

УДК 631.547.03
AGRIS F60

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/39/19>

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ РАСТЕНИЙ, ВЫРАЩЕННЫХ В СОЛЕННЫХ ПОЧВАХ

*©Гасанова Ф. В., докторант, Бакинский государственный университет,
г. Баку, Азербайджан*

INFLUENCE OF NANOPARTICLES ON FERMENTS ACTIVITY AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERS OF THE GROWN PLANTS IN SALINE SOILS

©Gasanova F., doctoral student, Baku State University, Baku, Azerbaijan

Аннотация. В последнее время использование наночастиц в решении экологических проблем в сельском хозяйстве и вызывает значительный интерес. Одним из интересных направлений в нанотехнологиях является применение наночастиц в солеустойчивости сельскохозяйственных культур. В предлагаемой исследовательской работе мы попытались получить нормальное развитие роста растений в засоленных почвах с использованием наночастиц на основе металлов, таких как Al_2O_3 , CuO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , ZnO , TiO_2 . Для этого сначала исследовали влияние наночастиц на гидратацию семян, на ризосферу почв, на засорение и рассаду одно- и двудольных культур в нормальной и засоленной почвах. Перед посадкой семена обрабатывали наночастицами порошка. Задачей настоящей работы было изучение влияния наночастиц на энергию прорастания, всхожесть, рост и развитие, содержание фотосинтетических пигментов, активность фотосистем и ферментов растений. Исследовали диффузию наночастиц в эндосперме семян методом ЭПР. Для этого семена данных растений подвергали воздействию дисперсионного раствора наночастиц железа один день, а затем готовили образцы из разных слоев эндосперма семян для определения сигнала ЭПР. Спектроскопическим методом мы также исследовали влияние наночастиц на содержание хлорофилла в листьях проростков, высаженных на нормальных и засоленных почвах. В результате экспериментов выявлено, что наночастицы изменяют характер гидратации семян, могут диффундировать в семена и достигают зародыша семян, позволяют прорасти в засоленной почве, стимулируют развитие проростков.

Abstract. Lately, use of nanoparticles in ecological problems solution of agriculture rouses a great interest. One of the interesting directions in nanotechnologies is nanoparticles application in agricultural plants salt-tolerance. Normal development of the plant provision in the saline soils was tried using from nanoparticles on the basis of Al_2O_3 , CuO , Fe_2O_4 , ZnO , TiO_2 metals. For this purpose, an influence of nanoparticles on seeds hydration, soil rhizosphere, contamination and planes shooting in the normal and saline soils was investigated. In this connection before sowing the seeds were worked out by the nanoparticle dust. An impact of nanoparticles on plants shooting energy. Growth and development, photosynthetic pigments quantity. Photosystem activity and plant ferments concern future duties. The nanoparticles diffusion in seed endosperm was studied on the basis of the EPR method in the researches. Therefore, the samples were prepared from different layers of the seeds endosperm to determine EPR signal, the plant seeds were exposed to the influence of nanoparticles in dispersible solution for one day. Influence of nanoparticles on chlorophyll quantity in shooting leaves of the grown cultures in the normal and saline soils using of

the spectroscopic method was determined. It was determined as a result of the experiment that nanoparticles stimulate shoots development changing a hydration character of the seeds, diffusing to the seeds, creating an opportunity for shooting in the saline soils.

Ключевые слова: наночастицы, всходы, семена, засоленные земли.

Keywords: nanoparticles, shooting, seeds, saline soils.

Введение

Засоление почв стало серьезной и глобальной экологической проблемой в мире. Эта проблема затрагивает многие страны. Давно известно что, соленость почвы не только уменьшает сельскохозяйственное производство большинства культур, но также влияет на физико-химические свойства почвы. Воздействие солености включают — низкая производительность сельского хозяйства, низкая экономическая отдача и эрозия почвы [1]. Эффект солености являются результатами сложных взаимодействий между морфологическими, физиологические и биохимические процессы, включая семена прорастание, рост растений и поглощение воды и питательных веществ [2–3]. Соленость влияет практически на все аспекты развития растений, включая: прорастание, вегетативный рост и репродуктивное развитие. Большинство сельскохозяйственных растений чувствительны к засолению почвы, особенно в первый период онтогенеза во время прорастания и роста рассады. Поэтому особенно важно повысить солеустойчивость растений во время прорастания и роста рассады. Засоленность почвы вызывает ионную токсичность, осмотический стресс, питательные вещества (N, Ca, K, P, Fe, Zn) дефицит и окислительный стресс на растениях, и таким образом, ограничивает поглощение воды из почвы. Засоленность почвы значительно уменьшает поглощение фосфора растением (P), потому что фосфат ионы осаждаются с ионами Ca [4]. Немного элементы, такие как натрий, хлор и бор, имеют специфические токсическое воздействие на растения. Чрезмерное накопление натрия в клеточные стенки могут быстро привести к осмотическому стрессу и гибели клеток [5]. Растения, чувствительные к этим элементам, могут быть влияет на относительно низкие концентрации соли, если почва содержит достаточно токсичного элемента. Потому что многие соли также растительные питательные вещества, высокий уровень соли в почве может нарушить баланс питательных веществ в растении или мешают усвоению некоторых питательных веществ [6]. Соленость также влияет на фотосинтез в основном за счет уменьшения площади листьев, содержания хлорофилла и устье проводимости, и в меньшей степени через снижение эффективности фотосистемы II [7].

Соленость отрицательно влияет на репродуктивное развитие, населяя микроспорогенез и удлинение тычиночной нити, усиление запрограммированной гибели клеток в некоторых типах тканей, яйцеклетка аборт и старение оплодотворенных эмбрионов. Солевой раствор питательная среда оказывает множество неблагоприятных воздействий на рост растений, из-за низкого осмотического потенциала почвенного раствора (осмотический стресс), специфические ионные эффекты (солевая нагрузка), нарушение питания или сочетание этих факторов [8]. Все эти факторы оказывать неблагоприятное влияние на рост и развитие растений в физиологические и биохимические уровни [9] и на молекулярном уровне [10]. Неблагоприятные воздействия солености на рост растений может также возникнуть в результате ухудшения поставок фотосинтетических ассимилятов или гормонов в растущие ткани [8]. Ионная токсичность является результатом замены K^+ на Na^+ в биохимических реакциях, а Na^+ и Cl^- индуцированные конформационные изменения в белках. Для

нескольких ферменты, K^+ действует как кофактор и не может быть заменен Na^+ . Высокая концентрация K^+ также необходима для связывания тРНК в рибосомы и, следовательно, синтез белка [11]. Ионная токсичность и осмотический стресс вызывают метаболический дисбаланс, что в свою очередь приводит к окислительному стрессу [12]. Неблагоприятное воздействие солёности может быть связано с влиянием солевого стресса на клеточный цикл и дифференцировку. Солёность временно останавливает клеточный цикл, уменьшая экспрессию и активность циклинов и циклинзависимых киназ, которые приводит к уменьшению количества клеток в меристеме, что ограничивает рост. Активность циклинзависимой киназы снижается также посттрансляционное торможение при солевом стрессе. Последние отчеты также показывают, что засоление отрицательно влияет на рост растений и развитие, препятствующее прорастанию семян, росту рассады, активность фермента [13]. ДНК, РНК, синтез белка и митоз [14–15].

Существуют доказательства того, что продукты нанотехнологий и наночастиц могут попадать в воду, почву и воздух, могут входить в пищевую цепочку экосистем. Из-за прямого контакта с компонентами почвы, воды и воздуха вероятность распространения наночастиц в этих типах окружающей среды очень высока; поэтому растения страдают больше, чем другие живые системы. Накопление наночастиц в растительных и животных организмах может привести к распространению в пищевой цепи этих экосистем и в организме человека. Целью данной работы является исследование токсического и физиологического воздействия некоторых наночастиц на растения выращенных на солёных почвах с целью оценки их токсичности. В настоящее время существует относительно немного исследований, в которых изучались механизмы взаимодействия наночастиц с растениями в отношении нанофитотоксичности и биоаккумуляции. Следовательно, важность нанотоксикологических исследований растений возрастает с каждым годом. Основное внимание уделяется выяснению механизма трансформации и физиологического воздействия наночастиц, полученных физико–химическими методами. Токсичность наночастиц в первую очередь связана с их способностью абсорбировать, транспортировать и взаимодействовать с клеткой и внутриклеточной структуры клетки.

Материалы и методы исследований

Объектом исследований служили проростки растений мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.), хлопчатника (*Gossypium hirsutum* L.), и гороха (*Pisum sativum* L.). Для исследования влияния наночастиц на прорастание и развитие проростка перед посадкой семян обрабатывали разными наночастицами (Рисунок 1). Наночастицы были приобретены у Sky Spring Nanomaterials, Inc. Характеристики частиц были следующими. Средний размер частиц: 18 нм, чистота: 99,9% и площадь поверхности > 80 (m^2/g), как сообщает коммерческий агент. По степени засоленности были использованы два типа почв в экспериментах: сильные и слабые засоленные почвы. Во втором варианте экспериментов в почву была добавлена соль NaCl, солёность которой была достигнута на 0,2%. Семена стерилизовали путем вымачивания в 10% H_2O_2 в течение двух минут с последующим замачиванием в 10% отбеливателе в течение 15 мин. Затем семена промывали дистиллированной водой примерно четыре раза, пока не осталось запаха отбеливателя. Основная среда, используемая для выращивания семян, содержала водопроводную воду. Наночастицы также добавляли в носитель до того, как pH был отрегулирован. pH среды был доведен до приблизительно 6,5 после добавления всех компонентов среды. Семена опытных растений обрабатывали порошками наночастиц CuO, Fe_2O_3 , ZnO, Al_2O_3 , и TiO_2 , затем высевали в чашки Петри и в вегетационные сосуды с почвой. Определяли энергию

прорастания и всхожесть семян. В процессе дальнейшего роста растений определяли морфометрические показатели, содержание хлорофилла а и б, каротиноидов, активность фотосистемы 2 и ферментов супероксиддисмутазы и каталазы. Для определения содержания пигментов использовали спиртовую вытяжку листьев. Содержание пигментов определяли на спектрофотометре СФ-26, по поглощению при длине волн 665, 649 и 440 нм. Количество пигментов рассчитывали по методу Вернона [16]. Активность фотосистемы 2 определяли с помощью прибора ПАМ (Photosynthesis analyzer, Germany). Активность фермента супероксиддисмутазы определяли по методу [17] активность каталазы — полярографически, по выделению кислорода. Статическую обработку данных проводили по программе “Statistica for windows”.



Рисунок 1. Семена пшеницы и хлопка, покрытые наночастицами Al.

Результаты и обсуждение

1. Влияние наночастиц на водопоглощение (впитывание) семян

В экспериментах было изучено влияние наночастиц Al на поглощение воды (впитывание) семян. В экспериментах использовались семена однодольных (пшеница) и двудольных (черноглазая фасоль и горох). Количество поглощенной воды семенами изучали весовым методом. Для этого каждое семя было взвешено и пронумеровано перед введением в дистиллированную воду. Затем для контрольного варианта 10 семян хранили в дистиллированной воде, а 10 семян хранили в дисперсионном растворе 25–50 мг порошка Al, растворенного в дистиллированной воде. Во время эксперимента семена взвешивали один за другим каждые два часа. Количество поглощенной воды измеряли по формуле: $\Delta M = M_s - M_d$, где ΔM — поглощенная вода (мг) в данный момент времени, M_s — масса набухших семян (мг), а M_d — масса сухих семян (мг). Измерения длились 28–36 часов. Была выявлена кинетика поглощения воды (мг) в зависимости от времени воздействия. Кинетика влияния наночастиц на гидратацию (водопоглощение) семян пшеницы показана на Рисунке 2.

В случае пшеницы (Б) кривая поглощения воды в дистиллированной воде (контрольные варианты) состоит из двух компонентов: быстрого начального потребления и медленного увеличения до насыщения. Начальный переходный процесс длится около 4–12 часов. В течение 6 часов количество поглощенной воды в контрольном и контрольном вариантах одинаково. Под воздействием раствора наночастиц Al быстрая начальная кривая поглощения воды становится линейной. Кроме того, после 6-часовой выдержки количество поглощенной воды увеличивается до 20 ч под воздействием наночастиц Al.

Из Рисунка 2 видно, что количество поглощенной воды увеличивается в 4 раза у пшеницы. В случае двудольных — в семенах черноглазых бобов кривые поглощения (А) воды в дистиллированной воде (контрольные варианты) также состоят из двух компонентов, но отличаются от однодольных. Интенсивное поглощение воды происходит через 6–8 часов,

и сразу происходит насыщение. Под воздействием раствора наночастиц Al быстрая начальная кривая поглощения воды становится линейной. Но каждый раз количество поглощенной воды меньше в случае наночастиц Al, чем в контрольных вариантах. Насыщение поглощения воды происходит через 24 часа (Рисунок 2).

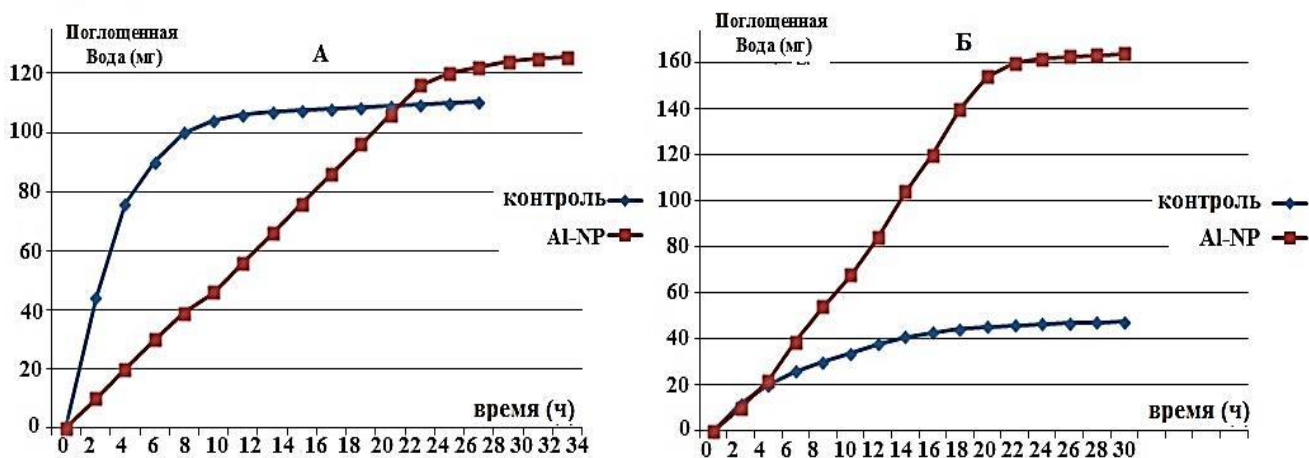


Рисунок 2. Влияние наночастицы на кинетику водопоглощения семян фасоли (А) и пшеницы (Б).

2. Влияние наночастиц на прорастание семян

Различные наночастицы по-разному влияют на интенсивность прорастания. Влияние наночастиц зависит от их размера и концентрации. Как видно из Рисунка 3, наночастицы Al + Ni сильно влияют на интенсивность прорастания семян у всех растений. Влияние наночастиц ZrO_2 зависит от их размера. Однако в случае наночастиц $\gamma-Fe_2O_3$ наблюдается стимуляция прорастания семян (Рисунок 3).

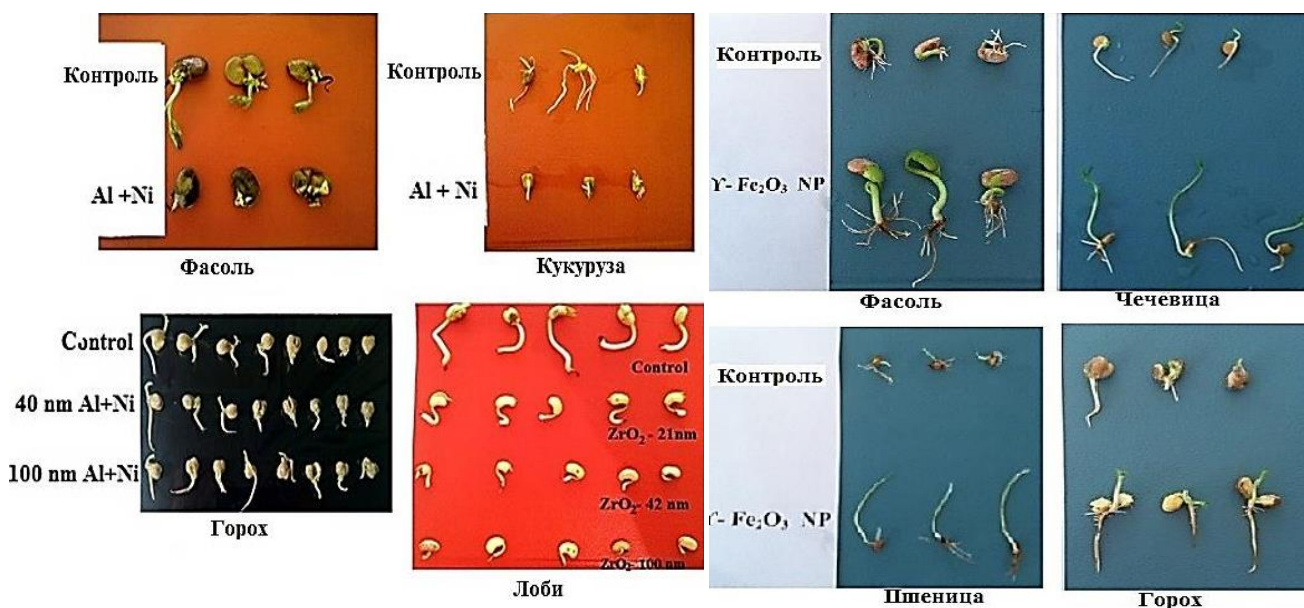


Рисунок 3. Влияние наночастиц на прорастание семян.

3. Влияние наночастиц на развитие рассады в нормальном и соленой почве

В других экспериментах изучалось влияние наночастиц на развитие проростков. В экспериментах семена растений покрывали наночастицами, а затем высаживали вегетационные сосуды с нормальной и соленых почвой.

Как показано на Рисунке 4, наночастицы Al + Ni значительно снижают развитие проростков. Однако наночастицы железа стимулируют рост проростков (Рисунок 4).

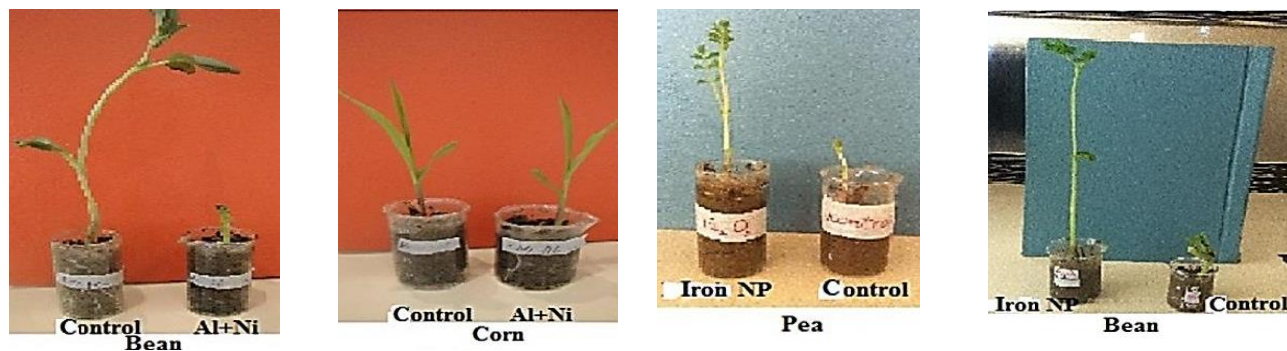


Рисунок 4. Влияние наночастиц на развитие рассады в нормальной почве.

Эксперименты по изучению развития наночастиц в засоленных почвах проводились в двух вариантах. Для первого варианта была взята плодородная почва, которая затем была искусственно засолена. Для этой цели почвы были засолены, добавив 0; 0,15%; 0,2% соли NaCl в зависимости от плодородной почвы. По второму варианту природные засоленные почвы были взяты с плантационных участков Евлахского и Джалилабадского районов. По степени засоленности почвы были разделены на три типа: суровые, умеренные и слабые засоленные почвы (Рисунок 5).

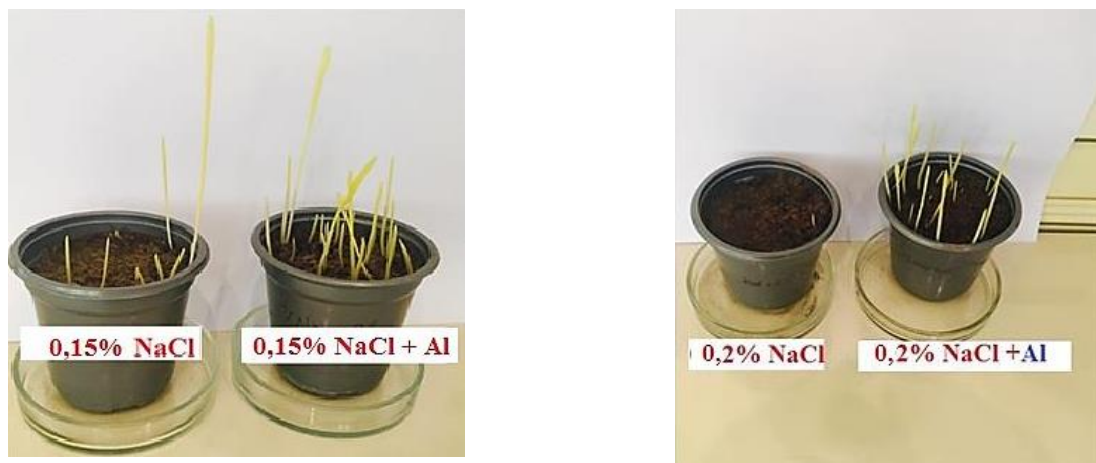


Рисунок 5. Рассады пшеницы в засоленных почвах.

Семена прорастали в камере выращивания растений при температуре 20–24 °С, влажности 70% и в темноте. В результате экспериментов было установлено, что всхожесть семян была очень слабой, и иногда в тяжелых засоленных почвах прорастание не происходило. Однако в тяжелых засоленных почвах прорастание семян, покрытых наночастицами Al, было гораздо более эффективным, чем контролируемое, а прорастание семян, покрытых наночастицами CuO, было относительно слабым (Рисунки 6–7).

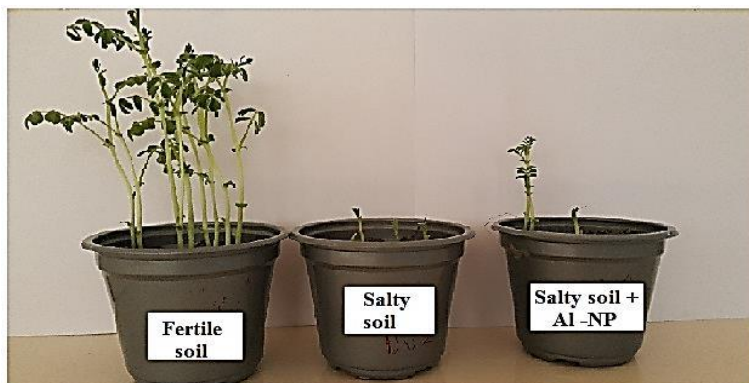


Рисунок 6. Влияние наночастиц Al на рост и развитие проростков гороха.

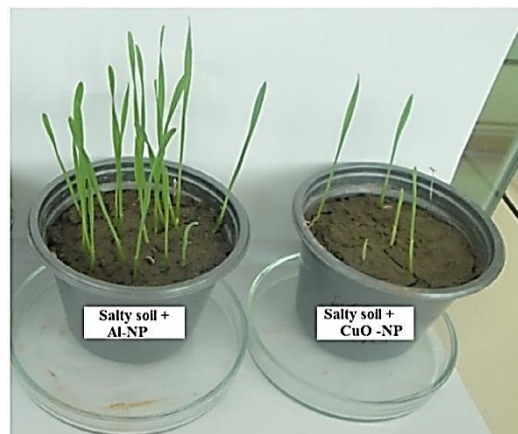


Рисунок 7. Влияние наночастиц Al и CuO на рост и развитие проростков пшеницы.

При определении энергии прорастания и всхожести семян выяснилось, что наночастицы оказывают разное влияние на эти показатели (Таблица 1).

Таблица 1.

ВЛИЯНИЕ НАНО СОЕДИНЕНИЙ НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН И МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ

Вариант опыта	Энергия прорастания, %	Всхожесть,	Рост проростков (см)		F_v/F_m
			14 день	19 день	
Контроль	70	90	3,5	11	0,8
CuO	70	80	4,5	12	0,6
TiO ₂	85	90	6,5	14	0,7
ZnO	90	100	6,5	14	0,7
Fe ₂ O ₃	85	90	7,0	15	0,7
Al ₂ O ₃	60	80	4,5	7	0,7

Как видно из Таблицы 1, наночастицы TiO₂, ZnO и Fe₂O₃ оказывают положительное влияние на энергию прорастания и всхожесть семян. Наночастицы TiO₂, ZnO и Fe₂O₃ также ускорили рост проростков пшеницы (Таблица 2).

Таблица 2.

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ НА СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ЛИСТЯХ ПШЕНИЦЫ (МГ/Г СЫРОЙ МАССЫ)

Вариант опыта	Хлорофилл а	Хлорофилл б	Каротиноиды
Контроль	1,8	0,55	2,2
CuO	1,4	0,46	2,9
TiO ₂	1,9	0,71	3,2
ZnO	1,9	0,69	3,5
Fe ₂ O ₃	2,1	0,72	3,7
Al ₂ O ₃	1,9	0,61	3,9

Заключение

Результаты этих экспериментов, проведенных в рамках данного исследования, являются новыми и интересными с точки зрения практической применимости и научной стороны. В экспериментах, в которых рассматривалось влияние наночастиц Al на водопоглощение (впитывание) семян, было получено, что наночастицы Al сильно изменяют скорость водопоглощения и влагоемкость семян. Этот эффект отличается у однодольных и двудольных. Способность семян поглощать воду в нормальных условиях делится на три этапа: интенсивное поглощение, слабый уровень и уровень насыщения. Однако при воздействии наночастиц Al эта емкость состоит из двух фаз: линейного уровня и уровня насыщения. Влияние наночастиц на прорастание семян зависит от размера, типа и концентрации наночастиц. Наночастицы могут вызывать токсическое действие, а также может стимулировать рост проростков. Эффект наночастиц зависит также от вида растений — однодольных или двудольных.

В экспериментах семена растений, покрытых наночастицами, высаживали в засоленные почвы разных типов и изучали их оценку. В экспериментах использовались разные сорта однодольных и двудольных растений. Растения были посажены как на искусственно засоленных, так и на естественных засоленных почвах. Результаты экспериментов показали, что в засоленных почвах семена прорастают слабо или совсем не выросли. Однако семена, покрытые наночастицами Al, выросли эффективно. Семена, покрытые CuO, росли довольно слабо. Влияние наночастиц на развитие растений проверяли путем определения содержания хлорофилла в листьях. Было показано, что наночастицы Al и Fe₂O₃ повышают уровень хлорофилла и каротиноидов больше, чем другие наночастицы. С другой стороны, уровень хлорофилла увеличивается в листьях растений, которые высаживаются в соленой почве, если их семена покрыты наночастицами Al.

Список литературы:

1. Hu Y., Schmidhalter U. Limitation of Salt Stress to Plant Growth // Plant toxicology / eds. Hock B., Elstner E. F. 4th ed. CRC Press, 2004. P. 191-224.
2. Akbarimoghaddam H., Galavi M., Ghanbari A., Panjehkeh N. Salinity effects on seed germination and seedling growth of bread wheat cultivars // Trakia Journal of Sciences. 2011. V. 9. №1. P. 43-50.
3. Singh K. N., Chatrath R. Salinity tolerance // Application of Physiology in Wheat Breeding / Reynolds M. P., Monasterio J. I. O., McNab A. (Eds.). Mexico: CIMMYT, 2001. P. 101-110.
4. Bano A., Fatima M. Salt tolerance in *Zea mays* (L). following inoculation with Rhizobium and Pseudomonas // Biology and Fertility of Soils. 2009. V. 45. №4. P. 405-413.
5. Munns R. Comparative physiology of salt and water stress // Plant, cell & environment. 2002. V. 25. №2. P. 239-250.
6. Blaylock A. D. Soil salinity, salt tolerance, and growth potential of horticultural and landscape plants. University of Wyoming, Cooperative Extension Service, Department of Plant, Soil, and Insect Sciences, College of Agriculture, 1994.
7. Netondo G. W., Onyango J. C., Beck E. Sorghum and salinity // Crop Science. 2004. V. 44. №3. P. 797-805.
8. Ashraf M. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants // Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants. 2004. V. 199. №5. P. 361-376.
9. Munns R., James R. A. Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat // Plant and soil. 2003. V. 253. №1. P. 201-218.

10. Tester M., Davenport R. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants // *Annals of botany*. 2003. V. 91. №5. P. 503-527.
11. Zhu J. K. Salt and drought stress signal transduction in plants // *Annual review of plant biology*. 2002. V. 53. №1. P. 247-273.
12. Chinnusamy V., Zhu J., Zhu J. K. Gene regulation during cold acclimation in plants // *Physiologia Plantarum*. 2006. V. 126. №1. P. 52-61.
13. Seckin B., Sekmen A. H., Türkan I. An enhancing effect of exogenous mannitol on the antioxidant enzyme activities in roots of wheat under salt stress // *Journal of Plant Growth Regulation*. 2009. V. 28. №1. P. 12-20.
14. Javid M. G., Sorooshzadeh A., Moradi F., Modarres Sanavy S. A. M., Allahdadi I. The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants // *Australian Journal of Crop Science*. 2011. V. 5. №6. P. 726.
15. Tabur S., Demir K. Role of some growth regulators on the cytogenetic activity of barley under salt stress // *Plant growth regulation*. 2010. V. 60. №2. P. 99-104.
16. Шлык А. А. Определение хлорофилла и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // *Биохимические методы в физиологии растений / под ред. Павлиновой О. А. М.: Наука, 1971. С. 154-170.*
17. Сирота Т. В. Способ определения антиоксидантной активности супероксиддисмутазы и химических соединений // Патент РФ. 2000. Т. 2144674.

References:

1. Hu, Y., & Schmidhalter, U. (2004). Limitation of salt stress to plant growth. In: *Hock, B., Elstner, E. F. (eds). Plant toxicology, 4th ed. CRC Press, 191-224.*
2. Akbarimoghaddam, H., Galavi, M., Ghanbari, A., & Panjehkeh, N. (2011). Salinity effects on seed germination and seedling growth of bread wheat cultivars. *Trakia Journal of Sciences*, 9(1), 43-50.
3. Singh, K. N., & Chatrath, R. (2001). Salinity tolerance. In: *Reynolds, M. P., Monasterio, J. I. O., McNab, A. (eds.). Application of Physiology in Wheat Breeding. CIMMYT, Mexico, DF, 101-110.*
4. Bano, A., & Fatima, M. (2009). Salt tolerance in *Zea mays* (L). following inoculation with *Rhizobium* and *Pseudomonas*. *Biology and Fertility of Soils*, 45(4), 405-413.
5. Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, cell & environment*, 25(2), 239-250.
6. Blaylock, A. D. (1994). Soil salinity, salt tolerance, and growth potential of horticultural and landscape plants. University of Wyoming, Cooperative Extension Service, Department of Plant, Soil, and Insect Sciences, College of Agriculture.
7. Netondo, G. W., Onyango, J. C., & Beck, E. (2004). Sorghum and salinity. *Crop Science*, 44(3), 797-805.
8. Ashraf, M. (2004). Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 199(5), 361-376.
9. Munns, R., & James, R. A. (2003). Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. *Plant and soil*, 253(1), 201-218.
10. Tester, M., & Davenport, R. (2003). Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of Botany*, 91(5), 503-527.
11. Zhu, J. K. (2002). Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annual review of plant biology*, 53(1), 247-273.

12. Chinnusamy, V., Zhu, J., & Zhu, J. K. (2006). Gene regulation during cold acclimation in plants. *Physiologia Plantarum*, 126(1), 52-61.

13. Seckin, B., Sekmen, A. H., & Türkan, I. (2009). An enhancing effect of exogenous mannitol on the antioxidant enzyme activities in roots of wheat under salt stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28(1), 12-20.

14. Javid, M. G., Sorooshzadeh, A., Moradi, F., Modarres Sanavy, S. A. M., & Allahdadi, I. (2011). The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants. *Australian Journal of Crop Science*, 5(6), 726.

15. Tabur, S., & Demir, K. (2010). Role of some growth regulators on the cytogenetic activity of barley under salt stress. *Plant growth regulation*, 60(2), 99-104.

16. Shlyk, A. A. (1971). Opredelenie khlorofilla i karotinoidov v ekstraktakh zelenykh list'ev // Biokhimicheskie metody v fiziologii rastenii. Moscow, Nauka, 154-170. (in Russian).

17. Sirota, T. V. (2000). Sposob opredeleniya antioksidantnoi aktivnosti superoksiddismutazy i khimicheskikh soedinenii. Patent RF, 2144674. (in Russian).

*Работа поступила
в редакцию 15.01.2019 г.*

*Принята к публикации
19.01.2019 г.*

Ссылка для цитирования:

Гасанова Ф. В. Влияние наночастиц на физиологические характеристики и активность ферментов растений, выращенных в соленых почвах // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. №2. С. 142-151. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/39/19>.

Cite as (APA):

Gasanova, F. (2019). Influence of nanoparticles on ferments activity and physiological characters of the ground plants in saline soils. *Bulletin of Science and Practice*, 5(2), 142-151. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/39/19>. (in Russian).