

## ЗАВИСИМОСТЬ РЕАКЦИИ РАСТЕНИЙ ОГУРЦА НА ДРОП-ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА И ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ВОДОЙ

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

Институт биологии – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра "Карельский научный центр Российской академии наук", Петрозаводск, Россия, [shibaeva@krc.karelia.ru](mailto:shibaeva@krc.karelia.ru)

**Аннотация.** Установлена зависимость реакции растений на ДРОП-воздействия (ежесуточные понижения температуры на 2 ч) от относительной влажности воздуха (ОВВ) и обеспеченности растений влагой. В условиях высокой ОВВ ДРОП-воздействия приводят к увеличению компактности растений, а низкая ОВВ нивелирует эффекты ДРОП. Показано, что ДРОП-воздействия по сравнению с «периодической засухой» являются более эффективным агроприемом, который может применяться как альтернатива использованию ретардантов.

**Ключевые слова:** *низкая температура, водный стресс, компактность, газообмен, холодоустойчивость*

**DOI:** 10.31255/978-5-94797-319-8-826-830

Кратковременные ежесуточно повторяющиеся воздействия низких положительных (неповреждающих) температур способны оказывать на растения хорошо выраженный морфогенетический эффект, который, прежде всего, проявляется в торможении линейного роста надземных органов растений [Марковская и др., 2013; Hendriks, Ueber, 1995; Myser, Moe, 1995]. Эти наблюдения и результаты соответствующих экспериментов легли в основу агротехнического приема, получившего название ДРОП («temperature drop» в Европе и «temperature dip» или «cool morning pulse» в США, от англ. *drop* – падение, понижение), который применяется для получения компактной, более жизнеспособной рассады овощных культур и клумбовых растений и при выращивании цветочных растений в тепличных условиях. Во многих случаях данный агроприем позволяет полностью или частично отказаться от использования химических регуляторов роста (ретардантов). Однако, несмотря на широкое применение, он изучался, главным образом, в плане подбора параметров ДРОП-воздействий (используемая температура, продолжительность ее действия и время снижения температуры в суточном цикле), позволяющих получить наилучшие в практическом плане результаты [Марковская и др., 2013; Ueber, Hendriks, 1992; Erwin, Heins, 1995; Sysoeva et al., 1997]. Влияние внешних факторов на реакцию растений на ДРОП-воздействия изучено очень слабо, хотя такого рода информация крайне важна и в теоретическом, и в практическом плане. В ряде работ [Ueber, Hendriks, 1992; Stavang et al., 2007; Ikkonen et al., 2017] показано влияние светового фактора на реакцию растений на ДРОП-воздействия. В частности, отмечено, что эффекты ДРОП-воздействий на растения, прежде всего, различаются в зависимости от того, осуществляются они на свету или в темноте. Важную роль в реакции растений на ДРОП-воздействия могут играть и световые условия роста растений, а также светотребовательность растений и длительность фотопериода. В отличие от света, влияние водного фактора (относительной влажности воздуха и/или содержания воды в корнеобитаемой среде) на реакцию растений на ДРОП-воздействия не изучалось, хотя хорошо известно, что влажность воздуха и влагообеспеченность растений существенным образом влияют на их рост и морфогенез, а прием «периодической засухи» (искусственное создание нелетального водного дефицита) тоже используют в растениеводстве с целью торможения роста растений как альтернативу применению

ретардантов [Hendriks, Ueber, 1995; Carvalho et al., 2008]. Исходя из изложенного выше, цель данной работы заключалась в изучении влияния относительной влажности воздуха (ОВВ) и обеспеченности растений влагой (создаваемой определенным режимом полива) на реакцию растений огурца на ДРОП-воздействия, а также в сравнительной оценке эффективности применения двух агроприемов (ДРОП-воздействия и «периодическая засуха»), альтернативных использованию ретардантов.

С этой целью растения огурца (*Cucumis sativus* L.) выращивали в камере искусственного климата при температуре воздуха 23 °С, ФАР 150 мкмоль/(м<sup>2</sup> с), фотопериоде 12 ч. Все опыты проводили при условно низкой (30%) или высокой (80%) ОВВ. Начиная с 6-ых сут от замачивания семян, применяли разные режимы полива – ежедневный полив или полив после высыхания субстрата (1 раз в 2-3 дня), создавая тем самым условия так называемой «периодической засухи» (вариант «засуха»). Начиная с 14-ых сут от замачивания семян, часть растений с разными режимами полива в течение 6 сут подвергали действию температуры 10 °С в течение 2 ч (плюс 30 мин на снижение и 30 мин на повышение температуры) в конце ночного периода (вариант ДРОП). Контролем служили растения, которые поливались ежедневно и не подвергались низкотемпературным воздействиям.

Результаты исследований показали, что водный фактор, а именно ОВВ и влагообеспеченность растений значительным образом изменяют реакцию растений на ДРОП-воздействия по многим параметрам, причем не только количественно, но и качественно. При высокой ОВВ наблюдается типичный морфогенетический эффект ДРОП-воздействий, когда при уменьшении линейных размеров надземных органов, но несколько большем накоплении сухой биомассы, увеличивается (на 24%) компактность растения (т.е. количество сухого вещества на единицу высоты растения) (рисунок, таблица). Причиной большего накопления сухой биомассы растений под влиянием ДРОП-воздействий является более высокая скорость фотосинтеза без увеличения потерь на дыхание по сравнению с контрольными растениями. В условиях низкой ОВВ у контрольных растений наблюдалось значительное (до 50%) торможение всех ростовых процессов – и линейного роста, и накопления биомассы (рисунок), однако уменьшение высоты растений было больше, чем снижение сухого веса, что в результате привело к увеличению компактности контрольных растений. В этих условиях ДРОП-воздействия не дали дополнительного эффекта.

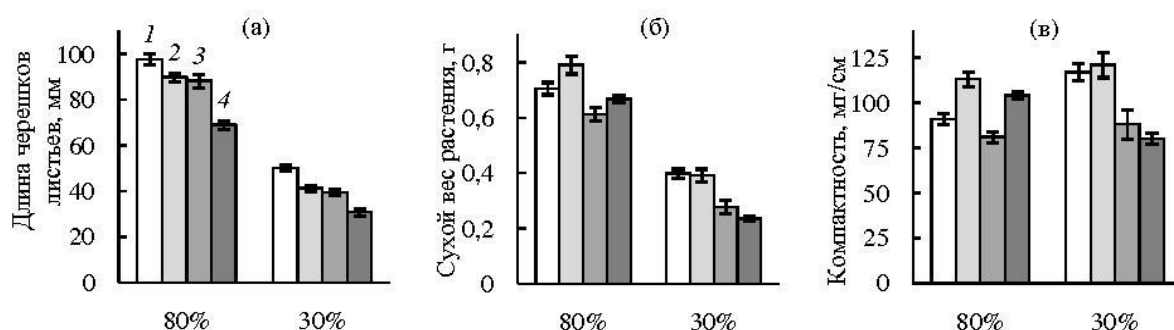


Рисунок. Длина черешков листьев (а), сухой вес растения (б) и компактность (в) контрольных растений огурца (1) и подвергавшихся ДРОП-воздействиям (2), «засухе» (3) и их совместному действию (ДРОП+«засуха») (4) при относительной влажности воздуха 80% или 30%.

Режим полива с созданием условий «периодической засухи» усиливал эффекты ДРОП-воздействий на растения, что проявлялось в еще большем уменьшении линейных размеров и повышении компактности (рисунок, таблица). Однако это происходило только в условиях высокой ОВВ, а при низкой ОВВ режим «периодической засухи» вызывал увеличение скорости транспирации и дыхания, что приводило к меньшему накоплению биомассы и уменьшению компактности растений.

**Таблица.**

**Влияние ДРОП-воздействий, «периодической засухи» и их совместного действия на рост, развитие и устойчивость растений огурца (% от контроля).**

Показатель	Варианты опыта					
	ОВВ 80%			ОВВ 30%		
	ДРОП	«засуха»	ДРОП+ «засуха»	ДРОП	«засуха»	ДРОП+ «засуха»
<i>Рост и развитие растений</i>						
Высота растений	90*	97	83*	95	92*	87*
Длина черешков листьев	92*	90*	71*	83*	79*	61*
Площадь листьев	103	77*	79*	90*	75*	59*
Количество листьев	100	100	80*	103	94	73*
Сухой вес растений	112*	87*	95*	98	69*	59*
Компактность	124*	89*	114*	103	75*	68*
<i>Водный режим</i>						
Относит. содержание воды	103	104	105	102	105	104
Транспирация	99	87*	79*	100	81*	90
Устьичная проводимость	97	81*	53*	103	80*	92
<i>Газообмен</i>						
Видимый фотосинтез	115*	95*	101	100	88*	90*
Дыхание	93	76*	60*	71*	68*	94
<i>Холодоустойчивость</i>						
Содержание МДА	95	48*	34*	100	93	83*
ОВЭ	102	57*	21*	65*	76*	65*

\*Значимые различия с контролем. Показатели контрольных растений приняты за 100%. Содержание МДА и ОВЭ приведены для листьев растений после холодового теста.

Совместное действие ДРОП и «периодической засухи» выразилось в большем морфогенетическом эффекте, чем при их раздельном применении, но вследствие уменьшения сухого веса растений это привело к увеличению компактности на 14% только в условиях высокой ОВВ, тогда как повышение компактности под влиянием только ДРОП-воздействий составляло 24%.

Холодовой тест (4 °С в течение 24 ч и затем 23 °С в течение 24 ч) показал, что растения, подвергавшиеся совместному действию ДРОП-воздействий и «периодической засухи» оказались наиболее холодоустойчивыми. Вероятно, их более высокая устойчивость к низкой температуре, оцененная по содержанию малонового диальдегида (МДА) и относительному выходу электролитов (ОВЭ), в данном случае обусловлена большей устойчивостью к водному стрессу, вызванному действием низкой температуры. Во многих работах показано, что охлаждение влияет на теплолюбивые растения косвенно, через водный стресс, нарушая водный баланс растений (Janowiak, 1989). В этом случае первичной причиной холодовых повреждений у теплолюбивых видов является потеря тургора в результате нарушения контроля за устьичной проводимостью и потери воды в процессе транспирации при снижении способности корней их компенсировать. После возвращения в нормальные условия на высохших

частях листьев появляются некротические пятна, что мы и наблюдали в наших опытах в большей степени у контрольных растений, выросших в условиях высокой ОБВ.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о значительной зависимости реакции растений на ДРОП-воздействия от ОБВ и обеспеченности растений водой. В условиях высокой ОБВ ДРОП-воздействия оказывают хорошо выраженный морфогенетический эффект и приводят к увеличению компактности растений. В условиях низкой ОБВ эффекты ДРОП-воздействий на рост растений нивелируются ввиду сильного морфогенетического эффекта самой ОБВ и значительного снижения биомассы растений в результате ДРОП-воздействий в условиях «периодической засухи». Результаты работы также показали, что хотя морфогенетический эффект таких агроприемов как ДРОП-воздействия и «периодическая засуха» сопоставим в плане влияния на линейные размеры растений, тем не менее увеличение компактности растений происходит только под влиянием ДРОП-воздействий. При «периодической засухе» растения становятся меньше, но не компактнее. Следовательно, ДРОП-воздействия являются более пригодным в практическом отношении агроприемом, который может применяться как альтернатива использованию ретардантов для управления ростом и получения компактных растений. При высокой ОБВ ДРОП-воздействия в сочетании с «периодической засухой» приводят к увеличению компактности (хотя и в меньшей степени, чем ДРОП-воздействия в условиях нормального полива), а также к повышению устойчивости растений к водному стрессу, индуцированному низкой температурой. Это важно иметь в виду, так как современное растениеводство требует поиска относительно недорогих и безопасных для окружающей среды способов управления высотой и компактностью растений из-за строгих маркетинговых требований относительно размера рассады овощных культур, равно как и при выращивании декоративных культур.

*Работа выполнена с использованием научного оборудования Центра коллективного пользования Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук» при финансовой поддержке из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (№ темы 0221-2017-0051).*

#### Литература

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

Carvalho S.M.P., van Noort F., Postma R., Heuvelink E. Possibilities for producing compact floricultural crops. – Wageningen: Wageningen UR Greenhouse Horticulture, 2008. – Report 173. – 68 p.

Erwin J.E., Heins R.D. Thermomorphogenic responses in stem and leaf development // Hort. Sci. – 1995. – V. 30. – P. 940–949.

Hendriks L., Ueber E. Alternative methods of regulating the elongation growth of ornamental plants: a current assessment // – Acta Hortic. – 1995. – V. 378. – P. 159–167.

Ikkonen E.N., Shibaeva T.G., Titov A.F. The role of light in cucumber plant response to a diurnal short-term temperature drop // J. Stress Physiol. Biochem. – 2017. – V. 13, No. 2. – P. 35–44.

Janowiak F. Effect of water saturated atmosphere on chilling injuries of maize seedlings (*Zea mays* L.) // Acta Physiol. Plant. – 1989. – V. 11, No. 2. – P. 89–96.

Myster J., Moe R. Effect of diurnal temperature alternations on plant morphology in some greenhouse crops: a mini review // Sci. Hortic. – 1995. – V. 62. – P. 205–215.

Stavang J.A., Junttila O., Moe R., Olsen J.E. Differential temperature regulation of GA metabolism in light and darkness in pea // J. Exp. Bot. – 2007. – V. 58. – P. 3061–3069.

Sysoyeva M.I., Markovskaya E.F., Kharkina T.G. Optimal temperature drop for the growth and development of young cucumber plants // Plant Growth Regul. – 1997. – V. 6. – P. 1–5.

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 Hortic. – 1992. – V. 327. – P. 33–40.

## **THE ROLE OF AIR HUMIDITY AND WATER DEFICITE IN CUCUMBER PLANT RESPONSE TO A TEMPERATURE DROP**

T.G. Shibaeva, E.G. Sherudilo, E.N. Ikkonen, A.F. Titov

Institute of Biology of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia, [shibaeva@krc.karelia.ru](mailto:shibaeva@krc.karelia.ru)

**Abstract.** There has been established the dependence of plant responses to a short-term (2 h) daily temperature drop (DROP) on the relative air humidity (RH) and substrate water content. Under high RH DROP treatments increase plant compactness, but under low RH their effects are leveled. It is shown that DROP treatments are more effective than «periodic drought» for plant height control as an alternative to the use of plant growth retardants.

**Keywords:** *low temperature, water stress, compactness, gas exchange, cold resistance*