

УДК 581.1

РЕАКЦИИ РАСТЕНИЙ ОГУРЦА НА КРАТКОВРЕМЕННЫЕ И ДЛИТЕЛЬНЫЕ СНИЖЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В УСЛОВИЯХ РАЗНЫХ ФОТОПЕРИОДОВ

**Е. А. Спиридонова, М. И. Сысоева, Е. Г. Шерудило,
Т. Г. Шibaева**

Институт биологии Карельского научного центра РАН

На проростках огурца показано, что длительное действие низкой температуры тормозит рост и развитие растений, снижает накопление биомассы и изменяет ее распределение по органам растений по сравнению с контролем. Причем направленность действия постоянной низкой температуры была одинаковой при всех фотопериодах, включая круглосуточное освещение. Кратковременные снижения температуры (ДРОП) вызывают морфогенетический эффект, приводя к получению растений компактного габитуса при отсутствии влияния на накопление и распределение сухой массы, и значительно повышают холодоустойчивость растений. Фотопериод существенно влияет на проявление ответных реакций растений при ДРОП и не оказывает влияния при постоянном действии низкой температуры.

Ключевые слова: *Cucumis sativus* L., фотопериод, ДРОП – кратковременное снижение температуры, морфогенез, холодоустойчивость.

E. A. Spiridonova, M. I. Sysoeva, E. G. Sherudilo, T. G. Shibaeva. RESPONSES OF CUCUMBER PLANTS TO SHORT- AND LONG-TERM TEMPERATURE DROP AT DIFFERENT PHOTOPERIODS

It has been demonstrated in experiments with cucumber sprouts that long-term effect of low temperature inhibits the plants' growth and development, reduces accumulation of biomass and modifies its distribution among organs compared with the control. Directivity of the effect of constant low temperature was the same at different photoperiods, including 24-hour illumination. Short-term temperature reductions (DROP) have a morphogenetic effect, with formation of plants with compact growth habit but without affecting dry mass storage and distribution, and significantly enhance the plants' cold resistance. The photoperiod strongly influences manifestation of the response to DROP, but has no effect under constant low temperature impact.

Key words: *Cucumis sativus* L., photoperiod, DROP – short-term temperature reduction, morphogenesis, cold resistance.

Введение

Растения в процессе онтогенеза произрастают в переменных условиях среды. В течение суток они часто подвергаются воздействию кратковременных снижений температуры. Такая нестабильность суточного климата, проявляющаяся во флуктуациях температур в суточном цикле, особенно в ранневесенний период, согласно одному из сценариев изменения климата будет усиливаться [Филатов и др., 2003]. Кратковременные снижения температуры также широко используются в современном растениеводстве для выращивания компактных растений [Мое, Heins, 2000]. Как показано ранее, они увеличивают устойчивость растений к действию низких температур [Markovskaya et al., 2003; Sysoeva et al., 2005], оказывают влияние на их биологическую продуктивность [Марковская, Сысоева, 2004] и скорость развития [Чайлахян, Жданова, 1966; Сысоева и др., 2007]. Наряду с температурой существенное влияние на рост и развитие растений оказывает и фотопериод [Чайлахян, 1988; Adams, Langton, 2005].

В литературе недостаточно внимания уделяется совместному действию кратковременного снижения температуры и фотопериода на морфогенез, биологическую продуктивность и устойчивость растений. Механизмы ответных реакций растений на периодическое кратковременное низкотемпературное воздействие в условиях разных фотопериодов также практически не изучены. В связи с этим целью настоящей работы являлось изучение комплексного влияния кратковременных снижений температуры в условиях разных фотопериодов на растения огурца на ранних этапах онтогенеза.

Материал и методы

Работа выполнена на растениях огурца (*Cucumis sativus* L., сорт Зозуля). Семена проращивали в чашках Петри при 28 °С в течение двух суток, затем высаживали в вазоны с песком и переносили в камеры искусственного климата ВКШ-73 (полив питательным раствором Кнопа с добавлением микроэлементов, рН 6,2–6,4). Опыты проводили при фотопериодах разной продолжительности (8/16, 12/12, 16/8 ч и 24/0 ч) с выдерживанием одинакового суточного светового интеграла. Температура почвы соответствовала температуре воздуха; спектральный состав света – облучению лампами ДРЛ-400, интенсивность света составляла 150, 100, 75 и 50 Вт/м² при фотопериодах 8/16, 12/12, 16/8 и 24/0 ч, соответственно; концен-

трация CO₂ 0,03 % и относительная влажность воздуха – 60–70 %.

До начала низкотемпературных обработок растения выращивали в оптимальных температурных условиях [Марковская, 1994]: по 2 сут при 30 °С и 23 °С до полного раскрытия семядолей. По достижении соответствующей фазы растения контрольного варианта оставляли при 20 °С, опытные растения подвергали в течение 6 сут ежесуточным снижениям температуры (ДРОП) до 12 °С на 2 и 6 ч (варианты ДРОП_2 и ДРОП_6) в конце ночного периода или до завершения 24-ч цикла при круглосуточном освещении. Снижение температуры до 12 °С проводили с 22 °С в варианте ДРОП_2 и с 25 °С – в варианте ДРОП_6. При воздействии постоянной низкой температуры (ПНТ) растения экспонировали в течение 6 сут при 12 °С.

Холодоустойчивость растений определяли при помощи метода ЛТ₅₀ на семядольных листьях [Дроздов и др., 1976]. При этом о устойчивости судили по разнице между температурой, вызывающей гибель клеток в высечках опытных и контрольных растений.

По окончании опыта измеряли линейные размеры, высоту растения, длину черешка первого настоящего листа, определяли сухую массу растений. Повторность опыта в пределах варианта – 10-кратная при определении морфометрических показателей и 6-кратная при определении устойчивости, каждый опыт проводили 2 раза. Данные обработаны статистически с использованием пакета программ Statgraphics for Windows 7.0.

Результаты и обсуждение

Во всех вариантах опыта наиболее высокие растения были получены в условиях короткого 8-часового фотопериода (табл. 1). С увеличением продолжительности фотопериода высота растений уменьшалась, и при круглосуточном освещении растения были почти в 3 раза ниже, чем при коротком фотопериоде. Эксперименты были выполнены при одинаковом суточном интеграле света, что позволяет высказать предположение о влиянии длительности ночного периода на высоту растений, что согласуется с ранее полученными в литературе данными [Мошков, 1987]. Кратковременные снижения температуры по сравнению с контролем не оказывали влияния на высоту растений (табл. 1). Вероятно, это может быть связано с тем, что гипокотиль, определяющий высоту растений на изученном ювенильном этапе онтогенеза, сформировался полностью до начала ДРОП-обработок. Поэтому для изучения

влияния кратковременных низкотемпературных обработок на морфогенез растений был выбран другой показатель – длина черешка первого настоящего листа.

Таблица 1. Влияние кратковременных и длительных низкотемпературных воздействий на высоту растений огурца (см) на ранних этапах онтогенеза в условиях разных фотопериодов

Вариант опыта	Продолжительность фотопериода, ч			
	8/16	12/12	16/8	24/0
Контроль	8,7 ± 0,6	6,0 ± 0,5	5,4 ± 0,7	3,2 ± 0,5
ДРОП_2	7,9 ± 1,2	5,6 ± 0,5	5,4 ± 0,7	3,4 ± 0,4
ДРОП_6	9,3 ± 1,1	5,3 ± 1,0	5,3 ± 0,5	3,6 ± 0,4
ПНТ	8,0 ± 1,3	4,8 ± 0,4*	5,1 ± 0,7	2,8 ± 0,6*

В условиях короткого фотопериода (8/16 ч) морфогенетический эффект (уменьшение длины черешка первого настоящего листа) отмечался при 2-часовом снижении температуры (табл. 2). При увеличении длительности фотопериода до 16 ч для получения компактных растений требовалось более продолжительное (до 6 ч) низкотемпературное воздействие. Известно, что короткодневные (КДР) и длиннодневные растения (ДДР) имеют разную реакцию на кратковременное снижение температуры [Mortensen, Мое, 1992; Мое et al., 1995]. Наиболее сильное его влияние отмечено на короткодневных растениях [Мое et al., 1992]. В частности, уже 2-часовое снижение температуры с 18 до 12 °С уменьшало высоту таких короткодневных растений, как бегония и эуфорбия [Grindal, Мое, 1994]. Реакция длиннодневных растений на кратковременное снижение температуры зависит от продолжительности ее действия [Мое et al., 1995]. Например, для уменьшения высоты колокольчика и фуксии продолжительность воздействия должна быть не менее 6 ч [Hendriks et al., 1992; Мое et al., 1995]. В наших опытах на нейтральнодневном огурце при коротком фотопериоде (8/16) этот вид реагировал как КДР, а при длинном фотопериоде (16/8) – как ДДР. Это может быть связано с участием гиббереллинов в реакции растений на ежесуточные кратковременные снижения температуры [Myster et al., 1997; Grindal et al., 1998]. Градиент температур влияет на синтез гиббереллинов или на чувствительность тканей к гиббереллинам [Langton, Cockshull, 1997a, b], что может приводить к изменению размеров стебля [Erwin et al., 1989; Мое et al., 1991], в частности, за счет блокирования синтеза гиббереллинов на этапе превращения GA₁₉ в GA₂₀, контролируемое GA₁₉-оксидазой [Langton, Cockshull, 1997a, b]. Это превращение зависит от интенсивности света и продолжительности дня [Zeevaart et al., 1991]. Увеличение фотопе-

риода приводит к усилению синтеза гиббереллинов как у короткодневных [Oden, Heide, 1989], так и у длиннодневных [Zeevaart et al., 1991] растений. Кратковременное понижение температуры в сочетании с коротким фотопериодом, вероятно, лимитирует это превращение, что в свою очередь приводит к снижению роста стебля [Erwin, Heins, 1995], а для получения такого эффекта при длинном фотопериоде требуется более длительное низкотемпературное воздействие.

Влияние ежесуточных кратковременных снижений температуры на морфогенетические показатели растений при круглосуточном освещении в доступной нам литературе практически не исследовано. ДРОП-обработка растений огурца, особенно 6-часовая, в условиях непрерывного освещения вызвала наибольшее (до 30 %) по сравнению с другими фотопериодами ингибирование роста черешка (табл. 2). Таким образом, при 24-часовом фотопериоде кратковременные снижения температуры могут не только приводить к усилению бокового ветвления растений огурца [Сысоева др., 2007], но и вызывать значительный морфогенетический эффект. Подобное явление наблюдается и в природных условиях Севера, где сочетание полярного дня и суточных перепадов температур приводит к формированию компактных растений с усиленным ветвлением.

Таблица 2. Влияние кратковременных и длительных низкотемпературных воздействий на длину черешка (см) первого настоящего листа растений огурца на ранних этапах онтогенеза в условиях разных фотопериодов

Вариант опыта	Продолжительность фотопериода, ч			
	8/16	12/12	16/8	24/0
Контроль	1,8 ± 0,2	1,5 ± 0,2	1,7 ± 0,1	1,9 ± 0,3
ДРОП_2	1,6 ± 0,2*	1,4 ± 0,1	1,6 ± 0,2	1,6 ± 0,1*
ДРОП_6	1,5 ± 0,2*	1,3 ± 0,1*	1,3 ± 0,2*	1,3 ± 0,1*
ПНТ	–	–	–	–

Примечание. * – статистически достоверное отличие от контроля. В варианте ПНТ растения не имели развитого первого настоящего листа.

С удлинением фотопериода возрастало накопление сухой массы растения (рис. 1), достигая двукратного увеличения при непрерывном освещении. В условиях Севера на кормовых травах (*Dactylis glomerata*, *Phleum pratense*, *Poa pratensis*, *Festuca pratensis*, *Bromus inermis*, *Alopecurus pratensis*) показано, что при круглосуточном освещении, особенно при низкой температуре 9 °С, сухая масса растений также увеличилась в 2 раза по сравнению с коротким 8-часовым фотопериодом при одинаковом интеграле света [Solhaug, 1991]. Ежесуточные

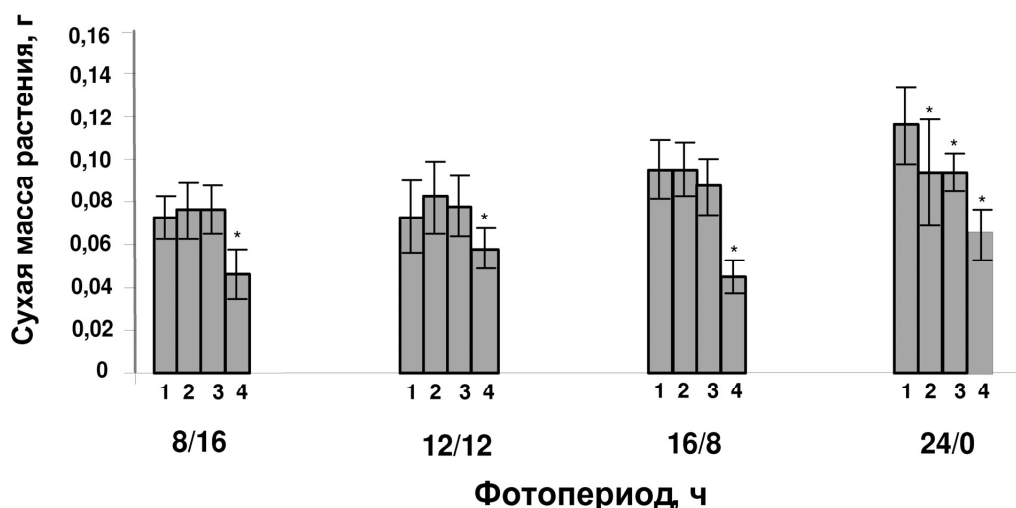


Рис. 1. Влияние кратковременных и длительных низкотемпературных воздействий на накопление сухой массы растения огурца на ранних этапах онтогенеза в условиях разных фотопериодов:

1 – контроль, 2 – ДРОП 2 ч, 3 – ДРОП 6 ч, 4 – ПНТ

кратковременные снижения температуры не оказали влияния на накопление сухой массы растений по сравнению с контролем при всех фотопериодах, за исключением круглосуточного освещения, в условиях которого они вызвали достоверное снижение биомассы (рис. 1).

Согласно исследованию распределения сухой массы по органам растений, постоянная низкая температура привела к усилению распределения биомассы в корни при всех фотопериодах (рис. 2), что хорошо согласуется с литературными данными [Corbel et al., 1999; Prud'homme et al., 2006]. Литературные данные по влиянию кратковременных снижений температуры на распределение биомассы по органам у растений немногочисленны. Так, у рождественской бегонии снижение температуры в ночной период на 4 ч с 20 до 14 °С увеличивало долю сухой массы листьев, а при утреннем снижении температуры этого отмечено не было [Bakken, Мое, 1995]. Ежесуточные снижения температуры на 2 ч с 21 до 12 °С в начале дня в условиях длинного 18 ч фотопериода не оказали влияния на соотношение надземных и подземных органов у растений огурца [Grimstad, 1993]. По результатам наших экспериментов также получено, что кратковременные снижения температуры в условиях разных фотопериодов не влияли на распределение (рис. 2). При круглосуточном освещении у контрольных растений заметно возросла относительная масса листьев. Увеличение длительности низкотемпературного воздействия (2, 6, 24 часа) привело к увеличению оттока ассимилятов из листьев в корни. Если при других фотопериодах эффект ДРОП при ПНТ на распреде-

ление сухой массы имел качественные отличия (присутствовал в варианте ПНТ и отсутствовал при ДРОП-обработках), то в условиях круглосуточного освещения отмечалась количественная реакция на усиление действия фактора.

Устойчивость растений при ДРОП-воздействии была значительно выше, чем при постоянном действии низкой закалывающей температуры (рис. 3), что согласуется с ранее полученными данными и свидетельствует о различных механизмах, ответственных за формирование холодоустойчивости при двух типах низкотемпературных воздействий [Марковская и др., 2000, 2008; Markovskaya et al., 2003]. При постоянном действии низкой закалывающей температуры (вариант ПНТ) длительность фотопериода не оказала влияния на холодоустойчивость проростков огурца, прирост которой по сравнению с контролем составил 0,5 °С при всех фотопериодах (рис. 3). Холодоустойчивость растений в варианте ДРОП определялась как продолжительностью фотопериода, так и длительностью кратковременного низкотемпературного воздействия. Так, при 2-часовом ДРОП прирост устойчивости возрастал от 2,5 до 3,2° с удлинением фотопериода от 8 до 16 ч, а при 6-часовом снижении температуры варьировал в диапазоне от 2,2 до 3 °С. При круглосуточном освещении 2- и 6-часовые снижения температуры индуцировали такой же прирост холодоустойчивости, как и в варианте с 2-часовым воздействием ДРОП при коротком фотопериоде.

Таким образом, по изученному комплексу показателей роста и развития реакция растений на кратковременные и длительные снижения температуры оказалась различной.

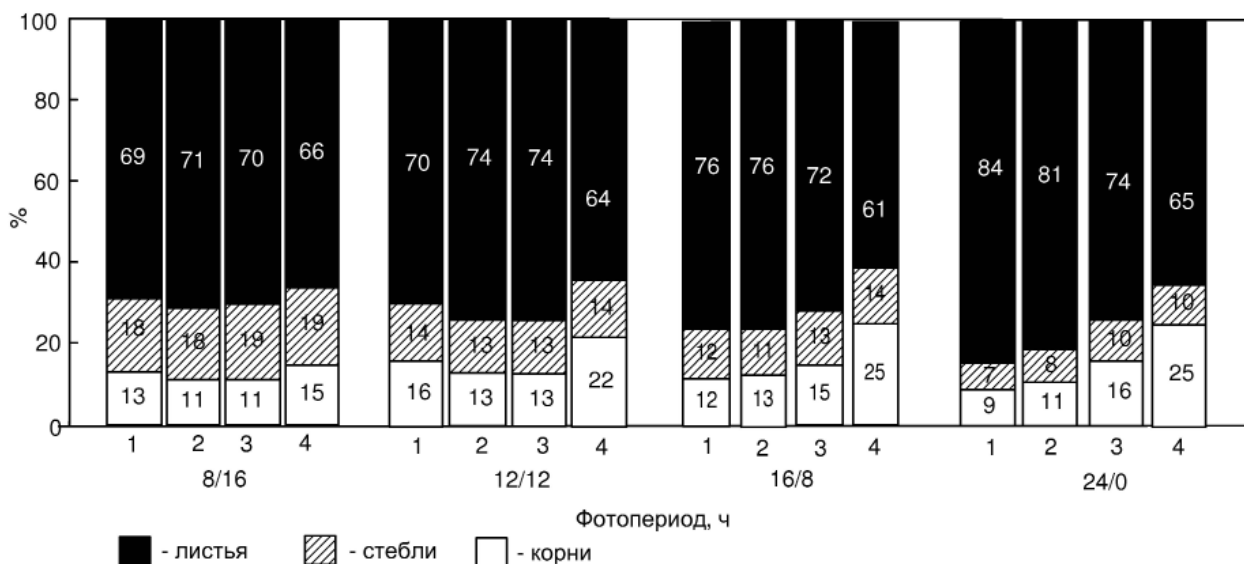


Рис. 2. Влияние кратковременных и длительных низкотемпературных воздействий на распределение сухой массы по органам растения огурца на ранних этапах онтогенеза в условиях разных фотопериодов: 1 – контроль, 2 – ДРОП 2 ч, 3 – ДРОП 6 ч, 4 – ПНТ

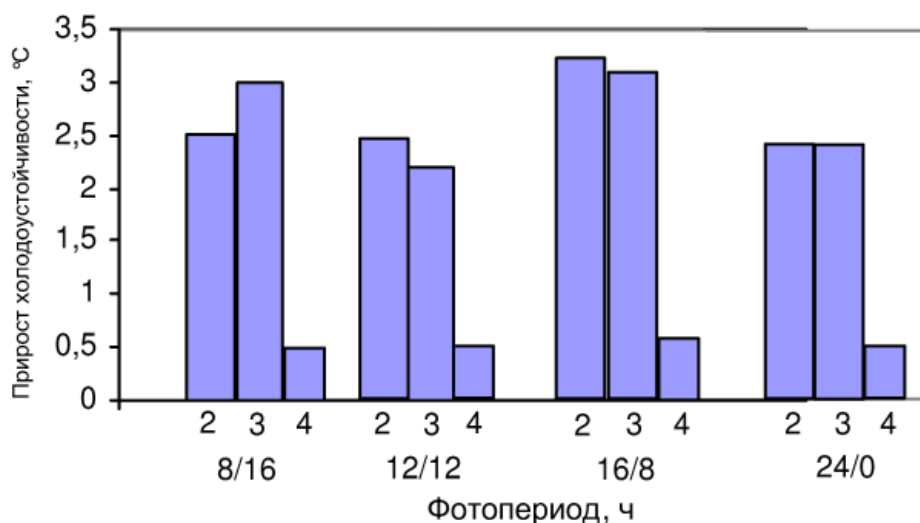


Рис. 3. Влияние кратковременных и длительных низкотемпературных воздействий на прирост холодоустойчивости растения огурца на ранних этапах онтогенеза в условиях разных фотопериодов: 2 – ДРОП 2 ч, 3 – ДРОП 6 ч, 4 – ПНТ

Длительное действие низкой температуры тормозило рост и развитие растений, снижало накопление биомассы и изменяло ее распределение по органам растений по сравнению с контролем. Причем характер действия постоянной низкой температуры был одинаков при всех фотопериодах, включая круглосуточное освещение. Кратковременные снижения температуры вызывали морфогенетический эффект, приводя к формированию растений компактного габитуса при отсутствии влияния на накопление и распределение сухой массы, и значительно повышали холодоустойчивость растений.

Фотопериод существенно влиял на проявление ответных реакций растений при ДРОП. Так, для получения морфогенетического эффекта с увеличением длительности фотопериода требовалось более продолжительное низкотемпературное воздействие. Холодоустойчивость при ДРОП возрастала с удлинением фотопериода.

В условиях круглосуточного освещения реакции растений на ДРОП существенно отличалась от других фотопериодов – морфогенетический эффект вызывался ДРОП воздействием любой продолжительности, снижалось накопление сухой массы растения, изменялось ее распреде-

ление по органам, отсутствовало дальнейшее увеличение холодоустойчивости.

ДРОП-воздействие является периодическим кратковременным воздействием низкой температуры, что может иметь важное регуляторное воздействие. Из литературы известно, что в сигнальные системы на низкую температуру включены фитохромы [Sysoeva et al., 2007; Grindal, Moe, 2009], связанные с биологическими часами, контролирующими цикличность процессов в организме. В условиях круглосуточного освещения, по-видимому, ингибируются ответные реакции, связанные именно с цикличностью. Это в той или иной степени просматривается в ответных реакциях растительного организма, выращенного в условиях круглосуточного освещения: растение реагирует на прямое усиливающееся действие низкой температуры (снижение сухой массы, распределение сухой массы в корни, снижение линейных размеров органа). Высказанная гипотеза требует экспериментальной проверки.

Работа выполнена при финансовой 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 / Под ред. Г. В. Удовенко. Л.: Колос, 1976. С. 222–228.
- 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.
- 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. Феномен ежесуточного кратковременного влияния низких закаливающих температур на жизнедеятельность растения // Онтогенез. 2008. Т. 39, № 5. С. 323–332.
- Мошков Б. С. Актиноритмизм растений. М.: ВО «Агропромиздат», 1987. 272 с.
- Сысоева М. И., Слободяник И. И., Шерудило Е. Г., Василевская Н. В. Влияние ежесуточных кратковременных снижений температуры на процессы органогенеза у *Cucumis sativus* L. в условиях разных фотопериодов // Известия РАН, сер. Биол. 2007. № 6. С. 765–767.
- Филатов Н. Н., Назарова Л. Е., Сало Ю. А., Семенов А. В. Динамика и прогноз изменения климата Восточной Фенноскандии // Гидроэкологические проблемы Карелии и использование водных ресурсов. Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2003. С. 33–39.
- Чайлахян М. Х., Жданова Л. П. Влияние температуры на фотопериодизм растений // ДАН СССР. 1948. Т. 62, № 4. С. 549–552.
- Bakken A. K., Moe R. Height and quality control in Christmas begonia by growth-retarding temperature regimes // Acta Agric. Scand. Sect. B, Soil and Plant Sci. 1995. Vol. 45. P. 283–292.
- Corbel G., Robin Ch., Frankow-Lindberg B. E. et al. Regrowth of white clover after chilling // Crop Sci. 1999. Vol. 39. P. 1756–1761.
- Erwin J. E., Heins R. D. Thermomorphogenic responses in stem and leaf development // HortScienc. 1995. Vol. 30. P. 940–949.
- Erwin J. E., Heins R. D., Karlsson M. G. Thermomorphogenesis in *Lilium longiflorum* // Am. J. Bot. 1989. Vol. 76. P. 47–52.
- 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.
- Grindal G., Ernstsen A., Junttila O. et al. Endogenous gibberellin A₁ levels control thermoperiodic stem elongation in *Pisum sativum* // Physiologia Plantarum. 1998. Vol. 102. P. 523–531.
- Grindal G., Moe R. Effects of temperature-drop and short dark interruption on stem elongation and flowering in *Begonia x hiemalis* Fotsch // Scientia Hort. 1994. Vol. 57. P. 123–132.
- Grindal Patil G., Moe R. Involvement of phytochrome B in DIF mediated growth in cucumber // Scientia Horticulturae. 2009. Vol. 122. P. 164–170.
- Hendriks L., Ludolph D., Menne A. Influence of different heating strategies on morphogenesis and flowering of ornamentals // Acta Hort. 1992. Vol. 305. P. 9–17.
- Langton F. A., Cockshull K. E. A re-appraisal of DIF extension growth responses // Acta Hort. 1997a. Vol. 435. P. 57–64.
- Langton F. A., Cockshull K. E. Is stem extension determined by DIF or absolute day and night temperatures // Scientia Hort. 1997b. Vol. 69. P. 229–237.
- Markovskaya E. F., Sherudilo E. G., Sysoeva M. I. Influence of long-term and short-term temperature drops on acclimation and de-acclimation in cucumber cold resistance // Acta Horticulturae. 2003. Vol. 618. P. 233–236.
- Moe R., Fjeld T., Mortensen L. M. Stem elongation and keeping quality in poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd.) as affected by temperature and supplementary lighting // Scientia Hort. 1992. Vol. 50. P. 127–136.
- Moe R., Heins R. D., Erwin J. Stem elongation and flowering of the long-day plant *Campanula isophylla* Moretti in response to day and night temperature alternations and light quality // Scientia Hort. 1991. Vol. 48. P. 141–151.
- Moe R., Heins R. D. Thermo- and photomorphogenesis in plants // Adv. Floriculture Res. Agric. Univ. of Norway. 2000. Rep. N 6. P. 52–64.
- Moe R., Willumsen K., Ihlebek I. H. et al. DIF and temperature drop responses in SDP and LDP, a comparison // Acta Hort. 1995. Vol. 378. P. 27–33.
- 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. Vol. 327. P. 77–86.

Myster J., Ernstsén A., Juntila O., Moe R. Thermo- and photoperiodicity and involvement of gibberellins during day and night cycle on elongation growth of *Begonia x hiemalis* Fotsch // J. Plant Growth Regul. 1997b. Vol. 16. P. 189–196.

Oden P. C., Heide O. M. Quantification of different heating strategies and indoleacetic acid in *Begonia* leaves: relationship with environment, regeneration and flowering // Physiol. Plantarum. 1989. Vol. 76. P. 500–506.

Prud'homme M. P., Gastal F., Belanger G., Boucaud J. Temperature effects on partitioning of ¹⁴C assimilates in tall fescue (*Festuca arudinacea* Schreb.) // New Phytologist. 2006. Vol. 123. P. 255–261.

Solhaug K. A. Influence of photoperiod and temperature on dry matter production and chlorophyll content in temperate grasses // Norwegian J. Agric. Sci. 1991. Vol. 5. P. 365–383.

Sysoeva M. I., Sherudilo E. G., Markovskaya E. F. et al. Temperature drop as a tool for cold tolerance increment in plants // Plant Growth Regulation. 2005. Vol. 46. P. 189–191.

Sysoeva M. I., Grindal Patil 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, N 1. P. 84–88.

Zeevaart J. A. D., Talon M., Wilson T. M. Stem growth and gibberellins metabolism in spinach in relation to photoperiod // Gibberellins / Eds. N. Takahashi, B. O. Phinney, J. N. MacMillan. Y.: Springer-Verlag, 1991. P. 350.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Спиридонова Евгения Анатольевна

аспирант
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: s-ev-a@yandex.ru
тел.: (8142) 762712

Сысоева Марина Ивановна

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

Шерудило Елена Георгиевна

старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: sherudilo@krc.karelia.ru
тел. (8142) 762712

Шибяева Татьяна Геннадиевна

старший научный сотрудник, к. б. н.
Институт биологии Карельского научного центра РАН
ул. Пушкинская, 11, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185910
эл. почта: kharkina@krc.karelia.ru
тел. (8142) 783622

Spiridonova, Evguenia

Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian
Academy of Science
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: s-ev-a@yandex.ru
tel.: (8142) 762712

Sysoeva, Marina

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

Sherudilo, Elena

Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian
Academy of Science
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: sherudilo@krc.karelia.ru
tel. (8142) 762712

Shibaeva, Tatyana

Institute of Biology, Karelian Research Centre, Russian
Academy of Science
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: kharkina@krc.karelia.ru
tel. (8142) 783622