
КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

SHORT COMMUNICATIONS

УДК 58.035:58.084.1

ДИНАМИКА СУТОЧНОГО РОСТА ЛИСТЬЕВ ТОМАТА И ПЕРЦА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ОСВЕЩЕНИЯ

О. О. КОЛОМИЕЦ¹⁾, С. В. ГЛУШЕН¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Исследован суточный рост листьев томата и стручкового перца в лабораторных условиях. Данный мониторинг проводили методом DISP (digital image sequence processing). При круглосуточном освещении наблюдался постоянный рост листьев в течение всех суток. При освещении в режиме 12/12 ч (день/ночь) у обоих видов кривые роста изменились кардинально, пики прироста стали ограничены по времени. Максимальный прирост у перца регистрировался ближе к началу ночи, тогда как у томата максимум прироста приходился на вторую половину ночи. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют, что фотопериодизм может играть роль внешнего фактора синхронизации циркадных часов, которые управляют процессами пролиферации и дифференцировки клеток в листьях растений.

Ключевые слова: томат; стручковый перец; суточный рост растений; фотопериодизм; циркадные часы; компьютерный мониторинг роста.

Образец цитирования:

Коломиец ОО, Глушен СВ. Динамика суточного роста листьев томата и перца при различных режимах освещения. *Журнал Белорусского государственного университета. Биология*. 2019;1:73–78.
<https://doi.org/10.33581/2521-1722-2019-1-73-78>

For citation:

Kolomiets OO, Gloushen SV. The dynamics of diel growth of tomato and capsicum leaves with different lighting modes. *Journal of the Belarusian State University. Biology*. 2019;1: 73–78. Russian.
<https://doi.org/10.33581/2521-1722-2019-1-73-78>

Авторы:

Олег Олегович Коломиец – аспирант кафедры генетики биологического факультета. Научный руководитель – С. В. Глушен.

Сергей Витальевич Глушен – кандидат биологических наук, доцент; доцент кафедры генетики биологического факультета.

Authors:

Oleg O. Kolomiets, postgraduate student at the department of genetics, faculty of biology.

oleg_inna.90@mail.ru

Sergey V. Gloushen, PhD (biology); docent; associate professor at the department of genetics, faculty of biology.

sglush@mail.ru

THE DYNAMICS OF DIEL GROWTH OF TOMATO AND CAPSICUM LEAVES WITH DIFFERENT LIGHTING MODES

O. O. KOLOMIETS^a, S. V. GLOUSHEN^a

^aBelarusian State University, 4 Niezaliežnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

Corresponding author: O. O. Kolomiets (oleg_inna.90@mail.ru)

The diel growth of tomato and capsicum leaves under laboratory conditions was studied. Plant growth was monitored by DISP – digital image sequence processing method. Under round-the-clock lighting mode in both species was observed more or less permanent growth of leaves. When lighting mode of 12/12 h (day/night) was applied growth curves have changed dramatically. The maximum increment at a capsicum was registered at the beginning of night whereas at a tomato the maximum increment was observed for the second half of night and early morning. The obtained results show photoperiodism can play triggering role for inner circadian clock that control processes of cell proliferation and differentiation in leaves of plants.

Key words: tomato; capsicum; diel plant growth; photoperiodism; circadian clock; computer monitoring of growth.

Введение

Процесс роста является одним из наиболее сложных явлений в биологии растений. Он может быть определен как необратимое увеличение размеров растения и его биомассы, на которое в первую очередь влияют такие факторы, как поступление питательных веществ и воды, температура, интенсивность и режим освещения. Рост зависит также от видовой принадлежности, стадии развития и условий произрастания. На тканевом уровне он обеспечивается делением, растяжением и дифференцировкой клеток [1].

Суточная динамика роста растения подчиняется ритму, который демонстрирует видовую специфичность. В листьях однодольных растений наблюдается постоянный рост, интенсивность которого зависит от времени суток. Двудольные растения отличаются кратковременным ростом в начале или в конце ночи. Ростовые процессы находятся под контролем генов, которые обеспечивают функционирование внутренних осцилляторов, или циркадных часов. Последние используются растениями для того, чтобы прогнозировать суточные и сезонные флуктуации факторов внешней среды [2].

Темпы роста на различных уровнях организации растения определяют его возможности функционировать в неоптимальных условиях. Измерение темпов роста органов растения с помощью современных компьютерных методов перспективно как для научных исследований, так и для агрономической или селекционной практики. В частности, эти методы могут быть использованы для изучения генных сетей, контролирующих рост и развитие растений, отбора устойчивых к засухе, низким температурам или засолению генотипов или изучения влияния внешних факторов различной природы.

Цель данной работы – исследование суточных ритмов роста листьев таких распространенных овощных культур, как томат (*Solanum lycopersicum* L.) и стручковый перец (*Capsicum annuum* L.), с помощью компьютерного метода регистрации роста растений.

Материалы и методы исследования

В качестве материала использовались проростки томата сорта «Пралеска» и перца сорта «Алеся». Растения выращивались в стандартных лабораторных условиях в контейнерах объемом 150 × 110 × 70 мм по 5–7 штук на универсальном грунте. Мониторинг роста начинали после появления 3–4 листков при средней длине проростков 5–8 см.

Изучение роста листьев культивируемых и дикорастущих видов растений началось в 1930-х гг. Первые измерения выполняли с помощью линейек и других простых приспособлений, поэтому они имели низкую точность. Современный подход предполагает использование методов, основанных на компьютерном анализе изображений, он отличается высоким пространственным и временным разрешением. Одна из первых разработок в этой области относится к 1990-м гг. и обозначена авторами как DISP (digital image sequence processing) [3]. В нашем исследовании использовалась модификация этого метода, которая отличается применением широко распространенных технических и программных средств, что значительно упрощает его внедрение в лабораторную практику.

Установка для мониторинга роста растений методом DISP представлена на рис. 1. Она состоит из штатива и держателя фотоаппарата с регулировкой по высоте, цифровой фотокамеры (в нашем случае D40 фирмы *Nikon*, Япония), объектива для макросъемки (Индустар-40) и компьютера с программой для управления фотокамерой по каналу USB. В связи с тем что срок непрерывной работы фотокамеры составлял более 24 ч, она была подключена к сетевому блоку питания. Съемка проводилась при следующих условиях: температура 18–20 °С, относительная влажность 51 %, освещение лампой дневного света 50 лк. В сериях с режимом освещения 12/12 ч (день/ночь), чтобы обеспечить работу фотокамеры в ночной период, растения подсвечивали лампой с темно-красным фильтром.

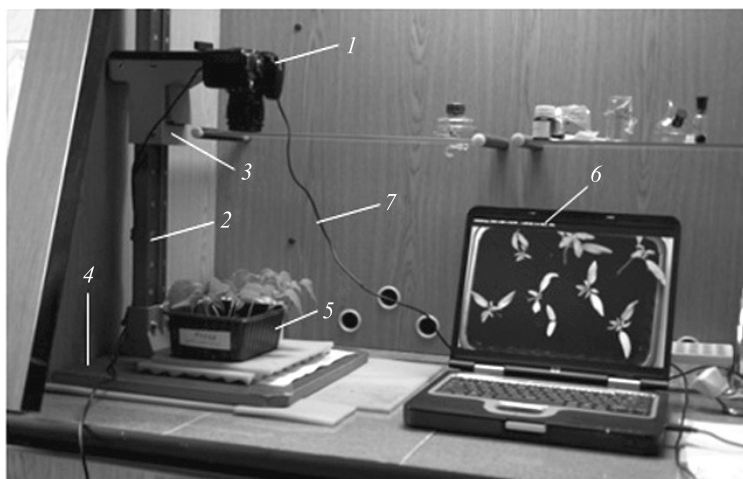


Рис. 1. Установка для метода DISP: 1 – фотокамера; 2 – стойка штатива; 3 – регулируемый по высоте держатель фотокамеры; 4 – основание штатива; 5 – контейнер с проростками; 6 – компьютер; 7 – USB-кабель, соединяющий фотоаппарат с компьютером

Fig. 1. Installation for the DISP: 1 – camera; 2 – stand; 3 – adjustable camera holder; 4 – the base of stand; 5 – container with seedlings; 6 – computer; 7 – USB cable to connect camera and computer

Каждый цикл съемки начинали в промежутке с 17 до 18 ч и завершали на следующие сутки в это же время. Интервал между снимками составлял 3 мин. В результате в одном суточном цикле регистрации роста получали 480 снимков. Период адаптации растений к условиям освещения занимал около 1 ч. Последующие циклы мониторинга повторяли через сутки.

Обработка полученных цифровых снимков включала два этапа. На первом этапе измеряли площадь проекции листа и другие параметры, зависящие от его размеров. На втором этапе графики, отражающие суточный рост листьев, сглаживали для устранения высокочастотных помех и дифференцировали для получения кривых прироста. Графики каждого типа мониторинга усредняли по 6–9 кривым роста.

Результаты и их обсуждение

В первой серии наблюдений проводился мониторинг суточного роста листьев томата и перца при постоянном освещении. Установлено, что при таком режиме как у томата, так и у перца рост листьев был круглосуточным. Об этом свидетельствуют кривые роста, представленные на рис. 2, *а* и *б*. Соответственно, и кривые прироста проходят вдоль линии, параллельной оси абсцисс (рис. 2, *в* и *г*).

Вторая серия мониторинга роста листьев была проведена в режиме освещения 12/12 ч (день/ночь). В этой серии все кривые роста листьев томата и перца имели выраженный подъем (рис. 3, *а* и *б*), что соответствует ограниченному по времени приросту (рис. 3, *в* и *г*). У перца максимум прироста наблюдался ближе к началу ночи, тогда как у томата он приходился на вторую половину ночи. В связи этими наблюдениями можно заключить, что в отличие от постоянного освещения режим 12/12 ч (день/ночь) обеспечивает синхронизацию процессов роста листьев томата и перца на клеточном уровне.

У двудольных растений имеются два типа суточного роста [4]. Для первого характерен максимальный рост листьев в конце ночи или рано утром. К нему, в частности, относятся такие виды, как кле-щевина (*Ricinus communis* L.), табак (*Nicotiana tabacum* L.) и арабидопсис (*Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.). Ко второму типу принадлежат растения с максимальным ростом листьев вечером или в начале

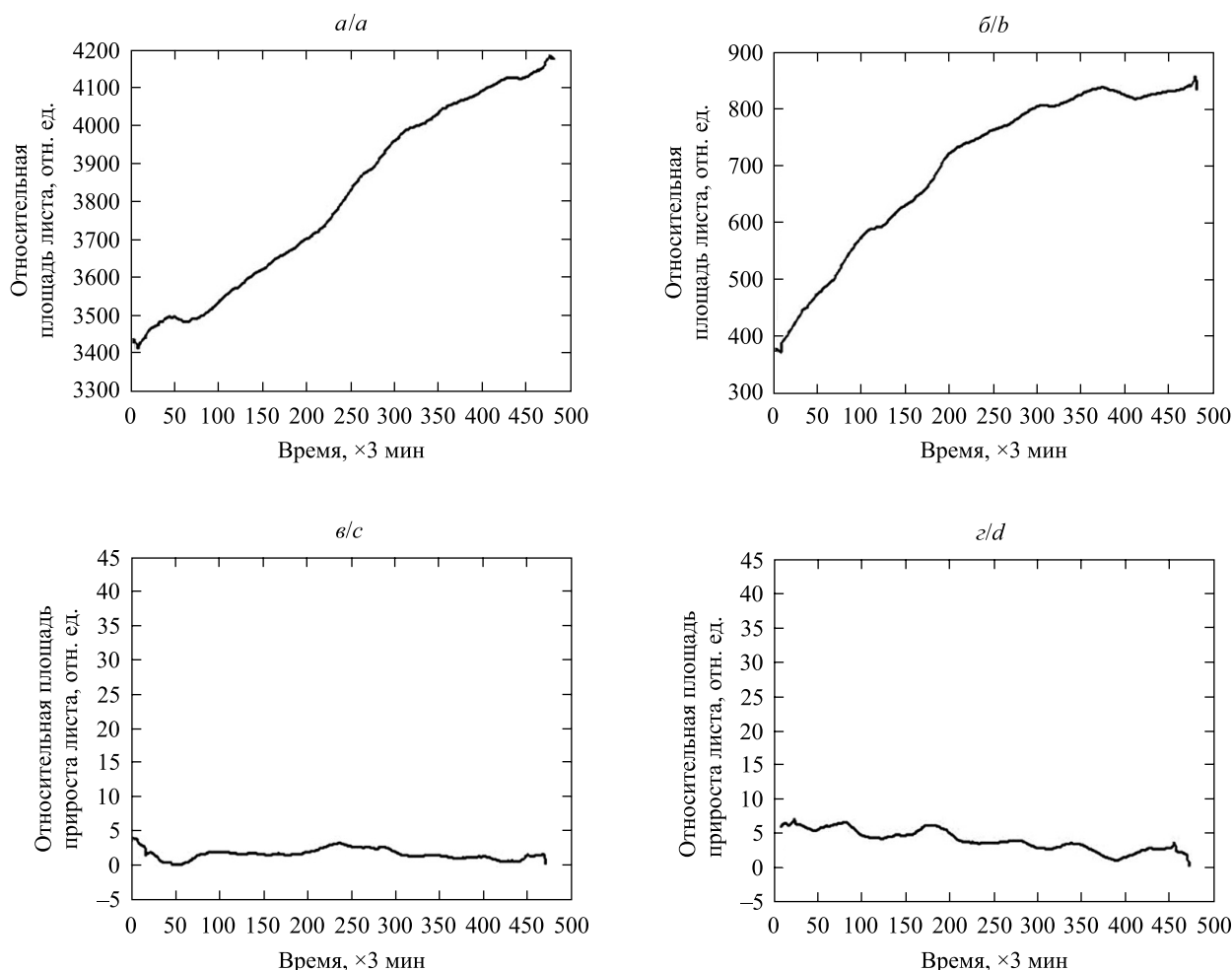


Рис. 2. Динамика суточного роста (а, б) и прироста (в, г) листьев томата (а, в) и перца (б, г) при постоянном освещении

Fig. 2. Deil growth (a, b) and growth increment (c, d) of tomato (a, c) and capsicum (b, d) leaves under constant lighting

ночи. Этот тип наблюдается, например, у тополя дельтовидного (*Populus deltoids* Bartr. ex Marsh.), кипарисовиков (*Chamaecyparis* sp.) и сои (*Glycine max* (L.) Merr.). Согласно полученным нами данным, томат относится к первому типу суточного роста двудольных растений, тогда как сладкий перец – ко второму типу.

Рост листьев очень чувствителен к изменениям внешней среды. Анализ суточного роста листьев позволяет, в частности, оценить устойчивость растений к таким формам абиотического стресса, как засуха, жара или дефицит питательных веществ, что представляет значительный интерес как в научном, так и в практическом аспекте.

Ритм суточного роста листьев двудольных растений контролируется циркадными часами, которые представляют собой генную сеть из трех регуляторных контуров – *CCA1*, *LHY* и *TOC1*. Эта сеть согласует процессы в ткани листа на клеточном уровне с суточными колебаниями абиотических факторов внешней среды. Отрицательные обратные связи молекулярных контуров настроены на 24-часовой период колебаний и синхронизируются светом и температурой [5].

Роль внутренних циркадных часов и внешних синхронизирующих факторов трактуется в литературе по-разному. Согласно более распространенной точке зрения, циркадные часы играют ведущую роль, так как они сохраняют суточный ритм даже в отсутствие внешних сигналов [2; 4]. В данной работе показано, что при постоянном освещении листья томата и перца растут круглосуточно приблизительно в одном темпе. Если использовать режим освещения 12/12 ч (день/ночь), листья как томата, так и перца растут ночью в ограниченный период времени. Это свидетельствует в пользу гипотезы, что работа циркадных часов у двудольных растений существенно зависит от режима освещения, что может быть использовано на практике для управления процессами роста.

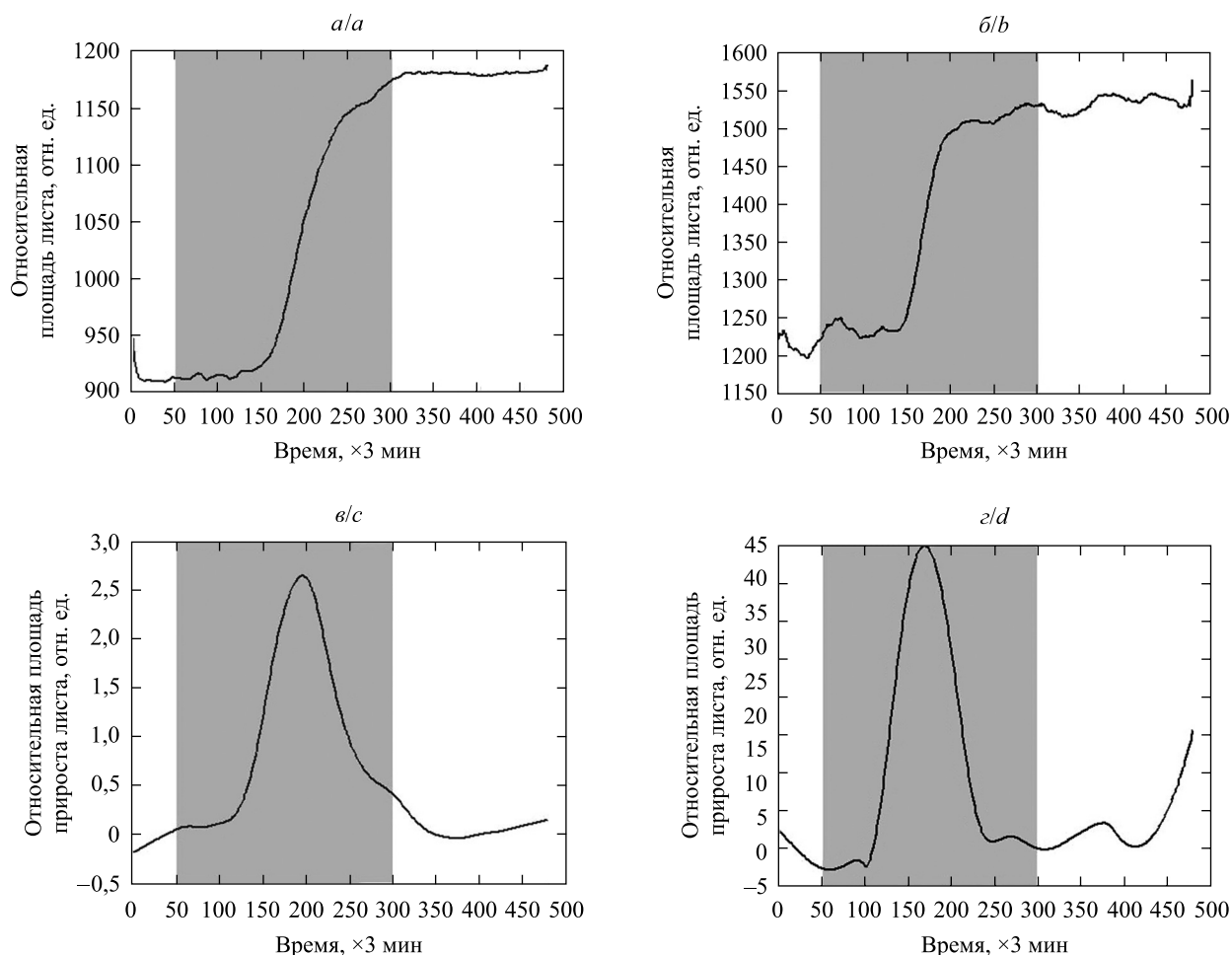


Рис. 3. Динамика суточного роста (а, б) и прироста (в, г) листьев томата (а, в) и перца (б, г) при освещении 12/12 ч (день/ночь) (на графике затенена)

Fig. 3. Diel growth (a, b) and growth increment (c, d) of tomato (a, c) and capsicum (b, d) leaves under regime 12/12 h (day/night) (shade)

Заключение

Установлено, что у стручкового перца *Capsicum annuum* L. пик прироста листьев наблюдается ближе к началу ночи, тогда как у томата *Solanum lycopersicum* L. максимум прироста приходится на вторую половину ночи. Таким образом, томаты относятся к первому типу суточного роста двудольных растений, перец – ко второму типу.

Четкие пики прироста листьев у томата и перца можно получить при использовании режима освещения 12/12 ч (день/ночь). При круглосуточном освещении, однако, у этих же видов наблюдается постоянный рост листьев. Это свидетельствует в пользу предположения, что контролирующие рост листьев циркадные часы синхронизируются сменой дня и ночи.

Библиографические ссылки

1. Юрин ВМ, Дитченко ТИ. *Физиология роста и развития растений*. Минск: БГУ; 2009.
2. Ruts T, Matsubara Sh, Wiese-Klinkenberg A, Walter A. Diel patterns of leaf and root growth: endogenous rhythmicity or environmental response? *Journal of Experimental Botany*. 2012;63(9):3339–3351. DOI: 10.1093/jxb/err334.
3. Schmundt D, Stitt M, Jähne B, Schurr U. Quantitative analysis of the local rates of growth of dicot leaves at a high temporal and spatial resolution, using image sequence analysis. *The Plant Journal*. 1998;16(4):505–514. DOI: 10.1046/j.1365-3113x.1998.00314.x.
4. Poiré R, Wiese-Klinkenberg A, Parent B, Mielewicz M, Schurr U, Tardieu F, et al. Diel time-courses of leaf growth in monocot and dicot species: endogenous rhythms and temperature effects. *Journal of Experimental Botany*. 2010;61(6):1751–1759. DOI: 10.1093/jxb/erq049.
5. Gendron JM, Pruneda-Paz JL, Doherty CJ, Gross AM, Kang SE, Kay SA. Arabidopsis circadian clock protein, *toc1*, is a DNA-binding transcription factor. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2012;109(8):3167–3172. DOI: 10.1073/pnas.1200355109.

References

1. Yurin VM, Ditchenko TI. *Fiziologiya rosta i razvitiya rastenii* [Physiology of growth and development of plants]. Minsk: Belarusian State University; 2009. Russian.
2. Ruts T, Matsubara Sh, Wiese-Klinkenberg A, Walter A. Diel patterns of leaf and root growth: endogenous rhythmicity or environmental response? *Journal of Experimental Botany*. 2012;63(9):3339–3351. DOI: 10.1093/jxb/err334.
3. Schmundt D, Stitt M, Jähne B, Schurr U. Quantitative analysis of the local rates of growth of dicot leaves at a high temporal and spatial resolution, using image sequence analysis. *The Plant Journal*. 1998;16(4):505–514. DOI: 10.1046/j.1365-3113x.1998.00314.x.
4. Poiré R, Wiese-Klinkenberg A, Parent B, Mielewczik M, Schurr U, Tardieu F, et al. Diel time-courses of leaf growth in monocot and dicot species: endogenous rhythms and temperature effects. *Journal of Experimental Botany*. 2010;61(6):1751–1759. DOI: 10.1093/jxb/erq049.
5. Gendron JM, Pruneda-Paz JL, Doherty CJ, Gross AM, Kang SE, Kay SA. Arabidopsis circadian clock protein, *toc1*, is a DNA-binding transcription factor. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2012;109(8):3167–3172. DOI: 10.1073/pnas.1200355109.

Статья поступила в редколлегию 19.06.2018.
Received by editorial board 19.06.2018.