

*Тянь Чэньтаоцзюнь (Китай), Станько А.Ю. (Россия)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Станько Анна Юрьевна, к. т. н., доцент*

## **ВЛИЯНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ НА КОРНЕОБРАЗОВАНИЕ ПШЕНИЦЫ**

**Аннотация:** В работе оценивалось влияние концентрации наночастиц Cu на корнеобразование пшеницы на ранней стадии развития растения. Показано, что добавление наночастиц Cu в среду для замачивания семян пшеницы может как стимулировать, так и подавлять корнеобразование: при добавлении наночастиц Cu с концентрацией 0,1 мг/л в среду для замачивания семян пшеницы длина 2-суточных корней не меняется, но всхожесть и корневой индекс проростков увеличиваются соответственно на 45 % и 63 % по сравнению с контролем. При концентрациях наночастиц >100 мг/л корнеобразование подавляется: длина корней, всхожесть и корневой индекс уменьшаются.

**Ключевые слова:** наночастицы меди, корнеобразование, пшеница, всхожесть, корневой индекс.

### **Введение**

Специфические свойства металлов в ультрадисперсном состоянии открывают широкие возможности для создания биологически активных препаратов для нужд сельского и лесного хозяйства и биотехнологий [1]. Например, было продемонстрировано положительное влияние наночастиц на рост перцев [2], гидрофитов [3] и бактерий [4]. Однако имеются данные, указывающие на негативное действие наночастиц на растения [5, 6]. Разнообразие производимых наночастиц, противоречивые результаты их исследований не позволяют прогнозировать влияние наночастиц на рост растений.

Целью данного исследования было оценить влияние концентрации наночастиц Cu на корнеобразование пшеницы на ранней стадии развития растения.

### **Экспериментальная часть**

Объектом исследования являлись наночастицы Cu, полученные с помощью электрического взрыва медной проволоки (производитель – ООО «Передовые порошковые технологии», г. Томск, Россия, <http://www.nanosized-powders.com/>). Согласно данным производителя, для частиц характерна поверхность  $6,0 \text{ м}^2/\text{г}$ .

Для приготовления суспензий 0,01 г наночастиц взвешивали в пластиковых стаканах объемом 60 мл на аналитических электронных весах ALC-110d4 (ACCULAB, Россия, точность  $\pm 0,0001 \text{ г}$ ). Далее в стакан мерным цилиндром добавляли 50 мл дистиллированной воды ( $\text{pH} = 6,8 \pm 0,2$ , дистиллятор АЭ-25 МО, ОАО ТЗМОИ, Тюмень, Россия). После этого все стаканы закрывали крышками и помещали в ультразвуковую ванну ODA-LQ40 (ОДА СЕРВИС,

Россия, 4 л, мощность 120 Вт) и обрабатывали ультразвуком в течение 5 мин. Получилась суспензия с концентрацией 1000 мг/л. Далее суспензии готовили с помощью последовательного разбавления. Приготовленную суспензию встряхивали вручную и отбирали из середины объема дозатором 5 мл, которые смешивали с 45 мл дистиллированной воды. Потом все стаканы закрывали крышками и помещали в ультразвуковую ванну для обработки в течение 5 мин. Полученную суспензию опять разбавляли в 10 раз. Таким образом были приготовлены суспензии с концентраций наночастиц 0,01, 0,1, 1, 10, 100 и 1000 мг/л.

Для замачивания семян использовали стеклянные чашки Петри (диаметр 9 см), на дно которых выкладывали диск с фильтровальной бумагой, на которую равномерно распределяли 20 семян пшеницы сорта «Дарья» (урожай 2020 г., ИП Онищенко, Томский район, Томская область). На семена аккуратно выливали 7 мл свежеприготовленной суспензии (рис. 1, а). Контролем являлась дистиллированная вода. Далее закрытые и завернутые в полиэтиленовый пакет чашки помещали в термостат и выдерживали при  $25 \pm 0,2$  °С в течение 48 ч.



а



б



в

Рис. 1. Замачивание и проращивание семян: семена пшеницы, замоченные в чашках Петри (а) и выложенные через 48 часов для морфометрии (б); культивация побегов в гидропонных стаканах (в)

Через 48 часов аккуратно извлекали семена и выкладывали их стерильным пинцетом на черный фон для морфометрии корней (рис. 1, б). С помощью программы ImageJ измеряли длину корней проросших семян и рассчитывали суммарную длину (L, см). Всхожесть определяли как отношение числа проросших семян к числу засеянных (G, %).

Проросшие семена выкладывали на дно верхнего стакана пластикового гидропонного сосуда оригинальной конструкции (рис. 1, в). Нижнюю часть сосуда (ниже верхнего дна) заполняли 400 мл дистиллированной воды, плотно закрывали крышками и оставляли на окне в естественном световом режиме. Через 3 дня крышки меняли на бездонные стаканы, чтобы побеги опирались на стенки. Через 7 дней извлекали проростки, измеряли суммарную длину стеблей

и корней, из которых рассчитывали корневой индекс (RI, уд. ед), как отношение суммарной длины корней к суммарной длине побегов.

### Результаты и обсуждение

Полученные данные показали, что концентрация наночастиц Cu оказывает существенное влияние на корнеобразование пшеницы. Видно, что при замачивании семян в среде с добавлением наночастиц Cu в концентрациях 0,1–10 мг/л длина корней не изменяется по сравнению с контролем, хотя параметр всхожести несколько увеличивается. Например, при концентрации наночастиц 0,1 мг/л величина G составила 72,5 % по сравнению с 50 % в контроле (рис. 2, а). Далее при увеличении концентрации наночастиц до 100–1000 мг/л величина L уменьшилась на 21 % по сравнению с 10 мг/л.

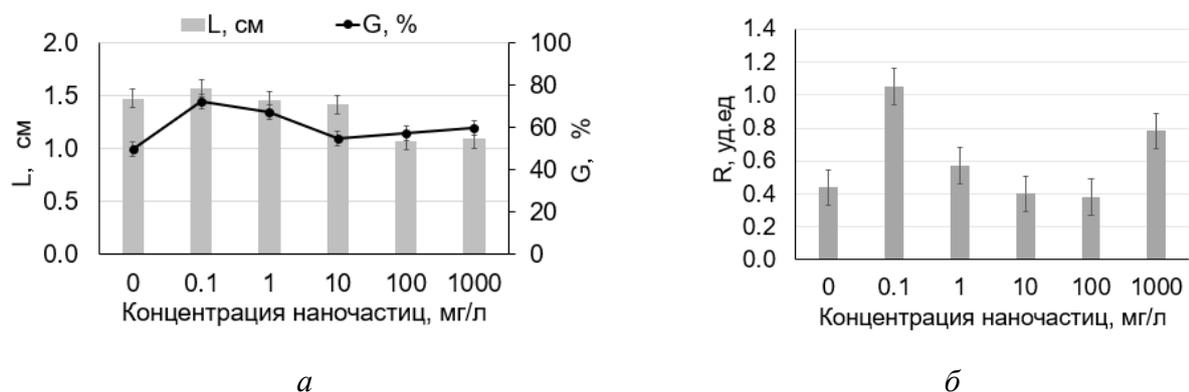


Рис. 2. Влияние наночастиц Cu на суммарную длину 2-суточного корня L, см и показатель всхожести G, % (а) и корневой индекс 9-суточных проростков (R, уд. ед.) (б)

Корневой индекс показывает реакцию растения на добавки окружающей среды: чем выше индекс, тем больше корней образуется по сравнению с наземной массой. Видно, что для наночастиц Cu при концентрациях 0,1–1 мг/л масса корневой системы значительно превышает массу побега (рис. 3). Например, при концентрации 0,1 мг/л величина RI для 9-суточных проростков увеличилась на 63 % по сравнению с контролем (рис. 2, б), но с увеличением концентрации RI опять снижается до контроля.



Рис. 3. 9-суточные побеги пшеницы, выращенные после замачивания в контроле (а) и при разных концентрациях наночастиц меди (б)

### **Заключение**

Таким образом, в работе показано, что добавление наночастиц Си в среду для замачивания семян пшеницы может как стимулировать, так и подавлять корнеобразование. Так, при концентрации наночастиц 0,1 мг/л длина 2-суточных корней не меняется, а всхожесть и корневой индекс проростков увеличиваются соответственно на 45 % и 63 % по сравнению с контролем. При концентрациях наночастиц >100 мг/л корнеобразование подавляется: длина корней, всхожесть и корневой индекс уменьшаются.

### **Список литературы**

1. Siddiqui M.H., Al-Whaibi M.H., Firoz M., Al-Khaishany M.Y. Role of nanoparticles in plants. In book: Nanotechnology and Plant Sciences-Switzerland. – Springer. – 2015. – P. 19–35.
2. Нечитайло Г.С., Богословская О.А., Ольховская И.П. Влияние наночастиц железа, цинка, меди на некоторые показатели роста растений перца // Российские нанотехнологии. – 2018. – Т.13 (3–4). – С. 57–63.
3. Sarker I., Moore L.R., Tetu S.G. Investigating zinc toxicity responses in marine Prochlorococcus and Synechococcus // Microbiology Society Microbiology Society. – 2021. – Vol. 167. – P. 1–11.
4. Santhi R., Shanthi C., Sathya M., Pushpanathan K. Optical properties and antibacterial activity of CdO:Zn nanoparticles // Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. – 2016. – Vol. 605. – P. 249–258.
5. Rastogi A., Zivcak M., Sytar O. Kalaji H.M., He X., Mbarki S., Brestic M. Impact of metal and metal oxide nanoparticles on plant: a critical review // Frontiers in Chemistry. – 2017. – Vol. 5. – P. 78.
6. Cox A., Venkatachalam P., Sahi S. Nanotechnology and Plant Sciences // Plant Physiologi Biochemistry. – 2016. – Vol. 107. – P. 147.

*Чжан Чуян, Ли Хаонань (Китай)*

*Томский политехнический университет, г. Томск*

*Научный руководитель: Лямина Галина Владимировна, к.х.н. доцент*

### **ВЛИЯНИЕ СОСТАВА КОМПОНЕНТОВ ХИТОЗАНОВОГО ГЕЛЯ НА ВЯЗКОСТЬ И ГИДРОФИЛИЛЬНОСТЬ**

**Аннотация:** Исследовано влияние состава растворителей (вода, NaCl, раствор Рингера) и концентрации хитозана на вязкость и угол смачивания гелей. Максимальные значения вязкости достигаются в уксусной кислоте, минималь-