

Анализ физиологических характеристик растений *Pisum sativum* с использованием техники цифрового фенотипирования

**Прохорчик П. О.^{A*}, Бондаренко В. Ю.^A, Кошиц Т. О.^A, Савич А. С.^A,
Демидчик В. В.^A**

^A Белорусский государственный университет, кафедра клеточной биологии и биоинженерии растений, Минск, Беларусь. *E-mail: polina.prohortchik@gmail.com

Глобальное изменение климата и неправильное управление земельными ресурсами приводят к увеличению площади засоленных почв. Повышенное содержание солей в почве индуцирует осмотический и ионный стресс у растений, что ухудшает их способность к поглощению воды и питательных веществ, а также нарушает обменные процессы. Эти негативные эффекты снижают урожайность и качество сельскохозяйственных культур, увеличивая потребность в ресурсах и затраты на сельское хозяйство. [1].

Способность растений переносить засоление определяется множеством биохимических и физиологических механизмов, защищающих функции клеток, включая регулирование водного баланса и поддержание ионного гомеостаза [2]. Окислительно-восстановительный гомеостаз является фундаментальным свойством клеток, включающим контроль образования активных форм кислорода (АФК), распознавание отклонений от нормального окислительно-восстановительного состояния клетки.

Для углубленного изучения адаптивных механизмов растений к засолению и других стрессовых факторов среды, необходимо использовать современные методы анализа фенотипа. В этом контексте особое внимание уделяется технике цифрового фенотипирования, которая позволяет проводить детальный анализ фенотипических изменений у растений, обеспечивая более точное понимание их реакций на внешние воздействия.

Целью исследования являлся анализ изменения фенотипических признаков *Pisum sativum* L. в ответ на солевой стресс с использованием подходов компьютерного зрения и машинного обучения.

Для исследования семена гороха *Pisum sativum* сорта MERAVIGLIA DI KELVEDON проращивались при температуре 24°C в течение 3 суток рулонным методом. После появления гипокотилия растения пересаживались в различные типы почвенных смесей (песок, вермикулит, смесь песка и вермикулита в соотношении 1:1 (V:V)). На 5-й день проращивания растения обрабатывали растворами NaCl (0,1 М и 0,3 М) в количестве 25 мл на один культуральный сосуд 3 раза в неделю соответственно плану расстановки эксперимента. Контрольные растения обрабатывали дистиллированной водой. Для поддержания оптимального температурного режима в 21°C использовалась система климат-контроля и вентиляции.

Феномные данные регистрировались в течение 3 недель с помощью феномной система Phenospex TraitFinder. Мультиспектральные 3D-лазерные сканеры PlantEye F600 использовались для вычисления цифровой биомассы, высоты, объема листьев и спектральных индексов (NDVI, NPCI, GLI и PSRI), измеряя отражательную способность в красном и ближнем инфракрасном областях спектра. Эти параметры предоставляют информацию о физиологическом состоянии растений и уровне стресса. Для анализа фенотипических различий между обработками использовались стандартные методы вариационной статистики.

Показано, что обработка растений *Pisum sativum* 0,3 М NaCl вызывала уменьшение нормализованного вегетационного индекса (NDVI) на 20 - 40% по сравнению с контролем в песке, на 15 - 25% в вермикулите, и на 10 - 30% в смешанном субстрате. Нормализованный хлорофилльный индекс (NPCI) растений *Pisum sativum*, подвергшихся засолению, уменьшился на 30 - 40% по сравнению с контролем в песке, на 20 - 30% в вермикулите, и на 25 - 35% в смешанном субстрате. Индекс "старения" (PSRI) растений *Pisum sativum*, подвергшихся засолению, увеличился на 15 - 25% по сравнению с контролем в песке, не более чем на 5% в вермикулите и в смешанном субстрате. Индекс зеленых листьев (GLI) растений *Pisum sativum*, подвергшихся засолению, уменьшился на 30 - 40% по сравнению с контролем в песке, на 20 - 30% в вермикулите, и на 25 - 35% в смешанном субстрате.

Более низкие концентрации соли (0,1 М NaCl) оказывали менее выраженный эффект на спектральные и морфологические параметры растений. Полученные данные продемонстрировали замедление роста и гибель клеток в условиях засоления.

Библиографические ссылки

1. Hossain, M.S. Tuning of Redox Regulatory Mechanisms, Reactive Oxygen Species and Redox Homeostasis under Salinity Stress / M.S. Hossain, K.-J. Dietz // Front. Plant Sci. – 2016. – Т. 7.
2. Physiological and biochemical mechanisms of the ornamental *Eugenia myrtifolia* L. plants for coping with NaCl stress and recovery / J.-R. Acosta-Motos [et al.] // Planta. – 2015. – Vol. 242, № 4. – P. 829-846.