

УДК 631.95

А.Ф. Валиулина, Т.И. Голованова

A.F. Valiulina, T.I. Golovanova

TRICHODERMA КАК АГЕНТ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ СТРЕССА

TRICHODERMA AS AN AGENT OF PLANT PROTECTION UNDER STRESS

В работе приведены результаты исследований влияния микроорганизмов-антагонистов патогенов *Trichoderma* на физиолого-морфологические и биофизические параметры растений томатов, выращенных в условиях с различным содержанием цинка. Выявлено, что цинк оказывал существенное влияние на рост и развитие растений. Эффект действия зависел от концентрации металла и возраста растений. Показано, что *Trichoderma* не только стимулировала ростовые процессы растений, способствовала повышению их фотосинтетической активности и на ранних этапах развития томатов увеличивала скорость электронного транспорта, но и снимала ингибирующее действие тяжелого металла.

Растения находятся в постоянных условиях стресса, на рост и развитие которого оказывают влияние целый ряд как биотических, так и абиотических факторов. В этой связи вопросы повышения устойчивости растений к стрессовым факторам приобретают все большее значение.

Среди абиотических факторов особое место занимают тяжелые металлы. Считается, что именно тяжелые металлы являются наиболее токсичными для живых организмов (Скочилова, Каменская, 2011; Кабата-Педиас, Пендиас, 1989; Ильин, Сысо, 2001). Поступая из различных источников, они аккумулируются в почве, которая является участником всех процессов трансформации и миграции веществ, протекающих в биосфере. Мощным фактором, влияющим на развитие растительного покрова, являются промышленные выбросы. Загрязнение воздуха, воды, почвы аномальными концентрациями химических веществ оказывает непосредственное влияние на соотношение химических элементов в растительном организме (Чиркова, 2002). Действие металлов на растительный организм зависит от природы элемента, содержания его в окружающей среде, концентрации и от формы его химического соединения, вида загрязнения, срока от момента загрязнения. Формирование химического состава растительного организма определяется его биохимическими особенностями, их возрастом. Содержание одних и тех же элементов в различных частях растений может изменяться в широких пределах. Различные части растения могут накапливать различное количество тяжелых металлов, что также может служить экологическим индикатором благополучия окружающей среды (Чиркова, 2002).

Среди группы тяжёлых металлов уникальная роль принадлежит цинку, роль которого в жизнедеятельности растений неоднозначна, с одной стороны он является необходимым элементом в некоторых биохимических процессах, с другой стороны при высоких концентрациях цинк оказывает токсическое действие на растительные организмы: нарушает физиолого-биохимические процессы организма, снижает интенсивность процессов дыхания, фотосинтеза и продуктивность (Кабата-Педиас, Пендиас, 1989; Ильин, Сысо, 2001; Скочилова, Каменская, 2011).

В связи с этим возникает необходимость поиска безопасных методов защиты растений от негативного воздействия цинка. Одним из наиболее подходящих методов является биологический, где используются микроорганизмы-антагонисты, среди которых большое внимание заслуживают грибы рода *Trichoderma*, и препараты, созданные на их основе. Отмечено, что фотосинтетический аппарат растений, обработанных *Trichoderma*, более устойчив к нагреванию (Голованова, Логинова, 2005).

Задачами данного исследования было выявить влияния грибов рода *Trichoderma* на биофизические параметры растений, выращенных на средах с различным содержанием цинка.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования использовали антагонистически активный штамм гриба рода *Trichoderma asperellum* и растения томата *Solanum lycopersicum*. Семена стерилизовали в следующей последовательности: 10 мин. в 70 %-ном этиловом спирте, 8-ми кратная промывка дистиллированной водой, обработка H_2O_2 при t 38–40 °C в течение 7–8 мин.

Часть семян были обработаны спорами гриба рода *Trichoderma*. Растения выращивали в условиях естественного освещения в течение 60-ти суток, количество растений в каждом варианте 30 штук. Семена проращивали рулонным методом (Бенкен, Хацкевич, 1980). На 8-ые сутки проросшие семена помещали в среду с различным содержанием цинка. Опыт проводили по следующей схеме:

Вариант 1: растения, семена которых не обработаны микромицетами;

Вариант 2: предпосевная обработка семян растений *T. asperellum*;

Вариант 3: растения, помещенные в среду, содержащую цинк в концентрации $1 \cdot 10^{-5}$ моль/литр;

Вариант 4: растения, семена которых обработаны *T. asperellum*, помещенные в среду, содержащую цинк в концентрации $1 \cdot 10^{-5}$ моль/литр;

Вариант 5: растения, помещенные в среду, содержащую цинк в концентрации $5 \cdot 10^{-5}$ моль/литр;

Вариант 6: растения, семена которых обработаны *T. asperellum*, помещенные в среду, содержащую цинк в концентрации $5 \cdot 10^{-5}$ моль/литр.

Споры гриба рода *Trichoderma asperellum* были предоставлены доктором биологических наук, профессором Громовых Т.И.

Определяли сырую и сухую биомассу, взвешивание проводилось на торсионных весах (тип WT), площадь листовой пластинки определяли с помощью программы Imager 1,43, содержание хлорофиллов измеряли спектрофотометрическим методом по молярным коэффициентам экстинкции на приборе Spex 1300 (Winterman, DeMots, 1965). Функциональную активность фотосинтетического аппарата ассимилирующих тканей оценивали по показателям индукции флуоресценции хлорофилла PAM-флуориметром (Walz, Effeltrich, Germany) (Kitajima, Butler, 1975). Достоверность различий средних значений оценивали на основе критерия Стьюдента для уровня значимости 95 %.

Результаты и их обсуждение

Установлено, что цинк оказывал влияние на физиолого-морфологические параметры растений томатов: приводил к уменьшению длины надземной части, корневой системы, снижению накопления растениями как сырой, так и сухой биомассы, уменьшению фотосинтетической поверхности, деградации общего содержания пигментов и изменению пулов зеленых и желтых фотосинтетических пигментов. Однако действие данного металла зависело от его концентрации в среде, от возраста растительного организма и времени воздействия тяжелого металла. Наибольшее его негативное действие наблюдалось при концентрации $5 \cdot 10^{-5}$ моль/литр. Внесение спор грибов рода *Trichoderma* оказывало положительное действие на все изучаемые морфологические параметры и снимало негативное действие цинка, эффект действия актиномицет зависел от концентрации цинка в среде и продолжительности его действия.

Действие цинка на скорость электронного потока электронов было неоднозначно. На 25-е сутки цинк не оказывал существенного воздействия, кривые скорости электронного транспорта у подверженных и неподверженных стрессу растений совпадали (рис.). Однако концентрация цинка 5×10^{-5} приводила к сниже-

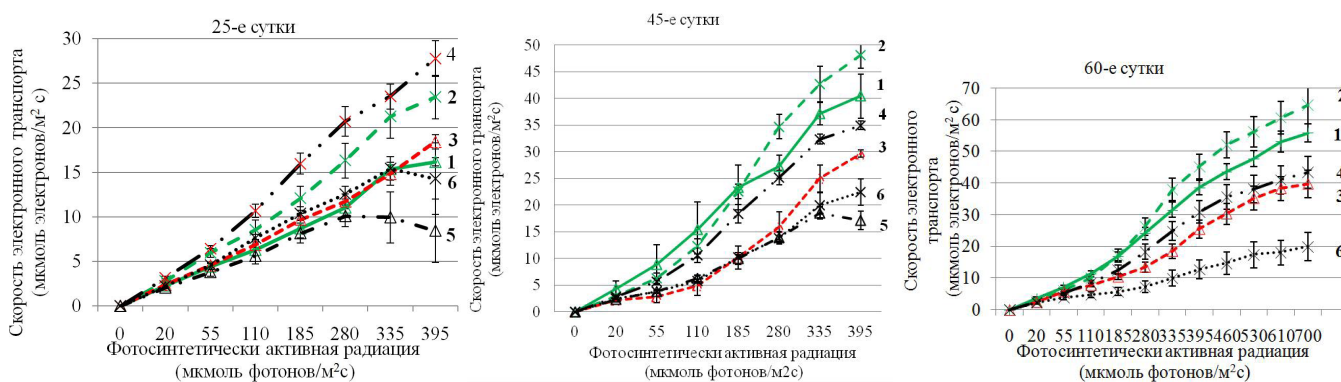


Рис. Скорость фотосинтетического электронного транспорта у растений томатов сорта «Лакомка». Условные обозначения: 1–растения, семена которых не обработаны микромицетами; 2 – предпосевная обработка семян растений *T. asperellum*; 3 – растения, помещенные в среду, содержащую цинк в концентрации $1 \cdot 10^{-5}$ моль/литр; 4 – растения, семена которых обработаны *T. asperellum*, помещенные в среду, содержащую цинк в концентрации $1 \cdot 10^{-5}$ моль/литр; 5 – растения, помещенные в среду, содержащую цинк в концентрации $5 \cdot 10^{-5}$ моль/литр; 6–растения, семена которых обработаны *T. asperellum*, помещенные в среду, содержащую цинк в концентрации $5 \cdot 10^{-5}$ моль/литр.

нию скорости электронного потока, особенно хорошо это было продемонстрировано на 45- и 60-ти дневных растениях. Причиной этого являются структурные изменения в листьях, и прежде всего более длительное время действия стрессового фактора, приводящее к большим изменениям в синтезе пигментов и, как следствие, уменьшение эффективности работы первичных процессов фотосинтеза.

Trichoderma оказывала существенное влияние на поток электронов. Положительный эффект проявлялся уже на ранних этапах развития растений. Максимальное действие *T. asperellum* обнаружено на фоне тяжелого металла. Из проведенного статистического анализа данных на 45-е сутки установлена значимая разница по влиянию микромицет на скорость электронного транспорта растений. На 60-е сутки стимулирующий эффект антагониста не ослабевал, и отрицательное воздействие цинка во втором и третьем вариантах нивелировалось.

Таким образом, результаты исследований показали, что цинк влияет на ростовые процессы растений. Оказывает существенное влияние на первичные процессы фотосинтеза, которые составляют энергетическую основу фотосинтеза, где происходит непосредственное запасание энергии в виде химических связей конечного восстановленного продукта световой стадии НАДФ, а также АТФ, сопряженного с генерацией трансмембранного электрохимического потенциала ионов водорода – движущей силы синтеза АТФ. Внесение грибов рода *Trichoderma* оказывает значительное влияние на продуктивность растений и повышают их устойчивость к действию тяжелых металлов, частично снимая негативное действие цинка.

ЛИТЕРАТУРА

- Бенкен А.А., Хацкевич Л.К.** Оценка устойчивости растений к почвенным фитопатогенам // Микология и фитопатология, 1980. – Т. 14, вып. 6. – С. 531–538.
- Голованова Т.И., Логинова Е.А.** Реакция фотосинтетического аппарата на обработку растений пшеницы спорами гриба рода *Trichoderma* // Вестник Красноярского государственного университета, 2005. – С. 210–215.
- Ильин В.Б., Сысо А.И.** Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях в Новосибирской области. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.
- Кабата-Педиас А., Пендиас Х.** Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
- Скочилова Е.А., Закаменская Е.С.** Накопление меди и цинка растениями мари белой (*Chenopodium album* L.) на территории республики Марий Эл // Агрохимия, 2011. – № 3. – С. 72.
- Чиркова Т.В.** Физиологические основы устойчивости растений. – СПб.: СПбГУ, 2002. – 244 с.
- Kitajima M, Butler W.L.** Quenching of chlorophyll fluorescence and primary photochemistry in chloroplasts by dibromothymoquinone // Biochim Biophys Acta, 1975. – Vol. 376. – P. 105–115.
- Wintermans J.F.G.M., DeMots A.** Spectrophotometric characteristics of chlorophylls a and b and their pheophytins in ethanol // Biochim. Biophys. Acta, 1965. – Vol. 109. – P. 448–453.

SUMMARY

There are the results of studies of the influence of microorganisms-antagonists *Trichoderma* pathogens on physiological, morphological and biophysical parameters of tomato grown under conditions with different content of zinc in the article. It was found that zinc had a significant impact on the growth and development of plants. The effect depended on the concentration and age of the plants. It is shown that *Trichoderma* not only stimulated the growth processes of plants, enhanced their photosynthetic activity and on the early stages of tomatoes development increased the rate of electron transport, but also removed the inhibitory effect of heavy metal.