ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА МЕДИ НА РОСТ КОРНЕЙ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО И ГОРОХА ПОЛЕВОГО

Д. А. Кузьмицкий

samokhina@bsu.by;
Научный руководитель – В. В. Самохина, старший преподаватель

Бобовые культуры являются важными сельскохозяйственными объектами, обладают высокой пищевой и биологической ценностью, являются природным источником растительного белка, пищевых волокон, тиамина, никотиновой кислоты, кальция и железа. Актуальным является разработка технологий, позволяющих увеличить стрессоустойчивость и урожайность данных культур. В настоящей работе было показано влияние наночастиц оксида меди на ростовые параметры клевера лугового и гороха полевого, как представителей бобовых растений.

Ключевые слова: наночастицы; оксид меди; корень; клевер луговой; горох полевой.

ВВЕДЕНИЕ

Нанотехнология – область фундаментальной и прикладной науки и техники, которая имеет дело с материалами, устройствами и структурами, размеры которых составляют от 1 до 100 нм [1]. В последние годы нанотехнологии находят все большее применение в сельском хозяйстве [2]. К основным направлениям нанобиотехнологии в области растениеводства относятся: (1) создание на основе нанопродуктов-агрохимикатов (пестицидов и удобрений) для эффективного ведения сельского хозяйства; (2) применение наносенсоров и других нанопродуктов в защите растений для идентификации болезней и остатков агрохимикатов; (3) разработка наноустройств для генной инженерии растений [1, 3]. Также широко используются наночастицы металлов и их оксиды за счет того, что они хорошо проникают через растительную мембрану или могут переходить в доступную для растений форму в почвенном растворе. Положительный эффект влияния наночастиц на растения выражается в удлинении корней и побегов растений, увеличении прироста биомассы проростков. Кроме того, в листьях наблюдается увеличение количества хлорофилла, а также изменяются некоторые биохимические процессы, ведущие, например, к накоплению антиоксидантных ферментов, что позволяет повысить стрессоустойчивость растений [4]. Однако имеются данные, что высокие концентрации наночастиц могут приводить к пагубному влиянию на растения, ингибируя их процессы жизнедеятельности [3]. Таким образом,

актуальным является анализ воздействия наночастиц металлов на различные сельскохозяйственные культуры.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являлись проростки клевера лугового (*Trifolium pratense*) и гороха полевого (*Pisum arvense*). В работе использовались растворы наночастиц оксида меди (сферической формы, 40-50 нм) в концентрации 0,1-1000 мг/л. Эксперимент длился на протяжении 10 дней и включал следующие этапы:

- стерилизацию семян и их посадку рулонным методом на 20% среду Кнопа следующего состава (г/л): 1,0 $Ca(NO_3)_2$; 0,25 KH_2PO_4; 0,125 KCl; 0,25 $MgSO_4$; 0,0125 $FeCl_3$.
- ежедневное накапывание 20 мкл растворов наночастиц различных концентраций на кончики корней клевера и гороха;
- фоторегистрацию прироста корней;
- обработку полученных изображений при помощи программы ImageJ;
- расчет достоверности различий при помощи ANOVA теста.

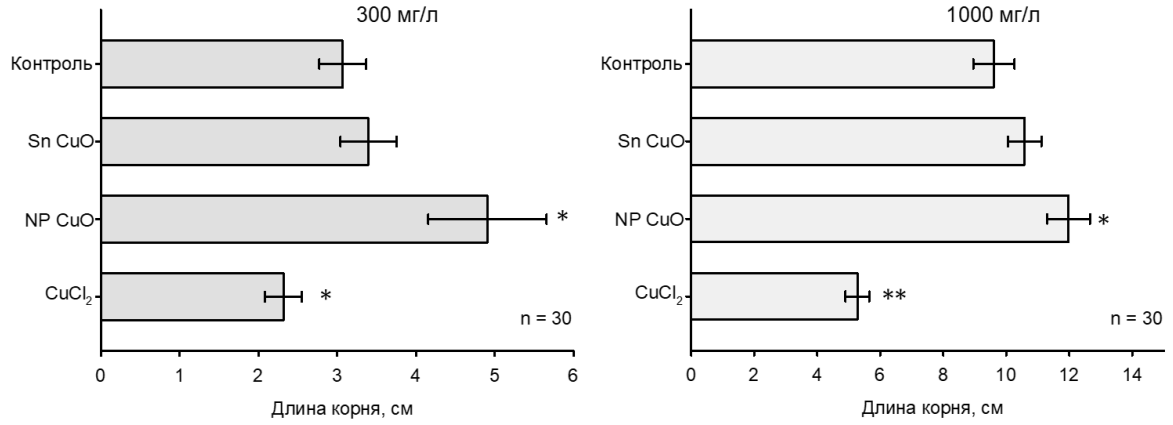
РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Были проведены исследования воздействия наночастиц оксида меди, супернатанта (растворы соответствующих концентраций наночастиц были отцентрифугированы, после чего была отобрана надосадочная жидкость) и хлорида меди (ионная форма металла) на ростовые процессы у клевера лугового и гороха полевого. Было показано, что медь оказывает различное влияние на рост корней зависимости от формы и концентрации (рисунок).

Для клевера лугового максимальное стимулирующее действие обработок медью было отмечено для наночастиц в концентрации 300 мг/л (рисунок, панель А). Длина корней увеличивалась на 40% по сравнению с контролем. В то же время аналогичная концентрация ионов меди оказывала ингибирующее действие, длина корней уменьшалась на 20-25%. Рост корней после обработки супернатантом не отличался от контрольной группы растений. Таким образом, положительный эффект наночастиц оксида меди связан с их непосредственным взаимодействием с растительными клетками.

В случае гороха полевого показаны аналогичные эффекты. Однако действующая концентрация была выше и составила 1 г/л (рисунок, панель Б). Длина корня увеличивалась на 20% при воздействии 1 г/л наночастиц оксида меди, не изменялась при обработке супернатантом и уменьшалась в 2 раза при добавлении 1 г/л хлорида меди.

Таким образом, наблюдаемые эффекты воздействия наночастиц оксида меди зависят не только от концентрации наночастиц, но и от вида растения, на которое они воздействуют. Наночастицы меди (сферической формы, 40-50 нм) в протестированном диапазоне концентраций 0,1 – 1000 мг/л не оказывали ингибирующего эффекта на длину корней клевера лугового и гороха полевого. Более того добавление 300 и 1000 мг⁄л наночастиц оксида меди стимулировала рост корневой системы. Однако обработка растений хлоридом меди (300 и 1000 мг⁄л) приводила к уменьшению длины корней на 25-50%.



а клевер луговой *б* горох полевой

Изменение длины корней клевера лугового (*а*) и гороха полевого (*б*) на 10 сутки после обработки наночастицами оксида меди (NP CuO), супернатантом (Sn CuO) и хлоридом меди ($CuCl_2$), концентрации указаны на рисунке. Достоверность различий рассчитывалась при помощи ANOVA теста по отношению к контролю: * и ** означают $p < 0,01$ и $p < 0,001$, соответственно

Библиографические ссылки

1. Augustine, R. Emerging applications of biocompatible phytosynthesized metal/metal oxide nanoparticles in healthcare / *R. Augustine, A. Hasan* // J. Drug Deliv. Sci. Technol. 2020. Vol. 56 P. 101516.
2. Diverse influence of nanoparticles on plant growth with a particular emphasis on crop plants / A. Milewska-Hendel [et al.] // Acta Agrobotanica. 2016. Vol. 69, № 4.
3. Green Nanotechnology: Biomimetic Synthesis of Metal Nanoparticles Using Plants and Their Application in Agriculture and Forestry / M. Gholami-Shabani [et al.] // Nanotechnology / *eds. R. Prasad, M. Kumar, V. Kumar.* – Singapore: Springer Singapore, 2017. Green Nanotechnology. P. 133-175.
4. Effects of Different Metal Oxide Nanoparticles on Plant Growth / H. Panakkal [et al.] // Nanotechnology in Plant Growth Promotion and Protection: Recent Advances and Impacts. 2021 P. 259-282.