

РОЛЬ СВЕТОВОГО ФАКТОРА В ПОСЛЕДЕЙСТВИИ ПОСТОЯННОГО И КРАТКОВРЕМЕННОГО НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РАСТЕНИЯ ОГУРЦА

ШЕРУДИЛО Е.Г., МАРКОВСКАЯ Е.Ф., СЫСОЕВА М.И.

Институт биологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск, Россия

АННОТАЦИЯ

Показано, что световой фактор играет важную роль при раззакаливании растений огурца, подвергнутых ежесуточным кратковременным низкотемпературным воздействиям. На свету высокий уровень холодоустойчивости растений сохранялся в последствии длительное время, в то время как в темноте – только в течение 2-х суток, а затем резко снижался. В последствии постоянного низкотемпературного воздействия практически не было различий между световым и темновым вариантами раззакаливания растений.

Многолетний интерес исследователей к влиянию ежесуточных кратковременных низкотемпературных воздействий (ДРОП, от англ. drop – падение) связан с изучением у растений морфогенетического эффекта [5]. К настоящему времени показано, что этот эффект сопровождается повышением холодоустойчивости растений [3]. Кроме того, установлено, что уровень устойчивости растений в последствии ДРОП значительно выше, чем после постоянного круглосуточного воздействия той же температуры, и высказана гипотеза о различии механизмов повышения устойчивости при двух типах низкотемпературного воздействия [7]. Одним из экспериментальных фактов, подтверждающих эти различия, являются в частности данные по изучению динамики раззакаливания группы растений (огурец, капуста, картофель, петуния) по окончании ежесуточных кратковременных низкотемпературных обработок [9]. Оказалось, что высокий уровень устойчивости у растений в последствии ДРОП сохранялся в течение 2–3-х недель, тогда как в последствии постоянного круглосуточного воздействия низкой температуры холодоустойчивость достигала уровня контрольных, незакаленных растений уже к концу первой недели. Следует отметить, что круглосуточное низкотемпературное воздействие включает действие на растения только низкой температуры, тогда как ДРОП – как ежесуточное действие низкой температуры, так и ее ежесуточное последствие в оптимальных суточных (свето-температурных) условиях. Анализ полученных нами данных позволяет предположить важность светового фактора в суточной реакции растений в последствии кратковременного низкотемпературного воздействия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Растения огурца (*Cucumis sativus* L., гибрид Алма-Атинский 1) выращивали в камерах искусственного климата при фотопериоде 12 ч., освещенности около 10 клк и относительной влажности 60–70 %. Семена проращивали двое суток в термостате при температуре 28 °С, высаживали по 6 растений в керамические вазоны с песком и выдерживали 2 суток в камере при температуре 30 °С (до выноса семядолей над поверхностью субстрата) и 2 суток при температуре 23 °С (до полного разворачивания семядольных листьев). Полив растений питательным раствором Кнопа (рН 6.4) с микроэлементами проводили ежедневно по 50 мл на один вазон.

В фазу полностью развернутых семядолей растения подвергали в течение 6 суток постоянному (круглосуточному) воздействию низкой температуры 12 °С (вариант ПНТ) или ее кратковременному (2 ч.) действию в начале ночи (вариант ДРОП).

Контрольные растений выращивали при температуре 22 °С. По завершении опытного воздействия растения переносили на последствие при оптимальной температуре 22 °С в разные световые условия. Одну часть растений каждого варианта (ПНТ и ДРОП) оставляли при нормальных световых условиях, а вторую – выдерживали круглосуточно в темноте при температуре 22 °С в течение 6 суток.

В ходе опыта анализировали изменение холодоустойчивости растений огурца, о которой судили по температуре гибели паренхимных клеток листа (LT_{50} , °С) после 5 мин. промораживания листовых высеков в термоэлектрических микрохолодильниках [1].

Каждый опыт проводили 3 раза с 18-кратной биологической повторностью внутри опыта.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что постоянное действие низкой температуры 12 °С индуцирует рост холодоустойчивости растений огурца к концу 6-х суток на 1,4 °С. Прирост устойчивости огурца в варианте ДРОП почти в 3 раза превышал уровень устойчивости варианта ПНТ и составлял уже 3,9°, что согласуется с полученными ранее данными по сравнению эффектов постоянного и кратковременного действия на растения низкой закалывающей температуры [9]. Устойчивость растений всех вариантов температурной обработки, перенесенных на раззакаливание в темноту, и на свету в течение первых двух суток последствия не изменилась (табл. 1). Существенные различия между вариантами температурных воздействий были обнаружены на 4-е сутки последствия. Величина прироста устойчивости у растений варианта ПНТ снизилась до 0,5 °С на свету и до 0,8 °С в темноте. В последствии варианта ДРОП на свету прирост устойчивости составил 2,1 °С, а в темноте отмечено резкое снижение устойчивости до уровня 1,3 °С. Визуально растения «светового» и «темнового» вариантов ДРОП также различались: растения «темнового» варианта характеризовались пониженным тургором, значительными некротическими пятнами на семядолях и частичным повреждением черешков листьев.

Таблица 1

Изменение холодоустойчивости растений огурца на свету и в темноте в последствии ежесуточного постоянного (ПНТ) и кратковременного (ДРОП) влияния низкой закалывающей температуры

Вариант опыта	Прирост холодоустойчивости, °С			
	Конец действия (6 сут.)	Последствие		
		2 сут. свет/темнота	4 сут. свет/темнота	6 сут. свет/темнота
ПНТ	1,4	1,3/1,5	0,5/0,8	0/0
ДРОП	3,9	3,5/3,0	2,1/1,3	2,6/гибель 100 %

Еще более существенные различия между вариантами низкотемпературных обработок проявились к концу 6-х суток последствия. В варианте ПНТ практически не было различий между световым и темновым вариантами раззакаливания растений: холодоустойчивость снизилась до уровня контроля как на свету, так и в темноте. Полученный результат соответствует многочисленным литературным данным по полной потери устойчивости растениями в течение недели последствия низких закалывающих температур [1, 4, 6]. Для растений огурца, в частности, полное раззакаливание после холодовой закалки происходит за 3–5 суток [4]. Однако на

УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ К НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ ФАКТОРАМ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

свету в последствии кратковременного воздействия низкой температуры к 6-м суткам прирост устойчивости сохранялся на достаточно высоком уровне ($2,6^{\circ}$), в то время как при раззакаливании в темноте все растения варианта ДРОП погибли.

Как уже отмечалось, повышенный уровень холодоустойчивости у растений варианта ДРОП сохраняется в оптимальных условиях последствия до 2-х недель [9]. Выявленная в нашем опыте гибель растений при раззакаливании в темноте после кратковременной низкотемпературной обработки свидетельствует о большой значимости светового фактора для поддержания устойчивости на повышенном уровне в варианте ДРОП. Одной из возможных причин гибели растений может быть длительное отсутствие фотосинтеза у растений, находящихся в темноте и, как следствие, отсутствие достаточного пула ассимилятов, необходимых для поддержания жизнеспособности растительного организма.

Выявленные особенности последствия ДРОП и ПНТ-обработок растений дают основание утверждать, что вклад фотосинтетической составляющей в формирование ХУ при ежесуточных кратковременных низкотемпературных воздействиях, по-видимому, играет одну из ведущих ролей. Результаты настоящего исследования также подтверждают ранее высказанное предположение о различных механизмах, включенных в реакцию растений на ежесуточно повторяемое кратковременное и постоянное воздействие низких закаливающих температур [3]. Прежде всего, эти различия касаются функционального состояния растений: при постоянном действии низкой закаливающей температуры на фоне возрастания устойчивости практически заторможены процессы роста и развития, в то время как при ежесуточном кратковременном воздействии существенно более высокий уровень холодоустойчивости отмечается в сочетании с высокой функциональной активностью растений [3]. Значительный уровень холодоустойчивости при кратковременных ежесуточных воздействиях низкой закаливающей температуры, в сравнении с постоянным ее действием, вероятно, обусловлен участием в ее формировании метаболитов и энергетики фотосинтетических реакций. Описанная ситуация играет большую роль при адаптации растений к условиям нестабильного суточного температурного режима в течение активной вегетации, являясь составляющей нормального онтогенеза растения.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Дроздов С.Н., Курец В.К., Титов А.Ф. Терморезистентность активно вегетирующих растений. – Л.: Наука, 1984. – 168 с.
3. 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.
4. Титов А.Ф. Устойчивость активно вегетирующих растений к низким и высоким температурам: закономерности варьирования и механизмы: Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. – М., 1989. – 42 с.
5. Erwin J.E., Heins R.D., Karlsson M.G. Thermomorphogenesis in *Lilium longiflorum* // Am. J. Bot. – 1989. – Vol. 76, N 1. – P. 47–52.
6. Guy C.L., Haskell D. Induction of freezing tolerance in spinach associated with the synthesis of cold acclimation induced proteins // Plant Physiol. – 1987. – Vol. 84, N 3. – P. 872–878.
7. Markovskaya E.F., Sherudilo E.G., Sysoeva M.I. Influence of long-term and short-term temperature drops on acclimation and deacclimation in cucumber cold resistance // Acta Hort. – 2003. – Vol. 618. – P. 233–236.
8. Moe R. Thermo- and photomorphogenesis in plants / R. Moe, R.D. Heins // Advances in Floriculture research. Agric. Univ. of Norway. – 2000. – P. 52–64.
9. Sysoeva M.I., Sherudilo E.G., Markovskaya E.F., Obshatko L.A., Matveyeva E.M. Temperature drop as a tool for cold tolerance increment in plants // Plant Growth Regulation. – 2005. – Vol. 46. – P. 189–191.