

## ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА МЕДИ НА СВЕТОЗАВИСИМЫЕ РЕАКЦИИ УСТЬИЦ *PISUM ARVENSE* L.

**Ш. Яцзин, Н. Л. Пшибытко, В. В. Демидчик**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь*

Применение нанотехнологий в сельском хозяйстве увеличивается с каждым годом. Традиционные крупнотоннажные удобрения уступают место нанодобриениям из-за высокой стоимости и возможного вредного воздействия на окружающую среду. Это способствует поиску экологически чистых удобрений или «умных» удобрений с высокой эффективностью. Особое внимание уделяется наночастицам оксидов металлов, особенно CuO. Медь широко распространена в тканях растений, является важным микроэлементом для роста и участвует во многих физиологических процессах. Вопрос о возможных способах проникновения наночастиц в растительный организм, а также механизмах их дальнейшего перемещения по тканям и клеткам растений является на сегодняшний день наиболее спорным. Основным способом проникновения наночастиц через листья рассматривают устьица. Поэтому аппертура устьиц, а также их способность открываться и закрываться определяет реакцию растений на обработку наночастицами, а также способность растительных организмов адаптироваться к изменяющимся условиям среды, адаптировать водный обмен и фотосинтетическую активность.

Целью данной работы являлось исследование влияния наночастиц оксида меди на функционирование устьичного аппарата *Pisum arvense* L. Состояние устьичного аппарата анализировалось через 1–24 ч после обработки (путем опрыскивания) наночастицами CuO (0,1; 1; 10; 100; 1000 мг/мл) сферической формы размером 40–50 нм с использованием инвертированного микроскопа Nikon Diaphot TMD (x400) при слабом освещении ( $\sim 40$  мкмоль квантов  $\text{м}^{-2} \text{с}^{-1}$ ). Для максимального открытия устьиц использовалось освещение ( $\sim 1\,000$  мкмоль квантов  $\text{м}^{-2} \text{с}^{-1}$ ) от источника однородного холодного света Zeiss KL 1500 LCD (цветовая температура освещения 2900 K) в течение 20 минут. Показано, что ширина устьичной щели растений гороха полевого при слабом освещении увеличивалась на  $56,7 \pm 5,4\%$  через час после обработки раствором наночастиц CuO, а затем постепенно уменьшалась. Повышение концентрации наночастиц CuO усиливало ингибирующий эффект обработки. Скорость светового открытия устьиц в контрольных растениях гороха полевого составляла  $14,5 \pm 0,7$  устьиц/мин. Через час после обработки растений суспензией наночастиц оксида меди (0,1 мг/мл) данный показатель снижался на  $20,1 \pm 3,8\%$ . Ингибирующий эффект наночастиц сохранялся в течение суток. Обработка высокими концентрациями наночастицами CuO (1000 мг/мл) оказывала более выраженный и более длительный эффект. В этом случае уже через час после обработки растений наночастицами скорость светового открытия устьиц составляла  $6,3 \pm 0,4$  устьиц/мин, что составляло  $43,4 \pm 4,1\%$  от уровня контрольного варианта.

На основании полученных данных можно заключить, что наночастицы CuO оказывают негативное влияние на работу устьичного аппарата гороха полевого, снижая аппертуру устьиц и замедляя их световое открытие, тем самым нарушая нормальный процесс транспирации и газообмена.

Работа выполнена в рамках задания № ГР 20211705.