

ВЫЗВАННАЯ АНТИОКСИДАНТОМ СТИМУЛЯЦИЯ РОСТА РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Н.В. Будаговская

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

В данной статье представлены результаты исследований быстрых (мин) и более медленных (ч) ростовых реакций растений, выращенных в условиях дефицита минерального питания, на действие антиоксиданта амбиола. Ранее нами было показано в длительных (многодневных) экспериментах, что присутствие амбиола в корневой зоне растений вызывает стимуляцию роста как корней, так и надземной части [1]. Однако, характер изменений ростовых процессов в коротких временных интервалах, особенно в начальный период воздействия амбиола, оставался неясным. Использование высокочувствительного метода – лазерной интерференционной ауксанометрии позволило исследовать эти процессы.

Измерение скорости роста листьев растений проводили с помощью лазерного интерференционного ауксанометра ЛИНА–ЭМЗД (Россия). Растения овса сорта «Горизонт» выращивали в промытом песке. За три дня до начала эксперимента растения пересаживали по одному в чашки Петри диаметром 5 см. В процессе выращивания растения поливали водопроводной водой, при проведении эксперимента для контрольного полива использовали дистиллированную воду. Водный раствор амбиола (0,01 мМ) вносили в субстрат в зоне корней. Измерение скорости роста листьев 9–12-дневных растений проводили на ауксанометре до и после добавления амбиола при температуре 25° С и влажности воздуха 64 %.

Растения выращивали в условиях дефицита минерального питания, что приводило к снижению скорости их роста. Показано, что при дефиците минерального питания в растениях усиливается образование активных форм кислорода, увеличивается проницаемость мембран [2, 3]. Поэтому добавление экзогенного антиоксиданта к растениям, испытывающим дефицит минерального питания, может способствовать улучшению состояния мембран и увеличению функциональной активности растений.

На рис. 1 и 2 представлены кривые изменения скорости роста 2-го листа растения овса сорта «Горизонт» при добавлении амбиола в зону корней. После однократного добавления амбиола в корневую зону отмечалась двухфазная ответная реакция листа: быстрая и медленная. Быстрое увеличение скорости роста листа началось с первых минут после внесения антиоксиданта (рис. 1).

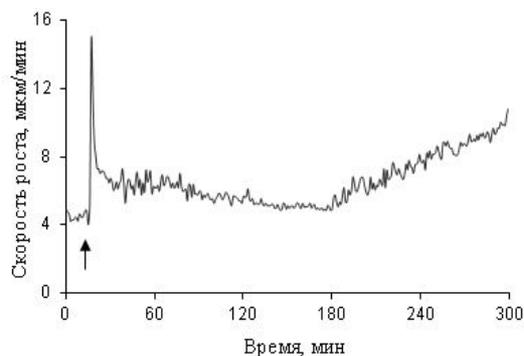


Рис. 1. Влияние амбиола на скорость роста 2-го листа 9-дневного растения овса сорта «Горизонт», ↑ – момент добавления амбиола (1 мл, 0,01 мМ)

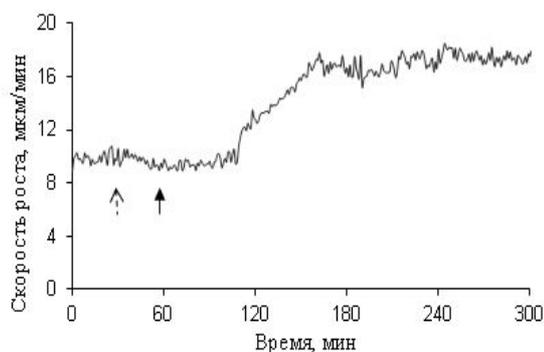


Рис. 2. Влияние амбиола на скорость роста 2-го листа 12-дневного растения овса сорта «Горизонт», ↑ – момент добавления дистиллированной воды (1 мл), ↑ – момент добавления амбиола (1 мл, 0,01 мМ)

Быстрая фаза увеличения линейных размеров листа может быть связана с гидродинамическим эффектом – усилением транспорта воды из корней в листья, вызванным амбиолом и, вследствие этого, повышением тургора тканей и их растяжением. Кроме того, возможно, амбиол может непосредственно влиять на растяжимость тканей. Было показано, что стимуляторы роста, изменяя ориентацию микротрубочек цитоскелета, делают оболочки клеток более растяжимыми [4]. Подобные изменения могут иметь место при действии на растения амбиола, что может приводить к быстрому увеличению линейных размеров листа.

Более медленное увеличение скорости роста листа прослеживалось через 2 ч 50 мин после добавления амбиола (рис. 1). Медленная фаза увеличения скорости роста листа может быть индуцирована метаболическими изменениями, связанными с экспрессией генов и биосинтезами *de novo*, что может привести к повышению скорости роста листа. Интервал времени около 3-х часов от момента добавления амбиола до начала медленной фазы был необходим для таких изменений.

При однократном добавлении амбиола скорость роста листа в процессе двухфазной ответной реакции увеличилась в 2,4 раза за 4 ч 50 мин. Повышение скорости роста листа было устойчивым, на 4-й день после добавления антиоксиданта скорость роста листа не снизилась. Контрольное добавление воды не привело к изменению скорости роста листа (рис. 2). Через 30 мин после добавления воды был внесен раствор амбиола в корневую зону растения вторично (на 4-й день после первоначального). Динамика скорости роста листа после вторичного добавления амбиола отличалась от динамики скорости роста листа при первичном внесении этого антиоксиданта. После добавления амбиола сразу не последовало быстрой ответной реакции листа, а повышение скорости роста листа (вначале быстрое, затем медленное) началось через 45 мин после добавления амбиола и окончилось быстрее (за 1 ч.), чем в первом случае. При этом скорость роста листа увеличилась почти в два раза. Различия в динамике скорости роста листа после первичного и вторичного добавления амбиола могли быть обусловлены как предшествующим внесению амбиола добавлением воды, так и теми изменениями в растении, которые были вызваны первоначальным добавлением антиоксиданта в первый день эксперимента (влиянием на мембраны, сигнальные системы, экспрессию генов, цитоскелет).

Вызванное внесением амбиола в корневую зону повышение скорости роста листьев было показано также в наших экспериментах с растениями пшеницы и риса, выращенными в условиях дефицита минерального питания [5]. В экспериментах с этими растениями тоже было отмечено наличие двухфазной ответной реакции растений на действие амбиола (быстрой и медленной).

Таким образом, внесение антиоксиданта амбиола в корневую зону растений, выращенных в условиях дефицита минерального питания, приводит к увеличению скорости роста листьев в течение нескольких часов в процессе быстрой и медленной ответной реакции растений на действие антиоксиданта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Будаговская Н.В. Индуцированная антиоксидантами стимуляция роста растений кукурузы в условиях блокирования кальциевых каналов // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. – М.: РУДН, 2015. – С. 118–124.
2. Cakmak I. and Marschner H. Enhanced superoxide radical production in roots of zinc-deficient plants. // J. Exp. Bot. – 1988a. – 39, – P. 1449–1460.
3. Cakmak I. and Marschner H. Zinc-dependent changes in ESR signals, NADPH oxidase and plasma membrane permeability in cotton roots. // Phys. Plant. – 1988b – 73, – P. 182–186.
4. Васильев А.В. Сравнительная структурно-функциональная характеристика цитоскелета животных и высших растений // Журнал общей биологии. – 1996. – Т. 57, С. 293–325.
5. Budagovskaya N.V. Rapid and slow response reactions of plants on effect of antioxidant ambiol. // Advanced Research on Plant Lipids, N. Murata et al. (eds.), – Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2003. – P. 323–326.