



HORTUS BOTANICUS

Журнал Совета ботанических садов СНГ при МААН

11 / 2016

HORTUS BOTANICUS

Журнал Совета ботанических садов СНГ при МААН

11 / 2016

ISSN 1994-3849

Эл № ФС 77-33059 от 11.09.2008

Главный редактор

А. А. Прохоров

Редакционный совет

П. Вайс Джексон
Лей Ши
Йонг-Шик Ким
В. Н. Решетников
М. С. Романов

Редакционная коллегия

Г. С. Антипина
Е. М. Арнаутова
А. В. Бобров
Ю. К. Виноградова
Е. В. Голосова
Е. Ф. Марковская
Ю. В. Наумцев
Е. В. Спиридович
К. Г. Ткаченко
А. И. Шмаков

Редакция

Е. А. Платонова
С. М. Кузьменкова
Е. В. Голубев

Адрес редакции

185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Анохина, 20, каб. 408.

E-mail: hortbot@gmail.com

<http://hb.karelia.ru>

© 2001 - 2016 А. А. Прохоров

На обложке:

На Балу хризантем в Никитском ботаническом саду (фото Ю. Югансона)

Разработка и техническая поддержка

Отдел объединенной редакции научных журналов ПетрГУ, РЦ НИТ ПетрГУ,
Ботанический сад ПетрГУ

Петрозаводск

2016

Возможные механизмы охлаждения поверхности растений

ПРОХОРОВ
Алексей Анатольевич

*Петрозаводский государственный университет,
пр. Ленина, 33, Петрозаводск, 185910, Россия
alpro@onego.ru*

Ключевые слова:

гипотеза, точка росы, температура растений, конденсация росы, светоотражение, транспирация, парадокс Мпембы, тепловое излучение, биоэлектричество

Аннотация: Кратко рассмотрены основные возможные механизмы охлаждения поверхности растений, приводящие к конденсации атмосферной влаги. Предлагаются методы экспериментальной проверки данных механизмов.

Получена: 08 декабря 2016 года

Подписана к печати: 24 декабря 2016 года

*

Обычно растения достаточно неподвижны и для того, чтобы обеспечивать себя водой они могут либо отрастить корни подлиннее, либо приспособиться дожидаться дождя или тумана. Но даже при отсутствии дождя или тумана, в атмосфере Земли всегда есть вода (Beysens, 1995), просто надо уметь ее готовить.

Это возможно, если доступная для воздуха поверхность растения имеет температуру (T_L) ниже точки росы (T_D).

В 2013 году мною была предложена гипотеза (Прохоров, 2013), состоящая в том, что растения активно конденсируют атмосферную влагу на своей поверхности за счет снижения температуры поверхности побегов и листьев ниже точки росы, при температуре воздуха $T_A > T_D$, т.е. при отсутствии тумана. При этом под словом «активно» понимается как снижение температуры поверхности за счет физиологических и физических механизмов, так и увеличение объема конденсируемой воды за счет увеличения поверхности кроны.

Наблюдения в оранжереях Ботанического сада Петра Великого БИН имени В. Л. Комарова РАН (БС, Санкт-Петербург) и на коллекциях открытого грунта Субтропического ботанического сада Кубани (СБСК, Сочи) подтвердили данное предположение (Прохоров, 2015a; Карпун и др., 2015) и позволили определить оптимальные условия конденсации атмосферной влаги. При условии $\Delta T_{AD} = T_A - T_D \leq 19,5^\circ \text{C}$ всегда можно найти растение, способное конденсировать атмосферную влагу на своей поверхности. При $\Delta T_{AD} \leq 10^\circ \text{C}$, значительная часть растений способна к самоорошению.

Сопоставление отклонения значений среднемесячных температур от точки росы в различных регионах мира (Прохоров, 2015b) позволяет считать это явление повсеместно распространенным, за исключением континентальных аридных территорий с низкой относительной влажностью воздуха. Практически во всем диапазоне климатических условий Земли, при положительных температурах воздуха и почвы, т.е. в период вегетации, растения всегда обладают возможностью извлечь атмосферную влагу и перевести ее в

жидкое состояние, доступное для употребления. Эта способность имеет особое значение для обитателей аридных территорий. Сведения о наиболее эффективных конденсаторах росы растительного и животного мира Земли представлены в недавнем обзоре (Malik и др., 2014).

Дальнейшее изучение явления требует рассмотрения возможных механизмов охлаждения поверхности листьев и побегов.

**

Для растений существует две основных стратегии охлаждения поверхности, которые могут быть использованы одновременно или порознь – не нагреваться и быстро остывать.

Отражение тепла

Растения, обитающие в аридных регионах или при высоком уровне инсоляции (высокогорья, морские побережья), обладают светоотражающей поверхностью, защищающей их от перегрева и созданной либо с использованием покрытия из растительных восков и пигментов, либо из разнообразных структур: игл, волосков, чешуй (Gausman, 1969).

Для изучения вклада данного эффекта достаточно сопоставить температуру поверхности сортов одного вида растений с различной пигментацией или опушенностью листьев. Целесообразно исследовать спектры отражения поверхности листьев в ближнем инфракрасном диапазоне.

Пассивное испарительное охлаждение

Влажная почва может остывать за счет испарительного охлаждения, но высшие растения практически лишены такой возможности, т.к. обладают различными приспособлениями, ограничивающими пассивное испарение воды. С другой стороны, растения могут охлаждаться за счет испарения синтезируемых хладоагентов с более низкой температурой кипения, т.е. более эффективных чем вода – эфирных масел, что также препятствует перегреву растений на открытых освещенных пространствах.

Явление может быть изучено путем сопоставления температуры поверхности культиваров ароматических растений, различающихся по содержанию ароматических веществ.

Активное охлаждение

Предполагается, что растения располагают механизмами транспирационного охлаждения (Curtis, 1936; Gates, 1968). Известно, что температура транспирирующего листа растений по сравнению с температурой нетранспирирующих листьев (смазанных вазелином или отрезанных) оказывается существенно (до 15,7°C) ниже (Lange, Lange, 1963).

Сомнение в транспирационной природе снижения температуры у растений вызывает тот факт, что эпифитное растение *Tillandsia usneoides* L. (испанский мох), у которого нет корневой системы (в обычном понимании), обладает аналогичной способностью постоянно поддерживать низкую температуру при отсутствии прямого солнечного освещения. Это растение не только ограничено водными ресурсами, но и обладает САМ-типом фотосинтеза, и понижение T_L в дневное время не может быть вызвано транспирацией. В этой связи любопытен тот факт, что до распространения кондиционеров испанский мох

применялся для набивки особо прохладных матрасов (*Tillandsia usneoides*, 2015). Аналогично, низкая дневная температура стеблевых суккулентов, наблюдавшаяся нами в отсутствие интенсивной инсоляции в оранжерее БИН РАН, не может быть объяснена испарением влаги с их поверхности.

По нашим данным (Прохоров, 2015а), значительное число видов растений с обычными типами фотосинтеза в ночной период при отсутствии транспирации, продолжают сохранять $T_L \leq T_{DA}$. Таким образом, вопрос о роли транспирации в охлаждении поверхности растений остается открытым.

Увеличение интенсивности теплового излучения

Пожалуй, наиболее изысканным приспособлением является аккумуляция тепла в массивных плодах или в стеблях кактусов, которые, как известно (Лархер, 1978), интенсивно нагреваются на солнце. Тогда, после захода солнца вступает в силу парадокс Мпембы (Mpemba, Osborne, 1969), который гласит, что при определенных условиях горячая вода может замёрзнуть быстрее чем холодная, хотя при этом она должна пройти температуру холодной воды в процессе замерзания. Таким образом, арбузы и кактусы могут остыть до точки росы достаточно быстро и, тем самым, увеличить продолжительность конденсации атмосферной влаги.

Биоэлектричество

В обзоре исследований конденсации росы живыми организмами показано, что капли воды часто формируются на иглах и на иных конических структурах (Malik et al., 2014). При этом кончик игл кактусов обладает наибольшим коэффициентом теплового излучения и более высокой температурой (Malik et al. 2015а) по сравнению с основанием иглы. Эти наблюдения заставляют вспомнить эффект Кирлиан (Кирлиан, Кирлиан, 1964), демонстрирующий повышенную интенсивность разрядов на аналогичных конических участках листьев растений. Тогда понижение температуры растений, о чем свидетельствуют капли росы на иглах кактусов, не связано с транспирацией, т.к. кактусу это вредно. Скорее мы наблюдаем некий биоэлектрический феномен, сопряженный с активацией диссоциации молекул воды, своего рода постоянную иглотерапию. Косвенно это подтверждается прекращением выпадения росы при удалении игл у *Mammillaria columbiana* subsp. *yucatanensis* (Malik et al., 2015b).

Вышеперечисленные механизмы охлаждения растений могут рассматриваться как адаптации, направленные на достижение точки росы на поверхности растений в условиях недостатка влаги. Разумеется, это не полный перечень возможных механизмов, но достаточный для постановки первых экспериментов, направленных на доказательство роли точки росы в эволюции наземных растений и на разработку новых подходов к селекции засухоустойчивых культур.

Работа выполнена при поддержке Программы стратегического развития Петрозаводского государственного университета.

Литература

Карпун Ю. Н., Коннов Н. А., Кувайцев М. В., Прохоров А. А. Активная конденсация атмосферной влаги как механизм самоорошения почвопокровных растений // Hortus bot. 2015. Т. 10. С. 11-17. URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=2802>. DOI:

10.15393/j4.art.2015.2802.

Кирлиан В. Х., Кирлиан С. Д. В мире чудесных разрядов. М.: Знание, 1964. 40 с.

Лархер В. Экология растений. М.: Мир, 1978. С. 291.

Прохоров А. А. Активная конденсация воды растениями // Принципы экологии. ПетрГУ, 2013. № 3. С. 58—61. DOI: 10.15393/j1.art.2013.2921.

Прохоров А. А. Точка росы - неизученный фактор в экологии, физиологии и интродукции растений // Hortus bot. 2015a. Т. 10. С. 4—10. URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=2801>. DOI: 10.15393/j4.art.2015.2801.

Прохоров А. А. Оптимальные климатические условия для конденсации атмосферной влаги на поверхности растений // Hortus bot. 2015b. Т. 10. С. 18—24. URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=3143>. DOI: 10.15393/j4.art.2015.3143.

Beysens D. The formation of dew // Atmospheric Research. 1995. Т. 39. № 1-3. С. 215—237. DOI:10.1016/0169-8095(95)00015-J.

Curtis O. F. Leaf temperatures and the cooling of leaves by radiation // Plant Physiol. 1936. Т. 11. № 2. P. 343—364.

Gates D. M. Transpiration and Leaf Temperature // Annual Review of Plant Physiol. 1968. Т. 19. P. 211—238.

Gausman H. W., Cardenas R. Effect of Leaf Pubescence of *Gynura aurantiaca* on Light Reflectance // Botanical Gazette. 1969. Т. 130. № 3. DOI: 10.1086/336484.

Lange O. L. и Lange R. Untersuchungen uber Blattemperaturen, Transpiration und Hitzeresistenz an Pflanzen mediterraner Standorte (Costabrava, Spanien) // Flora. 1963. V. 153. S. 387—425.

Malik F. T., Clement R. M., Gethin D. T., Krawszik W., Parker A. R. Nature's moisture harvesters: A comparative review // Bioinspiration & Biomimetics . 2014. V. 9. № 3. DOI: 10.1088/1748-3182/9/3/031002.

Malik F. T., Thomas R. A., Clement R. M., Krawszik W. и Parker A. R. Infrared study of dew harvesting cacti spines // Thermology International. February 2015a. V. 25. № 1. P. 7—13.

Malik F. T., Clement R. M., Gethin D. T., Beysens D. A., Cohen R. E., Krawszik W., Parker A. R. Dew harvesting efficiency of four species of cacti // Bioinspiration & Biomimetics. 2015b. V. 10. № 3. DOI: 10.1088/1748-3190/10/3/036005.

Мремба Е. В. и Осборн Д. Г. Cool? // Physics Education. 1969. V. 4. № 3. P. 172—175. DOI:10.1088/0031-9120/4/3/312.

Tillandsia usneoides // Floridata. Floridata. com LLC. 2015. 06.12.2016. URL: <http://floridata.com/Plants/Bromeliaceae/Tillandsia%20usneoides/571>.

Mechanisms available for cooling plants' surfaces

PROKHOROV
Alexey Anatolievich

Petrozavodsk State University,
Leninskiy av., 33, Petrozavodsk, 185910, Russia
alpro@onego.ru

Key words:

hypothesis, dew point, plants' temperature, dew condensation, light reflection, transpiration, Mpemba effect, thermal radiation, bioelectricity

Summary: The essay briefly touches upon the main mechanisms to cool down the plants' surfaces that lead to condensation of atmospheric moisture; methods for experimental verification of these mechanisms are presented therein.

Is received: 08 december 2016 year

Is passed for the press: 24 december 2016 year

References

- Karpun Yu. N., Konnov N. A., Kuvajtsev M. V., Prokhorov A. A. Aktivnaya kondensatsiya atmosfornoj vlagi kak mekhanizm samoorosheniya potchvopokrovnykh rastenij // Hortus bot. 2015. T. 10. S. 11-17. URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=2802>. DOI: 10.15393/j4.art.2015.2802.
- Kirlian V. X., Kirlian S. D. V mire tchudesnykh razryadov. M.: Znanie, 1964. 40 s.
- Larkher V. Ekologiya rastenij. M.: Mir, 1978. C. 291.
- Prokhorov A. A. Aktivnaya kondensatsiya vody rasteniyami // Printsipy ekologii. PetrGU, 2013. № 3. S. 58—61. DOI: 10.15393/j1.art.2013.2921.
- Prokhorov A. A. Totchka rosy - neizutchennyj faktor v ekologii, fiziologii i introduksii rastenij // Hortus bot. 2015a. T. 10. S. 4—10. URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=2801>. DOI: 10.15393/j4.art.2015.2801.
- Prokhorov A. A. Optimalnye klimaticheskie usloviya dlya kondensatsii atmosfornoj vlagi na poverkhnosti rastenij // Hortus bot. 2015b. T. 10. S. 18—24. URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=3143>. DOI: 10.15393/j4.art.2015.3143.
- Beysens D. The formation of dew // Atmospheric Research. 1995. T. 39. № 1-3. S. 215—237. DOI:10.1016/0169-8095(95)00015-J.
- Curtis O. F. Leaf temperatures and the cooling of leaves by radiation // Plant Physiol. 1936. T. 11. № 2. P. 343—364.
- Gates D. M. Transpiration and Leaf Temperature // Annual Review of Plant Physiol. 1968. T. 19. P. 211—238.
- Gausman H. W., Cardenas R. Effect of Leaf Pubescence of *Gynura aurantiaca* on Light Reflectance // Botanical Gazette. 1969. T. 130. № 3. DOI: 10.1086/336484.
- Lange O. L. i Lange R. Untersuchungen uber Blattertemperaturen, Transpiration und Hitzeresistenz an Pflanzen mediterraner Standorte (Costabrava, Spanien) // Flora. 1963. V. 153. S. 387—425.
- Malik F. T., Clement R. M., Gethin D. T., Krawszik W., Parker A. R. Nature's moisture harvesters: A comparative review // Bioinspiration & Biomimetics . 2014. V. 9. № 3. DOI: 10.1088/1748-3182/9/3/031002.

Malik F. T., Thomas R. A., Clement R. M., Krawszik W. i Parker A. R. Infrared study of dew harvesting cacti spines // *Thermology International*. February 2015a. V. 25. № 1. P. 7—13.

Malik F. T., Clement R. M., Gethin D. T., Beysens D. A., Cohen R. E., Krawszik W., Parker A. R. Dew harvesting efficiency of four species of cacti // *Bioinspiration & Biomimetics*. 2015b. V. 10. № 3. DOI: 10.1088/1748-3190/10/3/036005.

Мремба Е. В. i Осборн Д. Г. Cool? // *Physics Education*. 1969. V. 4. № 3. P. 172—175. DOI:10.1088/0031-9120/4/3/312.

Tillandsia usneoides // *Floridata*. Floridata. com LLC. 2015. 06.12.2016. URL: <http://floridata.com/Plants/Bromeliaceae/Tillandsia%20usneoides/571>.

Цитирование: Прохоров А. А. Возможные механизмы охлаждения поверхности растений // *Hortus bot.* 2016. Т. 11, 2016, стр. 34 - 37, URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=3862>. DOI: [10.15393/j4.art.2016.3862](https://doi.org/10.15393/j4.art.2016.3862)

Cited as: Prokhorov A. A. (2016). Mechanisms available for cooling plants' surfaces // *Hortus bot.* 11, 34 - 37. URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=3862>