

8. Godymchuk A., Karepina E., Yunda E., Lyamina G., Kosova N., Kuznetsov D. Stability study of ZnO nanoparticles in aqueous solutions of carboxylate anions // Journal of Nanoparticle Research. – 2015. – Vol.17. – P.123.

Лян Шиюэ (Китай),
Годымчук Анна Юрьевна (Россия)

Томский политехнический университет, г.Томск

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ПШЕНИЦЫ НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОРОСТКОВ

Введение

В связи с интенсивным внедрением наночастиц в самые разные области применения [1, 2] создается все больше источников их выброса в окружающую среду [3]. Выделяемые в воздух и воду наночастицы могут накапливаться почвах и грунтах, а, следовательно, оказывать неизбежное влияние на формирование и рост растений. Исследования показывают, что наночастицы в зависимости от размера, состава, формы и концентрации могут как подавлять [4], так и стимулировать [5] корнеобразование высших растений. При этом из предварительного обзора стало ясно, что на корнеобразование оказывают влияние также условия культивирования (среда прорастания семян, температура, этап добавления наночастиц и т.д.) [6]. Однако, для разработки воспроизводимых методик оценки влияния наночастиц на корнеобразование необходимо больше экспериментальных данных.

Целью данного исследования являлось показать влияние условий культивации на корнеобразование пшеницы.

Экспериментальная часть

В работе использовали промышленные наночастицы Al_2O_3 (45 нм), Al (90 нм), полученные методом электрического взрыва алюминиевой проволоки в ООО «Передовые порошковые технологии», Россия. Семена пшеницы сорта «Ирень» (*Triticum aestivum* L.) урожая 2020 года были предоставлены агрофирмой ИП Орищенко (Томский район, Россия). Как глобальная продовольственная культура, пшеница является одной из культур, нуждающихся в приоритетных исследованиях.

Для проведения экспериментов готовили суспензии наночастиц на основе раствора Хьюитта – питательного раствора с суммарной концентрацией макроэлементов (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe) 18 мг-экв/л [7]. Раствора Хьюитта также использовали в качестве контроля (К). В суспензиях наночастиц концентрация по алюминию составляла 1, 10, 100 и 1000 мг/л. Для взвешивания использовали весы ALC-110d4 (ACCULAB, Россия, $\pm 0,0001$ г). Все суспензии и растворы обрабатывали в ультразвуковой ванне ГРАД 28-35 (Grade Technology, Россия, мощность 55 Вт) в течение 30 мин.

В эксперименте на дно чашки Петри (диаметр 9 см) размещали фильтровальную бумагу, на которую равноудаленно помещали 20 семян. В каждую чашку добавляли 7 мл свежеприготовленной среды прорастания. Затем закрытые чашки выдерживали в термостате ТС-1/80 (СПУ, Россия) при $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Через 48 ч все проросшие семена (длина двухсуточного корня ≥ 5 мм) разделили на две группы, обеспечивая разные условия культивирования побегов:

- 1) культивация побегов в растворе Хьюитта,
- 2) культивация в суспензии, содержащей наночастицы; концентрация частиц в суспензии составила 1, 10, 100, 1000 мг/л.

Культивацию побегов проводили при $25 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 9 дней. Первый день плотно закрывали крышку, а на второй день заменили крышку бездонным стаканом (рис.1), стенки которого поддерживали побеги. Отрезанные корни и побеги высушивали при $30 \pm 0,5^\circ\text{C}$ в течение 24 ч и взвешивали для расчета корневого индекса (КИ, уд.ед., отношение массы корня к массе побега).



Рис. 1. Контейнер для культивации 9-суточных побегов

Результаты и обсуждение

Анализируя полученные в работе данные, можно увидеть влияние условий культивирования на соотношение биомассы растения, формируемой за счет корневой и наземной части (побегов), но степень влияния зависит от типа и концентрации частиц.

Для проростков, выращенных в среде с добавлением наночастиц Al, значение корневого индекса не сильно зависит от того, добавим мы наночастицы в среду культивирования или нет: величина КИ отличается в среднем на $\pm 5,4\%$ (рис.2а), что не превышает ошибку эксперимента (20%). При этом концентрация, при которой выращены семена также не влияет на изменение КИ для культивированных побегов.

В тоже время для проростков, пророщенных в среде с добавлением наночастиц Al_2O_3 , разница в значении корневого индекса очевидна. Независимо от концентрации наночастиц, при культивировании побегов с добавлением наночастиц масса корня всегда меньше по сравнению с наземной массой. Например, при концентрации 1 мг/л величина КИ составляет 0,09 и 0,16, соответственно, для побегов, культивированный с и без добавления наночастиц (рис.2б). Также можно увидеть, что с увеличением концентрации наночастиц Al_2O_3 масса корня заметно увеличивается независимо от условий культивирования. Так, при увеличении концентрации частиц в 1000 раз (от 1 до 1000 мг/л) величина КИ увеличивается в 2,33 и 1,69 раз, соответственно, для побегов, культивированный в суспензии и в растворе Хьюитта (рис.2б). Видно, что при культивации в суспензии корень более развит по сравнению с побегом.

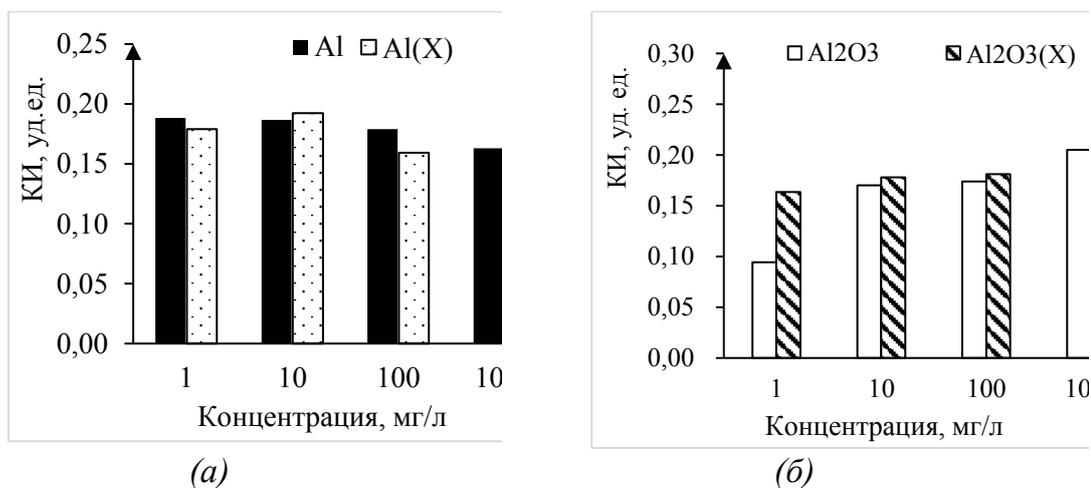


Рис. 2. Влияние условий культивирования на корневой индекс (КИ, уд. ед.) 9-суточных побегов. 1...1000 мг/л – концентрация наночастиц, добавленных в среду прорастания 2-суточного корня. Для побегов, пророщенных контрольной группе, $КИ=0,16$. Al и Al_2O_3 – культивация в суспензии, Al(X) и $Al_2O_3(X)$ – культивация в растворе Хьюитта

Однако, анализ полученных результатов показывает, что условия прорастания семян могут оказывать большее влияние на морфометрические параметры побега нежели условия культивирования самого побега. Сравнить полученные данные с литературой оказывается невозможным, потому что не найдено работы, в которой при прочих равных условиях

бы оценивалось влияние условий культивирования побегов параметр [8, 9].

Заключение

С применением промышленных электровзрывных наночастиц Al и Al₂O₃ со средним размером 90 и 45 нм, соответственно, показано влияние условий культивирования на морфометрические параметры 9-суточных побегов пшеницы сорта Ирень. Показано, что условия культивации побегов (добавление и отсутствие наночастиц в среде культивации) в большей степени влияют на проростки, выращенные в среде с добавлением наночастиц Al₂O₃: величина корневого индекса отличается в среднем на 29% по сравнению с ±5% для наночастиц Al.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Abbott N.J., Ronnback L., Hansson E. Astrocyte-endothelial interactions at the blood-brain barrier // *Nature Reviews Neuroscience* – 2006. – Vol.7. – P. 41–53.
2. Schrand A.M., Rahman M.F., Hussain S.M., Schlager J.J., Smith D.A., Syed A.F. Metal-based nanoparticles and their toxicity assessment // *Journal of Nanotechnology, Nanomedicine and Nanobiotechnology* – 2010. – Vol. 2. – P. 544–568.
3. Peralta-Videa J.R., Zhao L., Lopez-Moreno M.L., de la Rosa. G., Hong J., Gardea-Torresdey J.L., Nanomaterials and the environment: A review for the biennium 2008–2010 // *Journal of Hazardous Materials* – 2011. – Vol.186. – P.1–15.
4. Wu S. G., Huang L., Head J., Chen D. R., Kong I. C., Tang Y. J. Phytotoxicity of metal oxide nanoparticles is related to both dissolved metals ions and adsorption of particles on seed surfaces // *Journal of Petroleum and Environmental Biotechnology* – 2012. – Vol. 3. – P. 126.
5. Mukherjee A., Peralta-Videa J.R., Bandyopadhyay S., Rico C.M., Zhao L., Gardea-Torresdey J.L. Physiological effects of nanoparticulate ZnO in green peas (*Pisum sativum* L.) cultivated in soil // *Metallomics* – 2014. – Vol. 6. – P. 132–138.
6. López-Moreno M.L., de la Rosa G., Cruz-Jiménez G., Castellano L., Peralta-Videa J.R., Gardea-Torresdey J.L., Effect of ZnO nanoparticles on corn seedlings at different temperatures; X-ray absorption spectroscopy and ICP/OES studies // *Microchemical Journal* – 2017. – Vol.134. – P. 54-61.
7. Hewitt E.J. Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition // *Experimental Agriculture*. – 1967. – Vol.2(3). – P.104.

8. Yanık, F., Vardar, F. Toxic effects of aluminum oxide (Al_2O_3) nanoparticles on root growth and development in *Triticum aestivum* // *Water, Air and Soil Pollution*. – 2015.– Vol.226 – P.296.
9. Hussain Z., Mustafa G., Sakata K., Komatsu S. Insights into the proteomic response of soybean towards Al_2O_3 , ZnO, and Ag nanoparticles stress // *Journal of Hazardous Materials*. – 2016.– Vol.304. – P.291-305.

Мбиакон Чато Роберт Надиа (Камерун)

Орловский государственный университет
имени И.С. Тургенева, г. Орёл

Научный руководитель: Кириллова Ирина Григорьевна,
канд.биол. наук, доцент

ВЛИЯНИЕ АНТИОКСИДАНТА АМБИОЛА И ФИТОГОРМОНОВ (ИУК И 6-БАП) ПРИ ИХ СОВМЕСТНОМ ПРИМЕНЕНИИ НА АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ-АНТИОКСИДАНТОВ В ЛИСТЬЯХ РАСТЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

Как известно, в последнее время проблема функций активных форм кислорода (АФК) и антиоксидантов (АО) в живых организмах стала одним из магистральных направлений физико-химической биологии. Сейчас синтезировано много регуляторов роста растений, в том числе, с антиоксидантными свойствами. К последним относится препарат амбиол (дигидрохлорид-2-метил-4-диметиламинометил-5-гидроксибензимидазол). Рострегулирующие и адаптивные свойства данного соединения уже достаточно изучены. Вместе с тем, данных о его совместном действии с фитогормонами на антиоксидантную систему растений практически нет. Как известно, между антиоксидантной и фитогормональной системой растения существует тесная взаимосвязь [1]. Есть отдельные данные, указывающие на взаимосвязь гормональных путей ауксина и антиоксидантной системы. В частности, показано, что экзогенная обработка ауксином усиливала процессы роста, что сопровождалось образованием активных форм кислорода. Также показано, что взаимодействия между пероксидазой – ферментом, утилизирующим активные формы кислорода, и ауксином влияли на процессы биосинтеза лигнина [2]. Что касается цитокининов, то их роль в регуляции программируемой смерти клеток и продукции активных форм кислорода в процессах роста и развития (рост кончика корня, формирование сосудов и др.) обсуждается. Есть данные, что