

УДК 546.06: 574/577

**ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НАНОЧАСТИЦ ZnO НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ
ПАРАМЕТРЫ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ**

А.Е. Кузнецова

Научный руководитель: к.т.н. А.Ю. Годымчук

Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: midnight777lonely@gmail.com

**EFFECT OF ZnO NANOPARTICLES' CONCENTRATION ON BIOMETRIC PARAMETERS
OF WHEAT SEEDLINGS**

A.E. Kuznetsova

Scientific Supervisor: Dr. A.Yu. Godymchuk

Tomsk Polytechnic University, 30 Lenina avenue, 634050, Tomsk, Russia

E-mail: midnight777lonely@gmail.com

Abstract. *Production and application of nanopowders intensively develop and cause nanoparticles' release into the environment. Because of their high solubility, small size, high reactive properties and migration activity, nanoparticles can be both dangerous and useful for the plants. In our work, we have examined the effect of concentration of ZnO nanoparticles on biometric parameters of wheat seedlings. It has been experimentally shown that the addition of 10...1000 mgL⁻¹ of nanoparticles causes 27,2...50,3% growth of root length, 10...40% increase of the germination, 22,8...49,8% decrease of root index and 9...117,3% growth in biomass rate, while >1000 mgL⁻¹ concentration there is no evident effect of nanoparticles on the root development in comparison with control.*

Введение. Интенсивно развивающееся производство и применение нанопорошков создает условия для выделения наночастиц в окружающую среду и контакта с биосферой. Поэтому определение (эко)токсичности постоянно создаваемых наноматериалов является одной из важных задач. Известные данные по повышенной растворимости металлических наночастиц, их высокая миграционная активность в окружающей среде, малый размер и повышенная реакционная способность делают наночастицы с одной стороны, потенциально опасными для растительного мира [1], а с другой стороны, поставщиками необходимых микроэлементов в экосистемы [2]. При этом несмотря на то, что в литературе имеются работы по влиянию концентрации наночастиц на растительные тест-объекты [3, 4], в силу большого разнообразия наночастиц, до сих пор недостаточно данных для сравнительного анализа поведения наночастиц металлов и их оксидов по отношению к высшим растениям.

Целью работы являлось определение влияния концентрации наночастиц на биометрические параметры проростков.

Эксперимент. В качестве объектов исследования были выбраны нанопорошки ZnO производства Plasmachem (Германия), имеющий средний размер частиц 25 нм.

В работе готовили суспензии наночастиц с концентрациями по цинку 10...10000 мг/л на основе питательного раствора Хьюитта [5] при 25±2°C. Для взвешивания частиц и проростков использовали

аналитические весы ALC-110d4 (Acculab, точность $\pm 0,001$). Суспензии и контроль в пластиковых закрытых емкостях перемешивались в ультразвуковой ванне ГРАД 28-35 (Grade Technology, Россия, 100 Вт) в течение 30 мин. Суспензии использовали для эксперимента в течение 10 мин. Для экспериментов использовали зерна пшеницы сорта Ирень (*Triticum aestivum L.*) урожая 2017 г., предоставленные доцентом Томского государственного университета Куровским А.П. В работе 10 семян выкладывали на фильтрованную бумагу в стерильные чашки Петри на равноудаленном расстоянии, затем их равномерно смачивали 7 мл приготовленных суспензий. Закрытые чашки Петри закутывали в прозрачный пакет и выдерживали в термостате ТС-1/80 при $25 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 48 ч. После выдерживания чашки доставали из термостата и стерильным пинцетом аккуратно доставали проросшие и не проросшие зерна и выкладывали их на чёрную ткань для фотографирования и измерения средней длины проросшего корня у проросших зерен с помощью программы CorelDraw для расчёта степени стимулирования (R, %). На основании полученных изображений также рассчитывали всхожесть (B, %), как долю проросших семян.

После измерений проросшие семена возвращали в чашки Петри, при необходимости добавляли 3-5 мл воды и выдерживали под лампой (300 Лк) в течение 5 суток при $25 \pm 2^\circ\text{C}$. После этого стерильным пинцетом вынимали семена с корнем и зеленью, отрезали от зерна корни и побег, взвешивали и высушивали в термостате при 40°C в течение 24 ч. Затем рассчитывали скорость прироста сухой биомассы проростка и корневой индекс (RI) как отношение масс сухого корня и зеленого побега.

Результаты. Проведенные эксперименты позволили установить некоторые закономерности. Показано, что добавление в питательную среду наночастиц ZnO в концентрации 10 мг/л оказывает стимулирующее влияние на корнеобразование пшеницы. Например, в среде с концентрациями ZnO 10...100...1000 мг/л длина корня увеличивается на 28...50...43% соответственно (рис.1). При увеличении концентрации частиц от 10 до 1000 мг/л в среднем величина R, % в средах с содержанием частиц имеет положительные значения, а при концентрации 10000 мг/л корнеобразование подавляется. Так, в ряду концентраций 10...100...10000 мг/л величина R составляет +27...+50...-9%, соответственно (рис.1).

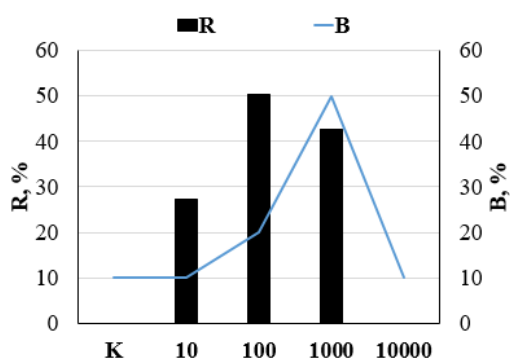


Рис. 1. Влияние наночастиц ZnO на степень стимулирования корня (R, %) и всхожесть (B, %) проростков



Рис. 2. Влияние наночастиц ZnO на корневой индекс (КИ) и скорость прироста биомассы

Установлено, что при добавлении 10 мг/л наночастиц всхожесть, корневой индекс и скорость роста биомассы не меняются, но при увеличении концентрации цинка эти параметры меняются неоднозначно. Так, с увеличением концентрации ZnO всхожесть семян, увеличивается по сравнению с контролем, а при концентрации 1000 мг/л превышает контроль на 40% (рис.1). Далее, увеличение

концентрации наночастиц привело к уменьшению корневого индекса на 22,8...49,8% (рис.2). Такие данные свидетельствуют об изменении стрессоустойчивости растения в исследуемых условиях. Очевидно, что увеличение концентрации ZnO средняя скорость роста побегов увеличивается и составляет 62...95...112...123 мг/сутки (рис.3) при концентрациях наночастиц 10...100...1000...10000 мг/л, соответственно.

Заключение. В результате проведенных исследований было показано, что добавление наночастиц ZnO со средним размером 25 нм в среду прорастания семян пшеницы приводит к изменению биометрических параметров проростков. Установлено, что в ряду концентраций 10...100...1000...10000 мг/л степень стимулирования корня, корневой индекс и скорость прироста биомассы увеличиваются, что свидетельствует о явном стимулирующей действии наночастиц на процесс корнеобразования пшеницы в выбранных условиях пшеницы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kibbey T.C.G., Strevett K.A. The effect of nanoparticles on soil and rhizosphere bacteria and plant growth in lettuce seedlings // *Chemosphere*. – 2019. – Vol. 221. – P. 703–707.
2. Awan S., Shahzadi K., Javad S., Tariq A., Ahmad A., Ilyas S. A preliminary study of influence of zinc oxide nanoparticles on growth parameters of *Brassica oleracea* var *italica* // *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. – 2021. – Vol. 20. – P. 18-24.
3. Thuesombat P., Hanningbua S., Akasit S., Chadchawan S. Effect of silver nanoparticles on rice (*Oryza sativa* L. cv KDML 105) seed germination and seedling growth // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2014. – Vol. 104. – P. 302-309.
4. Du W., Yang J., Peng Q., Liang X., Mao H. Comparison study of zinc nanoparticles and zinc sulphate on wheat growth: From toxicity and zinc biofortification // *Chemosphere*. – 2019. – Vol. 227. – P. 109-116.
5. Hewitt E. J. Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition. – FR: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1966. – 547 p.