

УДК 581.1

ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ПО ТРЕБОВАТЕЛЬНОСТИ К СВЕТУ ГИБРИДОВ *CUCUMIS SATIVUS* L. НА ЕЖЕСУТОЧНЫЕ КРАТКОВРЕМЕННЫЕ ПониЖЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Т. Г. Шибаета, Е. Н. Икконен, Е. Г. Шерудило, А. Ф. Титов

Институт биологии Карельского научного центра РАН

Изучали реакцию светолюбивых (Кадриль, Кураж, Хасбулат) и теневыносливых (Берендей, Гилянда, Рафаэль) гибридов огурца (*Cucumis sativus* L.) на ежесуточные кратковременные (2 ч) понижения температуры (ДРОП) до 9 °С в конце ночного (темновой ДРОП) или в начале дневного (световой ДРОП) периода. ДРОП-воздействия приводили к замедлению роста и увеличению компактности растений у всех изученных гибридов огурца (по отношению к контролю) независимо от их требовательности к свету. Свет оказывал значительное модифицирующее действие на реакцию растений на ДРОП, а в реакции различных по светотребовательности растений огурца на данный тип низкотемпературного воздействия наряду с общими чертами наблюдалась определенная специфичность, связанная с биологическими (экотипическими) особенностями гибридов. Наибольшие различия между светолюбивыми и теневыносливыми гибридами проявились в их способности к температурной адаптации, которая, в частности, выражалась в том, что светолюбивые гибриды характеризовались по сравнению с теневыносливыми более высокой способностью к повышению холодоустойчивости под влиянием ДРОП на свету. Кроме того, у теневыносливых гибридов, в отличие от светолюбивых, темновой ДРОП не приводил к снижению содержания хлорофиллов, хотя под влиянием светового ДРОП содержание хлорофиллов снижалось у всех гибридов. Отдаленный во времени эффект действия светового ДРОП проявился только у теневыносливых гибридов, у которых отмечено существенное снижение урожайности в варианте со световым ДРОП, особенно по показателю ранней урожайности (на 50–65 %).

Ключевые слова: огурец; светолюбивые; теневыносливые гибриды; температура; холодоустойчивость; урожайность.

T. G. Shibaeva, E. N. Ikkonen, E. G. Sherudilo, A. F. Titov. SPECIFIC RESPONSES OF CUCUMBER HYBRIDS WITH DIFFERENT LIGHT REQUIREMENTS TO DAILY SHORT-TERM TEMPERATURE DROPS

We studied the response of light-loving (Quadrille, Courage, Hasbulat) and shade-tolerant (Berendey, Girlyanda, Rafael) hybrids of cucumber (*Cucumis sativus* L.) to a daily 2 h temperature drop (DROP) to 9 °C at the end of the night or at the beginning of the light period. All DROP-treated plants irrespective of their demand for light had a slower growth rate and were more compact than control plants. Light had a significant modifying effect on the plant response to DROP, and although similarity was observed among the hybrids' responses to this type of low temperature treatment, there was also a cer-

tain varietal (ecotypic) specificity. The most pronounced differences between light-loving and shade-tolerant hybrids were related to their ability to adapt to low temperatures. In particular, light-loving hybrids treated by DROP in the light had higher ability to increase chilling tolerance. Besides, in shade-tolerant hybrids, in contrast to the light-loving ones, DROP given in the end of the night did not lead to a decrease in chlorophyll content, while DROP given at the beginning of the light period reduced chlorophyll content in all hybrids. Long-term effect of DROP was manifested in shade-tolerant hybrids only as lower yields (especially in terms of early yields, which were decreased by 50–65 %) in plants treated by DROP at the beginning of the light period.

Key words: cucumber; light-loving; shade-tolerant hybrids; temperature; chilling resistance; yield.

Введение

Температура и свет являются ведущими факторами внешней среды, от которых в первую очередь зависит жизнедеятельность растения. В силу значительной вариабельности оба фактора в естественных условиях достаточно часто выступают в качестве лимитирующих, оказывая негативное влияние на растения. В то же время в условиях теплиц именно температура и свет являются наиболее просто и часто технически регулируемые параметры, что позволяет управлять ростом растений. Так, ежесуточные непродолжительные понижения температуры (обычно в конце ночи или рано утром) широко используются в практике тепличного растениеводства для получения компактной и более устойчивой рассады овощных культур, клумбовых и цветочных растений без применения химических ретардантов [Сысоева и др., 2001; Марковская и др., 2013]. Этот агротехнический прием получил название «temperature DROP» (от англ. *drop* – падение). Экономически он менее затратный, чем понижение дневной температуры относительно ночной (negative DIF) для контроля высоты растений. Однако, судя по имеющимся данным, эффективность применения ДРОП неодинакова в разное время суток, причем у одних видов более эффективным с точки зрения замедления роста в высоту является ДРОП, примененный в утренние часы, у других – в конце ночи, а у третьих реакция не зависит от времени снижения температуры [Moe et al., 1992; Ueber, Hendriks, 1992; Grindal, Moe, 1995; Erwin, Heins, 1995; Grimstad, 1995; Stavang et al., 2007]. Вопрос о том, различается ли реакция на ДРОП у растений, характеризующихся разным отношением к свету (светолюбивых и теневыносливых), в литературе не обсуждался.

Гибриды огурца, который является одной из главных тепличных культур, делятся на теневыносливые (зимне-весенний экотип)

и светолюбивые (весенне-летний экотип). Однако информация о том, различаются ли эти экотипы по устойчивости к низким температурам или перепадам температур в суточном цикле, по сути, отсутствует. Исходя из вышеизложенного, в настоящей работе исследована реакция светолюбивых и теневыносливых гибридов огурца на ежесуточные кратковременные понижения температуры в дневное и ночное время.

Материалы и методы

Растения огурца (*Cucumis sativus* L., светолюбивые гибриды Кадриль F1, Кураж F1, Хасбулат F1 и теневыносливые Берендей F1, Гирлянда F1, Рафаэль F1) выращивали в камере искусственного климата (Vötsch, Германия) в сосудах с песком при поливе полным питательным раствором (рН 6,2–6,4), температуре воздуха 25/20 °С (день/ночь), ФАР 250 мкмоль/(м²с), фотопериоде 16 ч, влажности воздуха 70 %. Растения подвергались 2-часовому воздействию температуры 9 °С (скорость снижения температуры 0,5 °С/мин) в конце ночи (темновой ДРОП) или в начале дня (световой ДРОП) в течение 11 суток в период роста первого настоящего листа. Контрольные растения выращивали при температуре 25/20 °С.

На 18-е сутки от посадки определяли высоту растений, площадь и число листьев, сухую биомассу растений (побегов и корней) (n = 6). Пластохрон определяли как отрезок времени между достижением двумя последовательными листьями условной длины (10 мм) [Марковская, Харькина, 1997].

Скорость видимого фотосинтеза определяли с помощью портативной фотосинтетической системы HCM-1000 (Walz, Германия). Общее содержание хлорофиллов *a* и *b* определяли с помощью измерителя уровня хлорофилла SPAD 502 Plus (Konica Minolta, Osaka, Япония). Для измерения флуоресценции хлорофилла

использовали анализатор фотосинтеза с импульсно-модулированным освещением (MINI-RAM, Walz, Германия). Потенциальный квантовый выход фотохимической активности ФС II (F_v/F_m) определяли после 20-минутной темновой адаптации листьев. Измерения проводили на первом настоящем листе, достигшем зрелости ($n \geq 4$).

О холодоустойчивости клеток первого настоящего листа ($n = 6$) судили по температуре (LT_{50}), вызывающей гибель 50 % палисадных клеток листовых высечек после их 5-минутного промораживания в термоэлектрическом термостате ТЖР («Интерм», Россия) при последовательном снижении температуры с шагом 0,4 °С [Дроздов и др., 1976]. Жизнеспособность клеток определяли с помощью светового микроскопа Микмед-2 (ЛОМО, Россия) по коагуляции цитоплазмы и деструкции хлоропластов.

Часть растений четырех гибридов (светлюбивые Кураж и Кадриль, теневыносливые Рафаэль и Гирлянда) на 18-е сутки от посадки, в фазе трех настоящих листьев, были высажены в конце мая в обогреваемые пленочные теплицы, находящиеся на Агробиологической станции Института биологии КарНЦ РАН (Петрозаводск, 61°47' с. ш., 34°20' в. д.) и выращивались в условиях естественного фотопериода в весенне-летнем обороте с соблюдением всех необходимых агротехнических требований. Плотность посадки – 3,3 растений/м². Учитывали раннюю (за первые три недели сбора плодов) и общую урожайность плодов.

Результаты представлены в виде средних значений по двум-трем независимым опытам (в каждом отдельном опыте использовали четыре и более повторностей) и их стандартных ошибок. Достоверность различий между средними определена с помощью дисперсионного анализа с использованием программного обеспечения Statistica (v. 8.0.550.0, StatSoft, Inc.). Разницу между средними значениями считали значимой при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Ежесуточные 2-часовые понижения температуры в конце ночи и в начале дня приводили к замедлению роста и увеличению компактности растений у всех изученных гибридов огурца (по отношению к контролю) независимо от их требовательности к свету. У большинства из них действие ДРОП вызывало уменьшение высоты растений, площади листьев, сухой биомассы растения и увеличение пластохрона по сравнению с контрольными растениями (рис. 1), хотя и не во всех случаях эти изменения были

статистически достоверны и зафиксированы только как тренд. Обнаруженные различия в реакции растений в большей мере касались того, применялся ли ДРОП утром, то есть на свету, или в ночное время, т. е. в темноте (рис. 1). Так, растения разных гибридов, подвергавшиеся световому ДРОП, были на 16–25 % (в зависимости от гибрида) ниже контрольных растений, в то время как растения, испытывавшие темновой ДРОП, отличались от контрольных соответственно на 7–16 %. Причины подобных различий пока не вполне ясны и требуют изучения. Имеются данные, что при снижении температуры на свету у некоторых видов экспрессируются гены, участвующие в инактивации гиббереллинов, тогда как в темноте это не происходит [Stavang et al., 2007]. Однако ДРОП оказывает влияние на морфогенез и на свету, и в темноте, хотя во втором случае слабее, чем в первом. Это говорит о том, что торможение скорости роста может происходить и вследствие не связанного с гиббереллинами краткосрочного охлаждения тканей.

Уменьшение площади листьев у большинства изученных гибридов в результате действия ДРОП, отмеченное в нашей работе, можно рассматривать как весьма полезный в практическом плане эффект ДРОП, так как при выращивании рассады овощных и цветочных растений нежелательное удлинение стебля происходит в основном в то время, когда листья соседних растений начинают затенять друг друга в условиях плотной посадки растений.

Выявленное замедление скорости появления листьев и, как следствие, увеличение пластохрона при действии ДРОП на свету и в темноте (на 12–33 и 2–15 % соответственно) согласуется с полученными ранее данными о некотором торможении роста под влиянием ДРОП [Grimstad, 1993, 1995]. Обычно снижение скорости появления листьев объясняют ее сильной зависимостью от среднесуточной температуры [Karlsson et al., 1989]. В наших опытах среднесуточная температура была одинаковой в вариантах светового и темнового ДРОП, тем не менее световой ДРОП оказывал более сильное тормозящее действие на скорость появления листьев, и это говорит о том, что свет может оказывать существенное модифицирующее влияние, усиливая эффект низкотемпературного воздействия на величину пластохрона.

У всех гибридов, за исключением гибрида Рафаэль, ДРОП-воздействия приводили к снижению скорости видимого фотосинтеза, при этом прослеживалась тенденция более выраженного снижения в варианте со световым ДРОП (рис. 2, а). Потенциальный квантовый

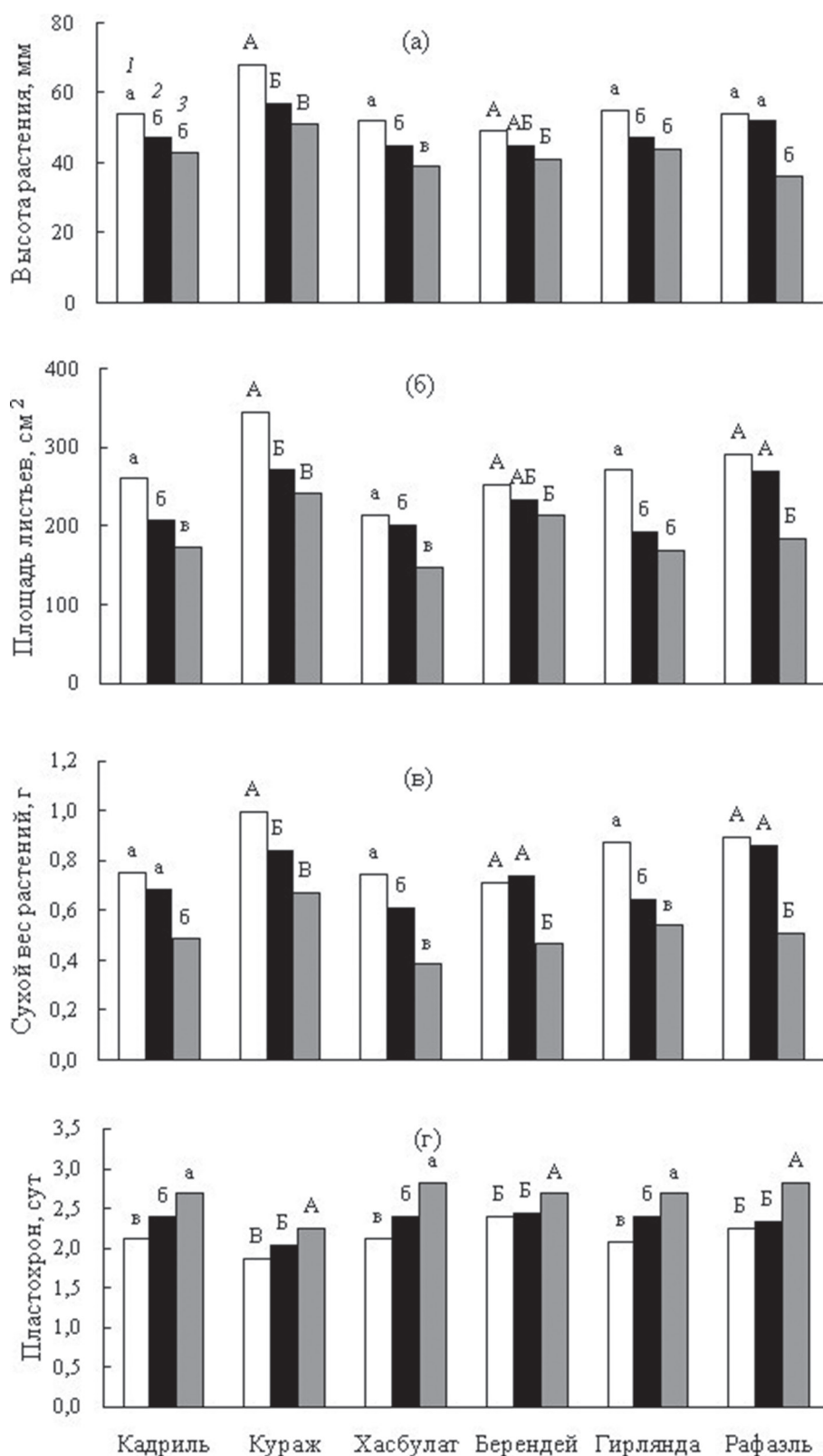


Рис. 1. Высота растений (а), площадь листьев (б), сухой вес растения (в) и пластохрон (г) светолюбивых (Кадриль, Кураж, Хасбулат) и теневыносливых (Берендей, Гирлянда, Рафаэль) гибридов огурца, не подвергавшихся (1) и подвергавшихся ДРОП-воздействию в конце ночи (2) или в начале дня (3). Здесь и далее: разные буквы указывают на достоверность различных средних значений при $p < 0,05$, определенную для каждого гибрида отдельно

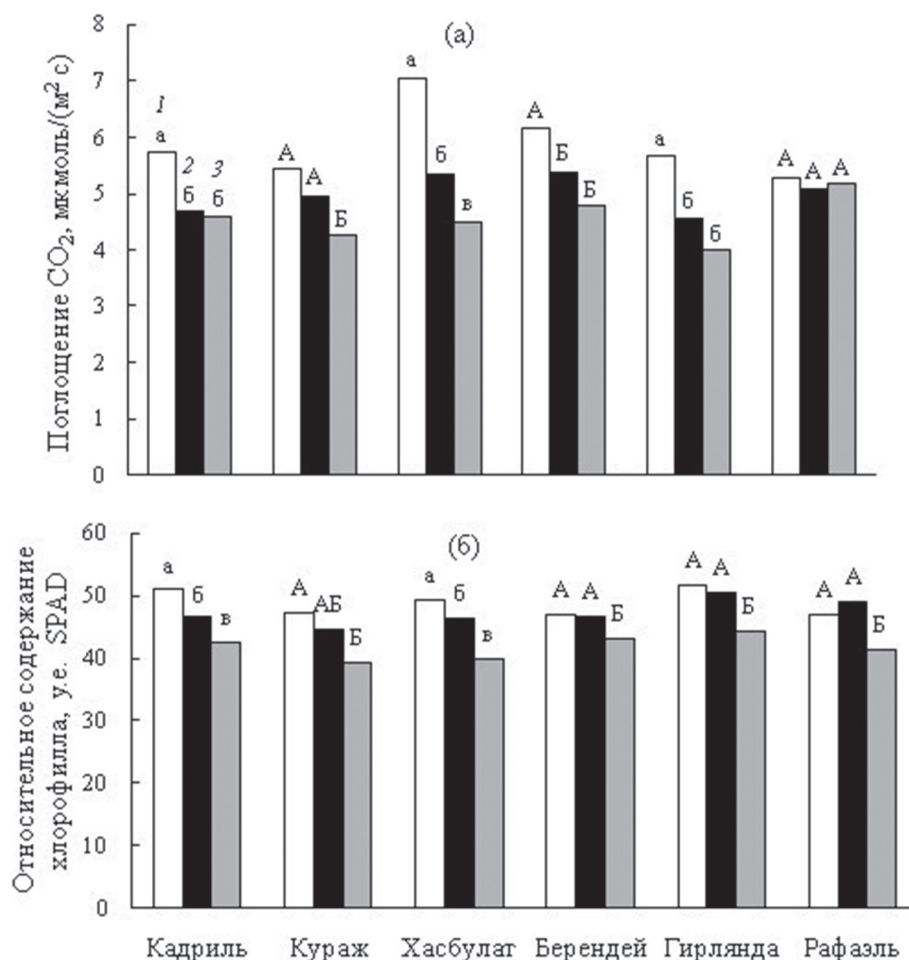


Рис. 2. Видимый фотосинтез (а) и общее содержание хлорофиллов а и b (б) в листьях светолюбивых (Кадриль, Кураж, Хасбулат) и теневыносливых (Берендей, Гирлянда, Рафаэль) гибридов огурца, не подвергавшихся (1) и подвергавшихся ДРОП-воздействию в конце ночи (2) или в начале дня (3). Измерения видимого фотосинтеза выполнены при температуре листа 23°

выход фотохимической активности ФСII (F_v / F_m) хотя и снижался незначительно под влиянием темнового ДРОП и более значимо при действии светового ДРОП (данные не приведены), однако значения F_v / F_m во всех случаях превышали величину 0,79, что указывает на отсутствие сколько-нибудь серьезных нарушений в фотосинтетическом аппарате растений [Böhler-Nordenkamp et al., 1989].

Необходимо отметить, что наряду с общими чертами в реакции на ДРОП различных по светотребовательности гибридов огурца по ряду показателей выявлены определенные различия между светолюбивыми и теневыносливыми гибридами. Например, у теневыносливых гибридов, в отличие от светолюбивых, темновой ДРОП не приводил к снижению содержания хлорофиллов, хотя под влиянием светового ДРОП содержание хлорофиллов снижалось

у всех гибридов (рис. 2, б). Все изученные гибриды характеризовались повышенной по сравнению с контролем холодоустойчивостью при ДРОП-воздействии в темноте (рис. 3), что соответствует ранее установленному нами факту роста холодоустойчивости огурца при кратковременном периодическом понижении температуры в ночной период [Марковская и др., 2000; Sysoeva et al., 2005, 2008; Сысоева и др., 2013]. Свет заметно усиливал этот эффект, но только у светолюбивых гибридов.

Урожайность растений, подвергшихся воздействию ДРОП в рассадный период, также различалась в зависимости от их светлюбия. Светолюбивые гибриды характеризовались одинаковой урожайностью во всех вариантах опыта, а у теневыносливых гибридов отмечено существенное снижение урожайности в варианте со световым ДРОП, особенно по

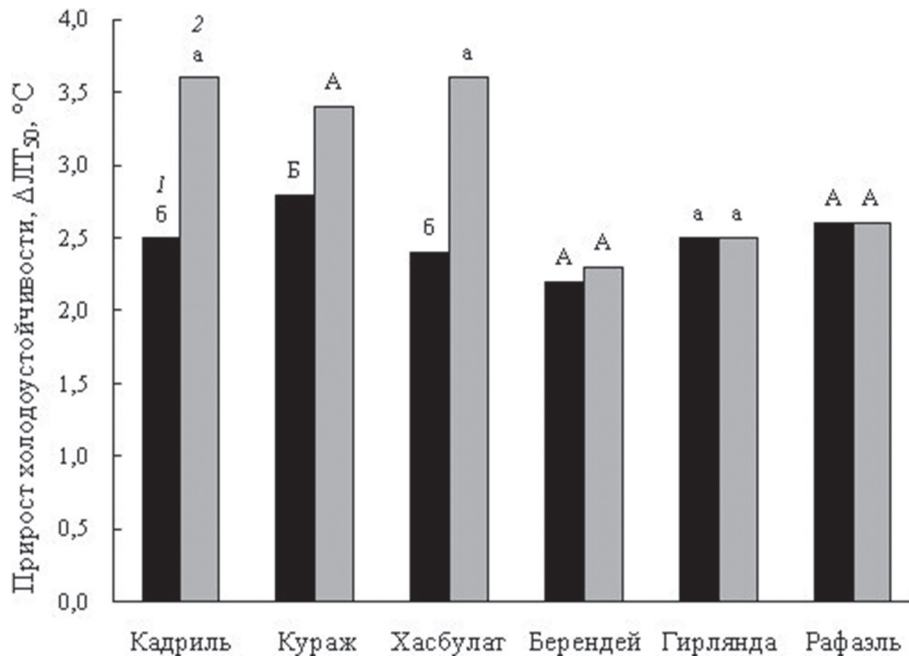


Рис. 3. Приrost холодоустойчивости листьев по сравнению с контролем у светолюбивых (Кадриль, Кураж, Хасбулат) и теневыносливых (Берендей, Гирлянда, Рафаэль) гибридов огурца, подвергавшихся ДРОП-воздействию в конце ночи (1) или в начале дня (2)

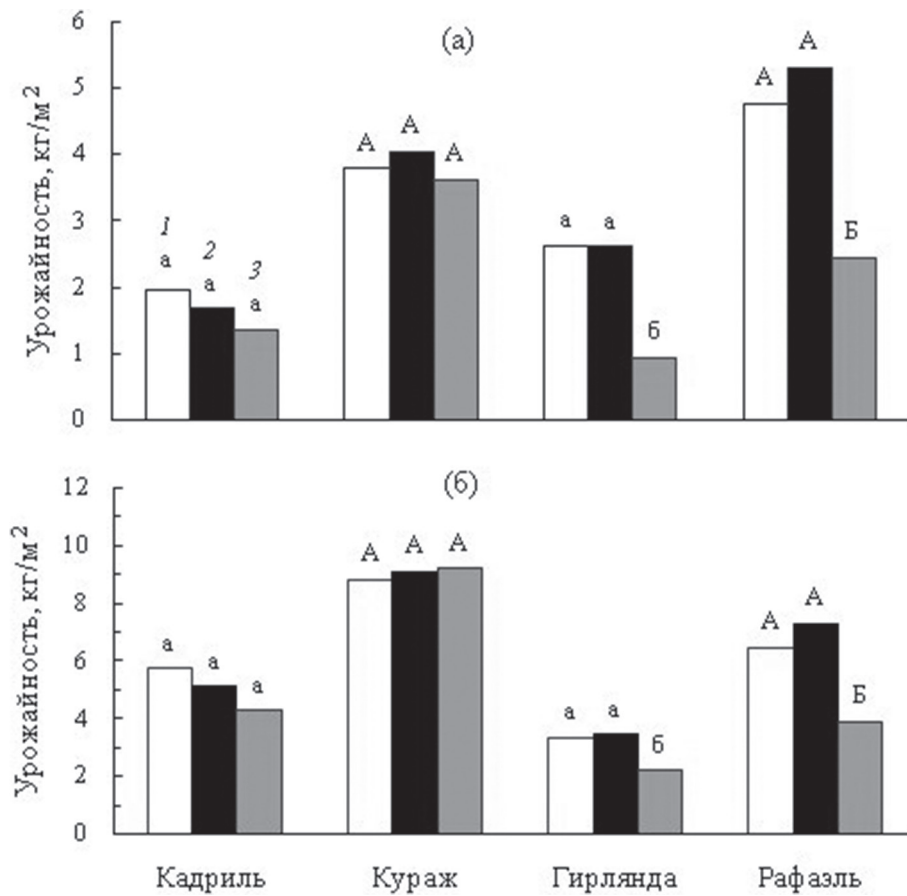


Рис. 4. Ранняя (а) и общая (б) урожайность светолюбивых (Кадриль, Кураж, Хасбулат) и теневыносливых (Берендей, Гирлянда, Рафаэль) гибридов огурца, не подвергавшихся (1) и подвергавшихся ДРОП-воздействию в конце ночи (2) или в начале дня (3)

показателю ранней урожайности (на 50–65 %) (рис. 4).

Таким образом, проведенное исследование показало, что свет способен оказывать значительное модифицирующее действие на реакцию растений на ДРОП, а в реакции различных по светотребовательности растений огурца на данный тип низкотемпературного воздействия наряду с общими чертами наблюдается определенная специфичность, связанная с биологическими (экотипическими) особенностями того или иного гибрида. Наибольшие различия между светолюбивыми и теневыносливыми гибридами проявились в их способности к температурной адаптации, которая, в частности, выражается в том, что все изученные светолюбивые гибриды характеризуются по сравнению с теневыносливыми более высокой способностью к повышению холодоустойчивости под влиянием ДРОП на свету. Отдаленный же во времени эффект действия светового ДРОП в виде снижения продуктивности проявился только у теневыносливых гибридов.

Авторы выражают глубокую благодарность Т. Ф. Алексеевой, Т. С. Гоголевой, Л. Н. Корибицыной и Н. И. Хилкову за помощь в проведении опытов на Агробиологической станции ИБ КарНЦ РАН.

Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП НО Института биологии КарНЦ РАН при финансовой поддержке из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания (№ темы 0221–2014–0002) и РФФИ (проект № 14-04-00840_а).

Литература

Дроздов С. Н., Будыкина Н. П., Курец В. К., 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., Харьковина 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.

Марковская Е. Ф., Сысоева М. И., Шерудило Е. Г. Кратковременная гипотермия и растение. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. 194 с.

Марковская Е. Ф., Харьковина Т. Г. Временная организация процесса формирования листовой поверхности *Cucumis sativus* L. // Онтогенез. 1997. Т. 28, № 2. С. 83–87.

Сысоева М. И., Марковская Е. Ф., Некрасова Т. Г. Современное состояние проблемы воздействия кратковременного снижения температуры на рост растений // Успехи современной биологии. 2001. Т. 121, № 2. С. 172–179.

Сысоева М. И., Марковская Е. Ф., Шерудило Е. Г. Роль фитохрома В в холодовом закаливании и раззакаливании растений огурца на свету и в темноте // Физиология растений. 2013. Т. 60, № 1. С. 393–396. doi: 10.7868/S0015330313020206

Bolh ar-Nordenkamp H. R., Long S. P., Baker N. R. et al. Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation // Funct. Ecol. 1989. Vol. 3. P. 497–514. doi: 10.2307/2389624

Erwin J. E., Heins R. D. Thermomorphogenetic responses in stem and leaf development // HortScience 1995. Vol. 30. P. 940–949.

Grimstad S. O. The effect of a daily low temperature pulse on growth and development of greenhouse cucumber and tomato plants during propagation // Scientia Hort. 1993. Vol. 53. P. 53–62. doi: 10.1016/0304-4238(93)90137-F

Grimstad S. O. Low-temperature pulse affects growth and development of young cucumber and tomato plants // J. Hort. Sci. 1995. Vol. 70, no. 1. P. 75–80. doi: 10.1080/14620316.1995.11515275

Grindal G., Moe R. Growth rhythms and temperature DROP // Acta Hort. 1995. Vol. 378. P. 47–52. doi: 10.17660/ActaHortic.1995.378.6

Karlsson M. G., Heins R. D., Erwin J. E., Berg-hage R. D. Development rate during four phases of chrysanthemum growth as determined by preceding and prevailing temperatures // J. Amer. Soc. Hort. Sci. 1989. Vol. 114, no. 2. P. 158–162. doi: 10.1590/S0103-84782004000100008

Moe R., Glomsrud N., Bratberg I., Vals  S. Control of plant height in poinsettia by temperature drop and graphical tracking // Acta Hort. 1992. Vol. 327. P. 41–48. doi: 10.17660/ActaHortic.1992.327.5

Stavang J. A., Junttila O., Moe R., Olsen J. Differential temperature regulation of GA metabolism in light and darkness in pea // J. Exp. Bot. 2007. Vol. 58, no. 11. P. 3061–3069. doi: 10.1093/jxb/erm163

Sysoeva M. I., Patil Grindal G., Sherudilo E. G. et al. Effect of temperature drop and photoperiod on cold resistance in young cucumber plants – involvement of phytochrome B // Plant Stress. 2008. Vol. 2. P. 84–88.

Sysoeva M. I., Sherudilo E. G., Markovskaya E. F. et al. Temperature drop as a tool for cold tolerance increment in plants // Plant Growth Regul. 2005. Vol. 46. P. 189–191. doi: 10.1007/s10725-005-7357-2

Ueber E., Hendriks L. Effects of intensity, duration and timing of a temperature drop on the growth and flowering of *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch // Acta Hort. 1992. Vol. 327. P. 33–40. doi: 10.17660/ActaHortic.1992.327.4

Поступила в редакцию 26.01.2016

References

- Drozдов S. N., Budykina N. P., Kurec V. K., Balagurova N. I. Opredelenie ustojchivosti rastenij k zamorozkam [Determination of frost tolerance in plants]. *Metody ocenki ustojchivosti rastenij k neblagoprijatnym usloviyam sredy* [Methods of assessment of plant hardiness under unfavorable conditions]. Leningrad: Kolos, 1976. P. 222–228.
- Markovskaya E. F., Sysoeva M. I., Kharkina T. G., Sherudilo E. G. Influence of a night temperature drop on the growth and cold tolerance of cucumber plants. *Russ. J. Plant Physiol.* 2000. Vol. 47, no. 34. P. 445–448.
- Markovskaja E. F., Sysoeva M. I., Sherudilo E. G. Kratkovremennaja gipotermija i rastenie [Short-term hypothermia and plant]. Petrozavodsk: KarRC of RAS, 2013. 194 p.
- Markovskaja E. F., Kharkina T. G. Temporal organization of the formation of leaf surface in *Cucumis sativus* L. *Russ. J. Dev. Biol.* 1997. Vol. 28, no. 2. P. 83–87.
- Sysoeva M. I., Markovskaja E. F., Nekrasova T. G. Sovremennoe sostojanie problemy vozdejstviya kratkovremennogo snizhenija temperatury na rost rastenij [Recent studies on the effect of short-term temperature decrease on the growth of plants]. *Uspehi sovremennoj biologii* [Advances in current biology]. 2001. Vol. 121, no. 2. P. 172–179.
- Sysoeva M. I., Markovskaya E. F., Sherudilo E. G. Role of phytochrome B in the development of cold tolerance in cucumber plants under light and in darkness. *Russ. J. Plant Physiol.* 2013. Vol. 60, no. 3. P. 383–387. doi: 10.1134/S1021443713020180
- Bolhär-Nordenkamp H. R., Long S. P., Baker N. R., Öquist G., Schreiber U., Lechner E. G. Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. *Funct. Ecol.* 1989. Vol. 3. P. 497–514. doi: 10.2307/2389624
- Erwin J. E., Heins R. D. Thermomorphogenetic responses in stem and leaf development. *HortScience* 1995. Vol. 30. P. 940–949.
- Grimstad S. O. The effect of a daily low temperature pulse on growth and development of greenhouse cucumber and tomato plants during propagation. *Scientia Hort.* 1993. Vol. 53. P. 53–62. doi: 10.1016/0304-4238(93)90137-F
- Grimstad S. O. Low-temperature pulse affects growth and development of young cucumber and tomato plants. *J. Hort. Sci.* 1995. Vol. 70, no. 1. P. 75–80. doi: 10.1080/14620316.1995.11515275
- Grindal G., Moe R. Growth rhythms and temperature DROP. *Acta Hort.* 1995. Vol. 378. P. 47–52. doi: 10.17660/ActaHortic.1995.378.6
- Karlsson M. G., Heins R. D., Erwin J. E., Berg-hage R. D. Development rate during four phases of chrysanthemum growth as determined by preceding and prevailing temperatures. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 1989. Vol. 114, no. 2. P. 158–162. doi: 10.1590/S0103-84782004000100008
- Moe R., Glomsrud N., Bratberg I., Valsø S. Control of plant height in poinsettia by temperature drop and graphical tracking. *Acta Hort.* 1992. Vol. 327. P. 41–48. doi: 10.17660/ActaHortic.1992.327.5
- Stavang J. A., Junttila O., Moe R., Olsen J. Differential temperature regulation of GA metabolism in light and darkness in pea. *J. Exp. Bot.* 2007. Vol. 58, no. 11. P. 3061–3069. doi: 10.1093/jxb/erm163
- Sysoeva M. I., Patil Grindal G., Sherudilo E. G., Torre S., Markovskaya E. F., Moe R. Effect of temperature drop and photoperiod on cold resistance in young cucumber plants – involvement of phytochrome B. *Plant Stress.* 2008. Vol. 2. P. 84–88.
- Sysoeva M. I., Sherudilo E. G., Markovskaya E. F., Obshatko L. A., Matveeva E. M. Temperature drop as a tool for cold tolerance increment in plants. *Plant Growth Regul.* 2005. Vol. 46. P. 189–191. doi: 10.1007/s10725-005-7357-2
- Ueber E., Hendriks L. Effects of intensity, duration and timing of a temperature drop on the growth and flowering of *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch. *Acta Hort.* 1992. Vol. 327. P. 33–40. doi: 10.17660/ActaHortic.1992.327.4

Received January 26, 2016

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Шибалева Татьяна Геннадиевна

старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: shibaeva@krc.karelia.ru
тел.: (8142) 762706

Икконен Елена Николаевна

старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: likkonen@gmail.com

CONTRIBUTORS:

Shibaeva, Tatyana

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: shibaeva@krc.karelia.ru
tel.: (8142) 762706

Ikkonen, Elena

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: likkonen@gmail.com

Шеруди́ло Елена Георгиевна

старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: sherudil@krc.karelia.ru

Титов Александр Федорович

председатель КарНЦ РАН, руководитель
лаб. экологической физиологии растений,
чл.-корр. РАН, д. б. н., проф.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: titov@krc.karelia.ru

Sherudilo, Elena

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: sherudil@krc.karelia.ru

Titov, Alexandr

Institute of Biology, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: titov@krc.karelia.ru