества			
	корни, мг	надземная часть, мг	корни, %	надземная часть, %
Контроль (без наноселена)	3,72±0,12	3,94±0,13	100,0	100,0
Наноселен 10,0 мг/л	4,00±0,13	4,20±0,14	107,5	106,7
Наноселен 20,0 мг/л	4,01±0,13	4,33±0,15	117,9	109,8
Наноселен 30,0 мг/л	4,38±0,15	4,41±0,15	119,3	112,0
Наноселен 40,0 мг/л	4,42±0,16	4,52±0,16	118,9	114,7
Наноселен 50,0 мг/л	4,04±0,14	4,46±0,17	108,5	110,7

При этом обработка семян методом инкрустации приводила к увеличению прироста массы сухого вещества корней на 17,3–18,9 %, а надземной части – на 13,9–14,7 % в зависимости от используемого прилипателя (табл. 1 и 2).

Такие отличия в результатах стимуляции роста биомассы проростков пшеницы после обработки семян методом инкрустации можно объяснить наличием на поверхности семян оболочки из наночастиц селена, действующих пролонгированно как на фитопатогены, так и физиолого-биохимические процессы, протекающие в семени [7].

Таким образом, наноконпозиция на основе селена, стабилизированная альгинатом натрия, с прилипателями может быть рекомендована в качестве экологически безопасного защитно-стимулирующего препарата для обработки растений пшеницы методом инкрустации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Впервые исследованы защитно-стимулирующее действие наноселена при инкрустации семян пшеницы.
2. Показано, что оптимальная концентрация наноселена, влияющая на прирост сухой массы проростков, составляет 20,0–50,0 мг/л. При этом прирост сухой массы корней составлял 17,3–18,9 %, а надземной части – 13,9–14,7 % по сравнению с контролем.
3. Увеличение биомассы проростков коррелировало с уменьшением зараженности фитопатогенами.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках базовой части государственного задания № 2015/701 Минобрнауки России в сфере научной деятельности темы «Обоснование применения оздоровительно-превентивных технологий на основе действия низкоинтенсивных факторов различной природы».

Список литературы

1. Селен в биосфере / А. Ф. Блинохватов, Г. В. Денисова, Д. Ю. Ильин и др. – Пенза: РИО ПГСХА, 2001. – 324с.
2. Гмошинский И. В. Селен в питании: краткий обзор / И. В. Гмошинский, В. К. Мазо // *Medicina Altera*. – 1999, № 4. – С. 18–22.
3. Голубкина Н. А. Аккумуляция селена зерновыми культурами России / Н. А. Голубкина // Доклады Российской Академии сельскохозяйственных наук. – 2007. – № 5. – С. 6–9.
4. Ловкова М. Я. Лекарственные растения – концентраты селена. Перспективы расширения спектра использования / М. Я. Левкова, С. М. Соколова, Г. Н. Бузук // Доклады Академии наук. – 2008. – Т. 418, № 5. – С. 709–711.
5. Кашин В. К. Биологическое действие и накопление селена в пшенице в условиях селенодефицитной биогеохимической провинции / В. К. Кашин, О. И. Шубина // *Химия в интересах устойчивого развития*. – 2011. – № 19. – С. 151–156.
6. Селен. Некоторые аспекты химии, экологии и участия в развитии патологии (обзор) / В. В. Вапиров, М. Э. Шубина, Н. В. Вапирова [и др.]. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2000. – 68 с.
7. Разработка и проведение экспериментальной оценки эффективности применения в растениеводстве новых видов удобрений, полученных с использованием нанотехнологий / Н. П. Егоров, О. Д. Шафранов, Д. Н. Егоров [и др.] // *Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского*. – 2008, № 6. – С. 94–99.
8. Пролонгированное воздействие ультрадисперсных порошков металлов на семена злаковых культур / В. Н. Селиванов, Е. В. Зорин, Е. Н. Сидорова [и др.] // *Перспективные материалы*. – 2001. – № 4. – С. 66–69.

9. Кильмакаев Т. А. Методы предпосевной обработки семян / Т. А. Кильмакаев // Успехи современной биологии. – 1991. – Т. 111. – Вып. 1. – С. 134–137.
10. Пат. 84626 МПК6 А 61 К 33/38, А 61 К 31/00. Спосіб отримання водорозчинної композиції наночастинок, яка містить наночастилки селену / І. М. Юркова, Е. П. Панова, Д. О. Панов, О. В. Омельченко: заявник і власник Таврійський національний університет; – № 201305453; заявл. 26.04.13 ; опубл. 25.10.13. Бюл. № 20.
11. Физико-химические свойства, физиологическая активность и применение альгинатов и полисахаридов бурых водорослей / Ю. С. Хотимченко, В. В. Ковалев, О. В. Савченко [и др.] // Биология моря. – 2001. – Т. 22, № 3. – С. 151–162.
12. ГОСТ 12044-93. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2011. – 57 с.
13. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
14. Кулагина Ю. М. Влияние селенита натрия на рост и развитие растений пшеницы в зависимости от способа обработки / Ю. М. Кулагина, И. Ф. Головацкая // Вестник Томского гос. ун-та. Биология. – 2011. – № 2 (14). – С. 56–64.
15. Юркова И. Н. Влияние наночастиц селена и селенита натрия на рост и развитие растений пшеницы / И. Н. Юркова, А. В. Омельченко // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Серия: «Биология, химия». – 2015. – Т. 1 (67), № 3. – С. 99–106.

PROTECTIVE AND STIMULATING PROPERTIES OF NANOSELENIUM FOR INCRUSTATION OF WHEAT SEEDS

Jurkova I. N., Omelchenko A. V.

*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russian Federation
E-mail: nanosilver@rambler.ru*

In recent years there is an increasing interest in investigation of selenium. This is due to its lack in many regions. The least toxic and bioavailable is nanoselenium. Selenium nanoparticles have prolonged action, they generate ions and electrons which act at the cellular level. This leads to increased rate of photosynthesis, carbohydrate metabolism, respiration and the absorption of minerals. The most effective method of seed treatment is incrustation. Unlike treating with a mordant, this approach significantly increases the effectiveness of protection of seedlings from pests and diseases and also reduces negative impacts on humans and the environment.

The aim of the present study was to investigate the protective and stimulating action of nanoselenium composition stabilized with sodium alginate after treatment of wheat seeds through incrustation.

The objects for the research were the seeds of winter wheat (*Triticum aestivum* L.), varieties Podolyanka, adhesives Prilipach and Liposam in a concentration of 25 mg/L, and a water-soluble selenium nanobiocomposition. In order to determine the protective and stimulating effect of nanoselenium on seeds, they were treated through incrustation with selenium nanobiocomposition using adhesives. Concentrations of nanoselenium tested were 10.0; 20.0; 30.0; 40.0 and 50.0 mg/L. Biomass of seedling roots and aboveground parts was measured with gravimetric method after 7 days. Determination of seed infection by phytopathogens was carried out according to GOST 12044-93.

Level of seed incrustation with nanocomposition using adhesives Liposam and Prilipach were close. Increased root dry biomass and aboveground dry biomass were observed over the entire range of concentrations studied. The results correlated with the decrease of contamination by phytopathogens. Incrustation of seeds resulted in increased root dry biomass of 17.3–18.9 %, and aboveground dry biomass – 13.9–14.7 %, depending on the adhesive used. At a concentration of nanoselenium 30,0–50,0 mg/L infection is completely absent.

It was previously shown that seed soaking treatment of wheat for 4 hours in nanoselenium aqueous composition is less effective than incrustation.

Thus, a nanocomposition based on selenium and sodium alginate with adhesives can be used as an environmentally safe protective stimulant for the treatment of wheat plants using incrustation.

Keywords: nanoparticles, selenium, seed, incrustation, adhesive, wheat.

References

1. Blinohvatov A. F., Denisova G. V., Il'in D. Ju. *Selen v biosfere* (Penza: RIO PGSHA, 2001).
2. Gmoshinskij I. V., Mazo V. K. Selen v pitanii: kratkij obzor, *Medicina Altera*. **4**, 18–22 (1999).
3. Golubkina N. A. Akkumulirovanie seleno zernovymi kul'turami Rossii, *Doklady Rossijskoj Akademii sel'skohoz'jajstvennyh nauk*. **5**, 6–9 (2007).
4. Lovkova M. Ya. Sokolova S. M., Buzuk G. N. Lekarstvennye rasteniya – kontsentratory seleno. Perspektivy rasshireniya spektra ispol'zovaniya, *Doklady Akademii nauk*. **418**, (5). 709–711 (2008)
5. Kashin V. K., Shubina O. I. Biologicheskoe deystvie i nakoplenie seleno v pshenitse v usloviyakh selenodefitsitnoy biogeokhimicheskoy provintsii, *Khimiya v interesakh ustoychivogo razvitiya*. **19**, 151–156 (2011).
6. Vapirova V. V., Shubina M. E., Vapirova N. V. *Selen. Nekotorye aspekty khimii, ekologii i uchastiya v razvitiu patologii* (Petrozavodsk: PetrGU, 2000).
7. Egorov N. P., Shafranov O. D., Egorov D. N. Razrabotka i provedenie eksperimental'noy otsenki effektivnosti primeneniya v rastenievodstve novykh vidov udobreniy, poluchennykh s ispol'zovaniem nanotekhnologii, *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo*. **6**, 94–99 (2008).
8. Selivanov V. N., Zorin E. V., Sidorova E. N. Prolongirovannoe vozdeystvie ul'tradispersnykh poroshkov metallov na semena zlakovykh kul'tur, *Perspektivnye materialy*. **4**, 66–69 (2001).
9. Kil'makaev T. A., Metody predposevnoj obrabotki semjan, *Uspehi sovremennoj biologii*. **111** (1), 134 (1991).
10. Pat. 84626 MPK6 A 61 K 33/38, A 61 K 31/00. Sposib otrimannya vodorozchinnoï kompozitsii nanochastinok, yaka mistit' nanochastinki selenu / I. M. Yurkova, E. P. Panova, D. O. Panov, O. V. Omel'chenko : zayavnik i vlasnik Tavriys'kiy natsional'niy universitet ; – № 201305453 ; zayavl. 26.04.13 ; opubl. 25.10.13. Byul. № 20.
11. Khotimchenko Yu. S., Kovalev V. V., Savchenko O. V., Ziganshina O. A. Fiziko-khimicheskie svoystva, fiziologicheskaya aktivnost' i primeneniye al'ginatov i polisakharidov burykh vodorosley, *Biologiya morya*. **22** (3), 151–162 (2001).
12. GOST 12044-93. Semena sel'skohoz'jajstvennyh kul'tur. Metody opredeleniya zarazhennosti boleznyami (Minsk: Mezhdgosudarstvennyj sovet po standartizacii, metrologii i sertifikacii, 2011).
13. Lakin G. F. *Biometriya* (Moscow, High School, 1990).
14. Kulagina Ju. M., Golovackaja I. F. Vliyanie selenita natrija na rost i razvitie rastenij pshenicy v zavisimosti ot sposoba obrabotki, *Vestnik Tomskogo gos. un-ta. Biologija*. **2** (14), 56–64 (2011).
15. Jurkova I. N., Omel'chenko A. V. Vliyanie nanochastice seleno i selenita natrija na rost i razvitie rastenij pshenicy, *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Serija: «Biologija, himija»*. **1** (67), 3, 99–106 (2015).