

Таким образом, проведенные исследования показали, что технология кратковременных снижений температуры может быть успешно использована для получения компактной рассады растений огурца независимо от длительности фотопериода.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 07-04-00063.

Литература

- Марковская Е.Ф. Адаптация *Cucumis sativus* L. к температурному фактору в онтогенезе // Физиология растений. 1994. Т. 41, № 4. С. 589-594.
- Марковская Е.Ф., Сысоева М.И. Роль суточного температурного градиента в онтогенезе растений. М.: Наука, 2004. 119 с.
- Moe R., Heins R.D. Thermo- and photomorphogenesis in plants // Adv. Floriculture Res. Agric. Univ. of Norway. 2000. Rep. № 6. P. 52-64.
- Деева В.П. Ретарданты - регуляторы роста растений. Минск: Наука и техника, 1980. 173 с.
- Erwin J. E., Heins R. D., Karlsson M. G. Thermomorphogenesis in *Lilium longiflorum* // Am. J. Bot. 1989. V. 76. P. 47-52.
- Heins R. D., Erwin J. E. Understanding and applying DIF // Greenhouse Grower. - 1990. V. 8. P. 73-78.
- Moe R., Mortensen L.M., Grimstad S.O. Control of plant morphogenesis without growth retardants // Acta Hort. 1992. V. 319. P. 323-328.
- Mortensen L.M., Moe R. Effects of various day and night temperature treatments on the morphogenesis and growth of some greenhouse and bedding plant species // Acta Hort. 1992. V. 327. P. 77-86.

РОЛЬ ФИТОХРОМА В В ФОРМИРОВАНИИ ХОЛОДОУСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ ОГУРЦА ПРИ КРАТКОВРЕМЕННЫХ И ДЛИТЕЛЬНЫХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Сысоева М.И., Шерудило Е.Г., Марковская Е.Ф.

Петрозаводск, Институт биологии Карельского научного центра РАН

Ежесуточные кратковременные снижения температуры широко используются в современном растениеводстве для выращивания компактных растений. Кроме того, как было показано ранее, они приводят к повышению холодоустойчивости растений (Марковская и др., 2000). Цель настоящей работы – выявить участие фитохрома В в формировании холодоустойчивости растений огурца при кратковременных и длительных низкотемпературных воздействиях.

Работа выполнена в камерах искусственного климата на растениях огурца (*Cucumis sativus* L.) дикого типа (WT) и длинногипокотелевом мутанте по фитохрому В (*lh*-мутант) (Lopez-Juez *et al.* 1992) при двух фотопериодах – 10/14 ч (короткий фотопериод) и 16/8 ч (длинный фотопериод) и одинаковом значении суточного интеграла света $6,5 \text{ mol day}^{-1} \text{ m}^{-2}$. Семена проращивали в течение 2-х сут, высаживали в сосуды с песком и выращивали при поливе питательным раствором Кнопа (рН 6.2-6.4) двое суток при 30°C, двое суток при 23°C до фазы полностью раскрытых семядолей, а затем в течение 6-ти суток подвергали постоянному действию закалывающей для растений огурца температуры 12°C (вариант ПНТ) или кратковременному воздействию 12°C на 2, 4, 6 и 8 ч ежесуточно в конце ночи (варианты ДРОП). В условиях длинного фотопериода был добавлен вариант со снижением температуры на 2 ч в начале дня. В качестве контроля были выбраны растения без низкотемпературной обработки, выращенные при 20°C. По окончании температурных обработок растения огурца находились в фазе полностью развернутого 1-го настоящего листа.

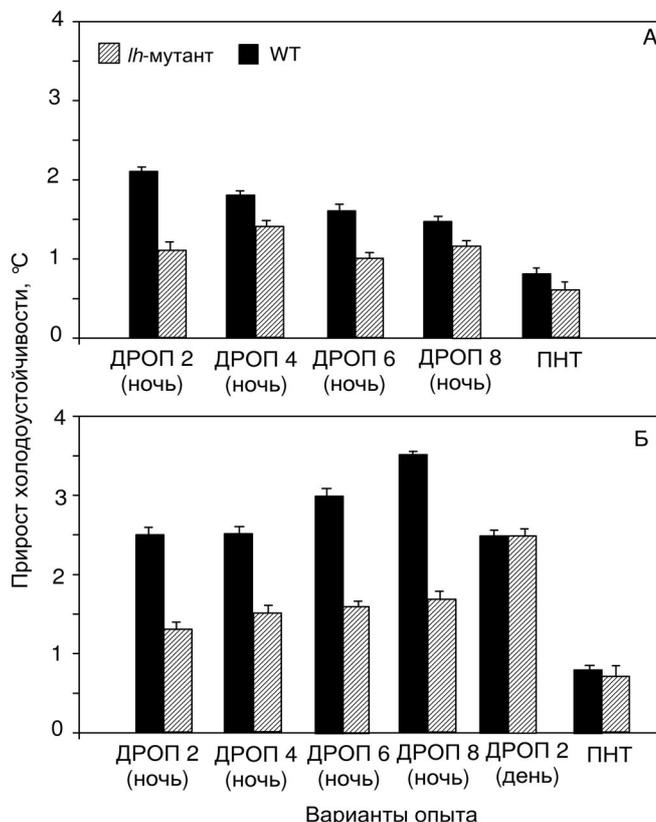
Холодоустойчивость (ХУ) растений анализировали в конце эксперимента по методу ЛТ₅₀, определяя температуру гибели 50% палисадных клеток листовых высечек после их 5-мин промораживания в микрохолодильнике или прогрева в водном термостате, соответственно (Дроздов и др., 1976).

Независимо от длительности фотопериода холодоустойчивость растений контрольного варианта была одинаковой: у дикого типа -10,3°C, у мутанта -10,2°C. Все температурные обработки как длительные, так и кратковременные вызвали повышение ХУ растений обоих генотипов (рис.).

В целом, ХУ растений при кратковременных низкотемпературных воздействиях была выше, чем при ПНТ, а также выше в условиях длинного фотопериода, чем при коротком дне. ХУ растений дикого типа была выше, чем у мутанта, за исключением дневного ДРОП. При коротком фотопериоде наибольший прирост ХУ у растений дикого типа по сравнению с контролем (2,1°C) отмечен при 2-х часовом воздействии в конце ночного периода, а у мутанта длительность низкотемпературной краткосрочной обработки существенно не влияла на величину ХУ. В условиях длинного фотопериода ХУ растений дикого типа увеличивалась с удлинением низкотемпературной экспозиции и достигала максимума при 8-часовом воздействии в конце ночи (прирост составил 3,5°C). В тоже время у мутанта по фитохрому В как и при коротком фотопериоде

длительность низкотемпературной обработки в ночной период значительно не влияла на приrost ХУ, а максимум ХУ был отмечен при 2-часовом снижении температуры в начале светового периода (2,5°C).

В условиях обоих фотопериодов при длительном низкотемпературном воздействии ХУ растений дикого типа и мутанта не различалась и составляла 0,8°C у дикого типа и 0,6-0,7°C у мутанта.



Влияние кратковременных (ДРОП 2, 4, 6, 8 ч) и длительных (ПНТ) низкотемпературных воздействий (12°C) на холодоустойчивость растений огурца дикого типа (WT) и мутанта по фитохрому В (*lh*-мутант) в условиях короткого 10/14 ч (А) и длинного 16/8 ч (Б) фотопериодов

Таким образом, установлено, что ХУ растений, подвергнутых ежесуточным кратковременным низкотемпературным обработкам была в 2-3 раза выше, чем при длительном воздействии низкой закалывающей температур, что согласуется с полученными нами ранее данными (Syssoeva *et al.* 1999; Markovskaya *et al.* 2003). При этом приrost ХУ был значительно выше в условиях длинного фотопериода, чем при коротком дне, что особенно ярко выявилось у растений огурца дикого типа, а длительность низкотемпературной обработки в ночной период не оказала влияния на ХУ растений дефицитных по фитохрому В.

Отсутствие различий по приrostу ХУ между растениями дикого типа и мутанта при длительном низкотемпературном воздействии и их существенная разница при ДРОП воздействиях в ночной период может свидетельствовать в пользу того, что фитохром В принимает участие в формировании холодоустойчивости растений огурца при кратковременных низкотемпературных воздействиях. Особый интерес вызывает отсутствие различий по ХУ у растений дикого типа и мутанта при кратковременном воздействии низкой температуры в начале светового периода. Известно, что свет необходим для увеличения ХУ у многих видов растений (Levitt 1980; Wanner and Junttila 1999). Кроме того, в работе Шота (Short 1999) обсуждаются различные пути регуляторной функции углеводов в модуляции фитохромного сигнала и получены данные о взаимосвязи углеводов и фитохром-А сигнальных механизмов. В связи с чем, высокий уровень ХУ у мутанта при кратковременном воздействии низкой температуры в начале дня, вероятно, может быть связан с включением фитохром А-сигнальных механизмов, приводящих к изменению углеводного статуса клетки.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 07-04-00063).

Литература

- Дроздов С.Н., Курец В.К., Будыкина Н.П., Балагурова Н.И. Определение устойчивости растений к заморозкам // Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды. Л.: Колос, 1976. С. 222-228.
- Марковская Е.Ф., Сысоева М.И., Харькина Т.Г., Шерудило Е.Г. Влияние кратковременного снижения ночной температуры на рост и холодостойкость растений огурца // Физиология растений. 2000. Т. 47, № 4. С. 511-515.
- Levitt J. Responses of Plants to Environmental Stresses: Chilling, Freezing and High Temperature Stresse., Academic Press, New York, 1980. 497 pp
- López-Juez E., Nagatani A., Tomizawa K-I., Deak M., Kern R., Kendrick R.E., Furuya M. The cucumber long hypocotyle mutant lack a light-stable PHYB-like phytochrome. *The Plant Cell*. 1992 V. 4. P. 241-251.
- Markovskaya E.F., Sherudilo E.G., Syssoeva M.I. Influence of long-term and short-term temperature drops on acclimation and de-acclimation in cucumber cold resistance. *Acta Horticulturae*. 2003. V. 618. P. 233-236.
- Short T.M. Overexpression of Arabidopsis phytochrome B inhibits phytochrome A function in the presence of sucrose. *Plant Physiology*. 1999. V. 119. P. 1497-1505.
- Sysoeva M.I., Markovskaya E.F., Kharkina T.G., Sherudilo E.G. Temperature drop, dry matter accumulation and cold resistance of young cucumber plants. *Plant Growth Regulation* 1999. V. 28. P. 89-94.

УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА РОАСЕАЕ К КАДМИЮ

Титов А.Ф., Казнина Н.М., Шалыго Н.В.*, Радюк М.С.*, Будакова Е.А.*, Лайдинен Г.Ф., Таланова В.В., Таланов А.В., Венжик Ю.В., Батова Ю.В.

Петрозаводск, Институт биологии Карельского научного центра РАН
* Минск, Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси

Кадмий является одним из наиболее токсичных загрязнителей окружающей среды с сильно выраженным отрицательным действием на все живые организмы, включая растения. Накапливаясь в органах и тканях, кадмий негативно влияет на многие стороны метаболизма, а также на продуктивность растений (Титов и др., 2007). В частности, под воздействием высоких концентраций этого металла у растений замедляется рост и развитие, нарушаются водный и минеральный обмены, изменяется интенсивность фотосинтеза и дыхания (Barceló, Poschenrieder, 1990; Prasad, 1995; Sanità di Toppi, Gabrielli, 1999; Серегин, Иванов, 2001; Vassilev, 2002 и др.). Вместе с тем, благодаря наличию механизмов устойчивости, действующих на разных уровнях организации, некоторые виды растений, в том числе и из семейства Роасеае, способны расти и развиваться без серьезных нарушений физиологических процессов в присутствии довольно высоких концентраций кадмия в окружающей среде.

Исходя из вышеизложенного, целью нашей работы явилось изучение адаптивного потенциала некоторых представителей семейства Роасеае и механизмов их устойчивости к ионам кадмия.

Объектами исследования служили следующие виды семейства Роасеае: *Agrostis alba* L., *Bromopsis inermis* Leyss., *Elytrigia repens* L., *Phleum pratense* L., *Setaria viridis* (L.) Beauv., а также *Hordeum vulgare* L. (сортов Зазерский 85 и Гонар). Для изучения всхожести семян использовали растворы сульфата кадмия в концентрациях 10^{-5} , 10^{-4} , 10^{-3} и 10^{-2} М. Вегетационные опыты проводили, используя песчаную культуру, при этом кадмий в концентрациях 20, 40, 80 и 160 мг/кг субстрата вносили одноразово при закладке опыта. О реакции растений на воздействие кадмия судили по изменению ряда показателей роста и развития, водного обмена, а также по состоянию фотосинтетического аппарата. Содержание хлорофиллов определяли спектрофотометрически. Интенсивность фотосинтеза и транспирации измеряли с помощью портативной системы НСМ-1000 (Walz, Германия), флуоресценцию хлорофилла – на флуориметре MINI-PAM (Walz, Германия). Общий пул тиолов (SH-содержащих соединений) оценивали по методике Крейссена с соавт. (Creissen et al., 1999). Количество окисленного (GSSG) и восстановленного (GSH) глутатиона анализировали в листьях проростков ячменя при действии хлористого кадмия в концентрациях 20, 50 и 100 мг/дм³ субстрата по методике, описанной Н.В. Шалыго с соавт. (2007). О содержании комплексов металла с фитохелатинами (ФХ) судили по отношению величины поглощения комплексов катионов Cd²⁺ с GSH и ФХ при 308 нм (D₃₀₈) к максимуму поглощения белков при 268 нм (D₂₆₈) (Радюк и др., 2007).

Проведенные исследования показали, что кадмий в концентрациях 10^{-5} и 10^{-4} М не оказывает существенного влияния на энергию прорастания и всхожесть семян злаков или вызывает небольшой стимулирующий эффект (табл. 1). Повышение содержания металла в корнеобитаемой среде до 10^{-3} М приводило к задержке начальных этапов прорастания у всех изученных видов и в дальнейшем к снижению всхожести семян на 40–80% (по отношению к контролю) в зависимости от вида растения. В присутствии кадмия в концентрации 10^{-2} М семена не прорастали.