



HORTUS BOTANICUS

Международный электронный журнал ботанических садов

10 / 2015



Информационно-аналитический центр Совета ботанических садов России
при Ботаническом саде Петрозаводского государственного университета

HORTUS BOTANICUS

Международный электронный журнал ботанических садов

10 / 2015

ISSN 1994-3849

Эл № ФС 77-33059 от 11.09.2008

Главный редактор

А. А. Прохоров

Редакционный совет

П. Вайс Джексон
А. С. Демидов
Т. С. Маммадов
В. Н. Решетников
Т. М. Черевченко

Редакционная коллегия

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

Редакция

К. А. Васильева
А. В. Еглачева
С. М. Кузьменкова
А. Г. Марахтанов

Адрес редакции

185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Красноармейская, 31, каб. 12.

E-mail: hortbot@gmail.com

<http://hb.karelia.ru>

© 2001 - 2015 А. А. Прохоров

На обложке:

«Языческая поляна» с сейдами и лабиринтом древних саамов в Ботаническом саду
Петрозаводского государственного университета (автор Ю. Фефилатьев, фото В.
Григорьева)

Разработка и техническая поддержка

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

Петрозаводск
2015

Гипотезы, открытия и технологии

Оптимальные климатические условия для конденсации атмосферной влаги на поверхности растений

ПРОХОРОВ**Алексей Анатольевич**Петрозаводский государственный университет,
*alpro@onego.ru***Ключевые слова:**

точка росы, климат, температура листьев, транспирация, конденсация воды, экология растений, экосистемы, география растений

Аннотация:

Значение обнаруженного явления конденсации атмосферной влаги за счет охлаждения листьев и побегов растений до температуры ниже точки росы, во многом определяется климатическими параметрами. Сопоставление отклонения значений среднемесячных температур от точки росы в различных регионах мира позволяет утверждать практически повсеместную распространенность явления, за исключением континентальных аридных территорий с низкой относительной влажностью воздуха. Достаточно, чтобы разница между величиной температуры воздуха и точкой росы не превышала 10° С, что типично даже для ряда пустынь, находящихся вблизи побережья. 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. Изучение разнообразия механизмов адаптации растений, способствующих понижению температуры поверхности и усвоению конденсата, позволит в дальнейшем осуществлять интродукцию, генетическую модификацию или селекцию растений с наиболее выраженным эффектом снижения температуры и наименьшей зависимостью от инсоляции.

Получена: 13 декабря 2015 года

Подписана к печати: 27 декабря 2015 года

Введение

Известно, что растения обитают в широком диапазоне климатических условий, даже при критическом недостатке доступной воды. При этом реализуются разнообразные стратегии экологической адаптации (Crawford, 2008). Однако среди таких стратегий ранее не рассматривалась возможность активной конденсации воды на поверхности растений.

Недавно нами (Прохоров, 2015; Карпун и др., 2015) была подтверждена гипотеза (Прохоров, 2013), состоящая в том, что растения конденсируют атмосферную влагу за счет снижения температуры поверхности (T_L) побегов и листьев ниже точки росы (T_D), при температуре воздуха $T_A > T_D$, т.е. при отсутствии тумана. Данное явление имеет огромное экологическое значение для растительных сообществ, позволяя отдельным растениям выживать в неблагоприятных климатических условиях.

Целью работы является определение диапазона климатических условий, в которых возможна конденсация атмосферной влаги на поверхности растений.

Объекты и методы исследований

Климат регионов, выбранных нами для сопоставления, весьма различен. Выбор регионов был

обусловлен следующими соображениями:

- в Сочи и Петрозаводске нами проведены измерения температуры поверхности древесных растений в коллекциях ботанических садов;
- в Кью расположена одна из крупнейших коллекций растений в открытом грунте;
- Ла Лагуна находится несколько ниже лесов, состоящих из *Pinus canariensis*, интенсивно конденсирующих атмосферную влагу из тумана (Pines of Silvicultural Importance, 2002);
- Аудсхорн расположен на окраине пустыни Малое Карру - аридного нагорья, для которого характерны длительная летняя засуха и зимние осадки (Растительность мира, 2012);
- в районе Копьято, в южной части пустыни Атакама, туманы и атмосферная влага приходящие со стороны Тихого океана позволяют развиваться своеобразному поясу горной растительности - лома (Растительность мира, 2012);
- в Дахране, на берегу Персидского залива, была зафиксирована наибольшая температура точки росы (35° С);
- в Актау, на полуострове Мангышлак, находится ботанический сад, являющийся одним из центров интродукции засухоустойчивых растений;
- в районе Тумаир, в пустыне Эд-Дахна, растительность представлена комбинациями опустыненных степей, саванн и кустарниковых пустынь, сообществ вади (Растительность мира, 2012);
- кустарниковые пустыни Центральной Сахары представлены в удаленном от морей и океанов Таманрасете (Растительность мира, 2012).

В таблице 1 приведены среднегодовые значения температуры (T_A) и относительной влажности воздуха (H_A), и разницы между температурой воздуха и среднемесячными значениями точки росы. Регионы упорядочены по возрастанию разницы (ΔT_{AD}) между среднегодовой температурой воздуха и точкой росы.

Таблица 1. Среднегодовые климатические характеристики. По данным [WEATHERBASE](#)

Table 1. Average climatic characteristics. According to [WEATHERBASE](#).

Регион	H_A , %	T_A , °C	ΔT_{AD} , °C
Петрозаводск, Карелия, Россия	79	2,0	3,2
Ла Лагуна, о. Тенериф, Испания	73	15,0	4,8
Кью, Ричмонд, Великобритания	88	11,0	4,9
Сочи, Побережье Черного моря, Россия	75	14,1	5,4
Копьято, Атакама, Чили	68	17,0	6,6
Аудсхорн, Малое Карру, ЮАР	64	17,3	6,8
Актау, Мангышлак, Казахстан	65	3,2	6,8
Дахран, берег Персидского залива, Саудовская Аравия	52,5	26,0	12,4
Тумаир, Эд-Дахна, Саудовская Аравия	10	24,9	20,5
Таманрассет, Сахара, Алжир	28	20,0	21,3

Выбранного диапазона климатических условий достаточно для предварительной оценки распространенности явления конденсации атмосферной влаги на поверхности растений.

На приведенных ниже диаграммах (рис. 1-10) представлены среднемесячные значения температуры воздуха (T_A), и точки росы (T_D), согласно метеорологической базе данных ([Weatherbase](#), 2015), а также разница (ΔT_{AD}) между среднемесячными значениями этих параметров. Величина ΔT_{AD} является критерием, показывающим насколько температура поверхности растений, должна быть ниже температуры воздуха для того, чтобы на ней началась конденсация атмосферной влаги. Для удобства сопоставления значений параметров используется единая шкала температур, но при рассмотрении графиков следует учесть, что для T_A и T_D значения на оси температур являются абсолютными, а для ΔT_{AD} - относительными (больше 0° С).

Выбор данного параметра обусловлен полученными нами результатами измерений температуры поверхности растений (T_L), температуры (T_A) и относительной влажности (H_A) воздуха с помощью пирометра Bosch PTD 1 с функцией расчета точки росы (T_D), проведенных в оранжереях Ботанического сада Петра Великого БИН РАН (БС БИН) и Субтропическом ботаническом саду Кубани (СБСК), в Санкт-Петербурге и Сочи, соответственно (Прохоров, 2015).

Результаты и обсуждение

У большинства растений в обследованных субтропических оранжереях БС БИН и в коллекции открытого грунта СБСК

$T_L < T_D$ и, следовательно, наблюдается конденсация атмосферной влаги на поверхности растений в дневное время. Разница T_A и T_L составляла до 10° С (Прохоров, 2015). До проведения более полных исследований будем считать данную величину ΔT_{AL} пороговым значением, ниже которого возможность конденсации атмосферной влаги на поверхности растений достаточно велика.

Исходя из данных, представленных на диаграммах (рис. 1. I - IV), можно заключить, что большую часть вегетационного периода (при отсутствии прямого солнечного освещения) в центральной Карелии, южной Англии, на восточном побережье Черного моря и на склонах гор Канарских островов растения конденсируют атмосферную влагу на поверхности листьев и побегов при отсутствии тумана, т.к. ΔT_{AD} почти в два раза меньше пороговой величины ΔT_{AL} .

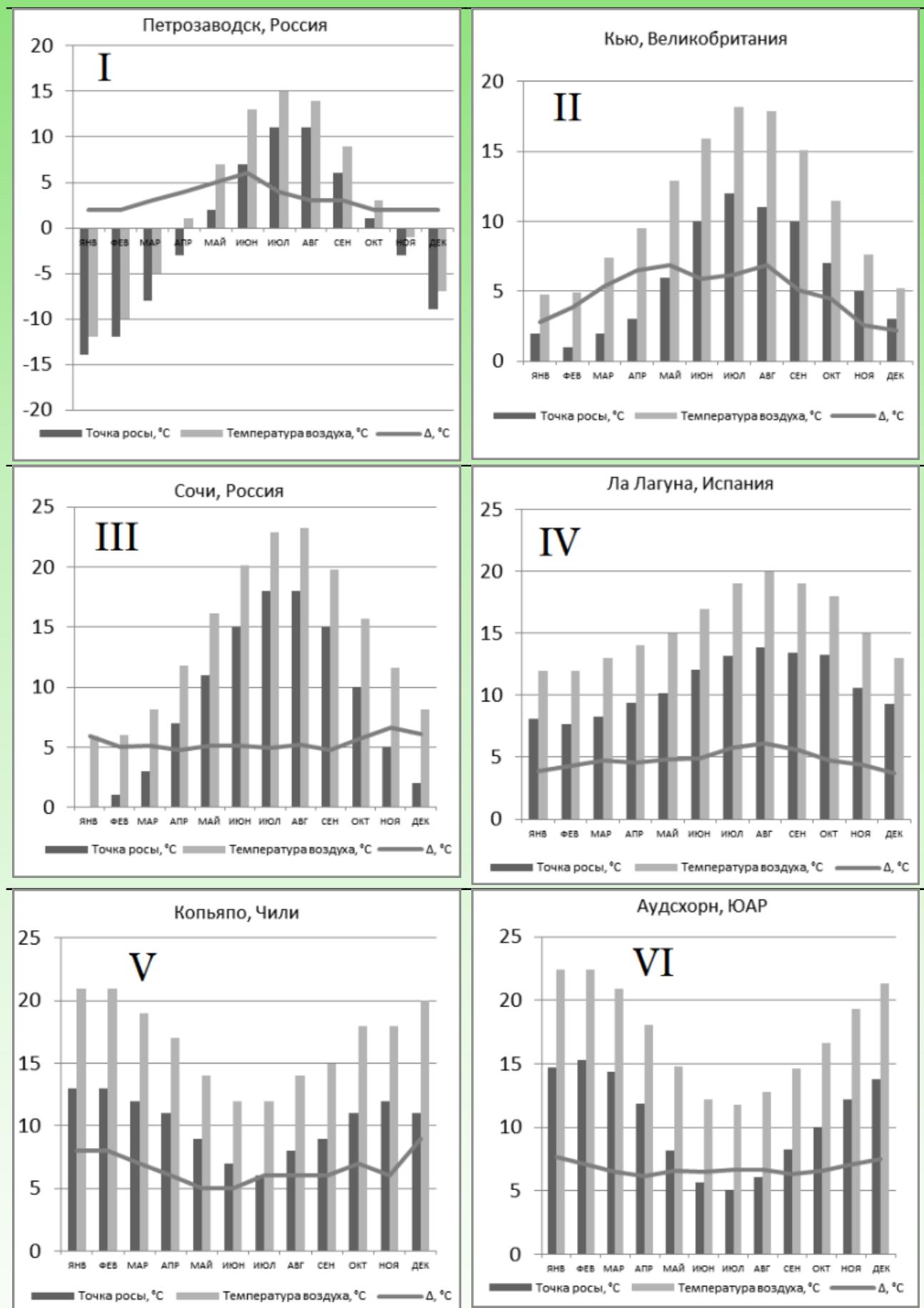
В Ботаническом саду Петрозаводского университета, дополнительное орошение растений в открытом грунте практически не применяется, но растения крайне редко испытывают недостаток влаги. Достаточно благоприятные условия для культивирования растений в СБСК и в Королевских ботанических садах Кью.

Густая и длинная повисающая хвоя *Pinus canariensis* C. Sm., произрастающей на горных склонах Канарских островов способна сорбировать достаточное количество влаги, что обеспечивает не только потребность самого растения, но и существенно повышает влажность почвы в монтеверде, что используется в лесном и сельском хозяйстве для выращивания растений, орошаемых с помощью сосны (Pines of Silvicultural Importance, 2002). В условиях тумана конденсация осуществляется за счет механической сорбции микрокапель воды. Однако в условиях монтеверде, в связи с суточным перемещением облачного слоя по горному склону, угнетающее действие тумана на транспирацию уменьшается (Ritter et al., 2009) и поверхность растений охлаждается более эффективно, что существенно увеличивает продолжительность конденсации воды.

Близость к океанам Малого Каппу и Атакамы (рис. 1. V - VI) обеспечивает достаточно высокую влажность воздуха, а распространенность растений с CAM-метаболизмом (Crassulaceae acid metabolism, 2015), сопровождающимся ночной транспирацией, позволяет эффективно конденсировать влагу из воздуха в ночное время, при отсутствии нагрева растений. Дополнительным приспособлением являются морфологические адаптации - форма кактусов, молочаев и других суккулентов, позволяющая конденсату стекать прямо к корням растений. Можно предположить, что растения, не обладающие CAM-метаболизмом, обладают иными приспособлениями для улавливания атмосферной влаги, т.к. климатические условия это позволяют - показатель ΔT_{AD} на протяжении всего года меньше пороговой величины.

На побережье Персидского залива и на полуострове Мангышлак (рис. 1. VII - VIII) величина ΔT_{AD} превышает пороговое значение 10° С, по крайней мере, в летние месяцы. Для Мангышлака, с учетом продолжительного зимнего периода, в отличие от Дахрана, такая ситуация жестко ограничивает вегетационный период. Особенностью Дахрана, является достижение точки росы при высоких температурах, что может позволить растениям в притененных условиях конденсировать влагу на поверхности листьев.

Удаленные от побережья регионы Аравийской пустыни и Сахары (рис. 1. IX - X) практически не могут предоставить возможности растениям собирать атмосферную влагу, т.к. величина ΔT_{AD} превышает пороговое значение ΔT_{AL} в 2-2,5 раза в летние месяцы.



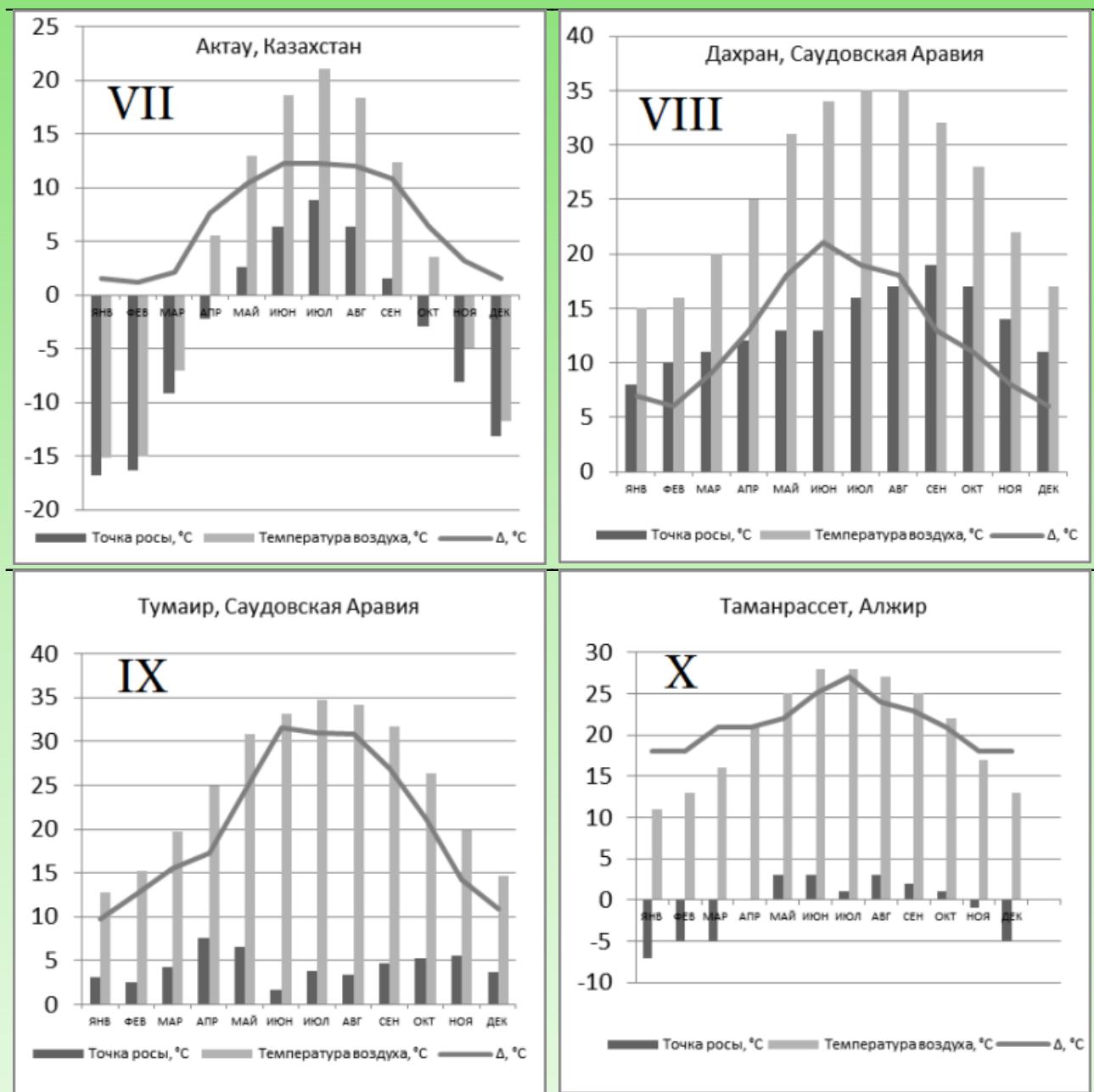


Рис. 1. Среднемесячные значения температуры воздуха, точки росы и Δ — разницы между этими величинами (ΔT_{AD}).

Fig. 1. Monthly averages of air temperature, dew point and Δ — difference between these values (ΔT_{AD}).

Разумеется, с учетом сопряжения всех терморегулирующих процессов в растении с фотосинтезом и дыханием, а также в связи с существованием CAM-метаболизма, следует рассмотреть отдельно дневные и ночные климатические условия (рис. 2). Как видно из диаграмм, значения ΔT_{AD} , соответствующие минимальным значениям температуры воздуха ($\Delta T_{AD, \min T}$), значительно отличаются от среднемесячных значений, в отличие от величины ΔT_{AD} при максимальных температурах воздуха ($\Delta T_{AD, \max T}$). Для условий Кью также учитывались колебания влажности воздуха в течение суток. Таким образом, условия, как Королевских ботанических садов Кью, так и пустыни Атакама (рис. 2. I - II), позволяют растениям конденсировать воду на своей поверхности за счет её охлаждения ниже значений точки росы, а в условиях Центральной Сахары (рис. 2. III) это более проблематично, т.к. необходимо понизить T_L более чем на 15°C. С другой стороны, известно, что температура транспирирующих листьев баклажана (Lange, Lange, 1963), может быть ниже температуры нетранспирирующих листьев на

15°C.



Рис. 2. Среднемесячные отклонения температуры воздуха от точки росы для средних (ΔT_{AD}), максимальных (ΔT_{AD} , max T) и минимальных (ΔT_{AD} , min T) температур воздуха.

Fig. 2. Monthly average air temperature deviation from the dew point at average (ΔT_{AD}), max (ΔT_{AD} , max T) and minimum (ΔT_{AD} , min T) air temperatures.

Полевые исследования могут позволить выявить растения способные максимально снижать T_L , и использовать ее максимально эффективно за счет разнообразных морфологических и анатомических адаптаций к аридным условиям.

Заключение

Значение обнаруженного явления конденсации атмосферной влаги за счет охлаждения листьев и побегов растений до температуры ниже точки росы, во многом определяется климатическими параметрами мест произрастания. Сопоставление отклонения значений среднемесячных температур от точки росы в различных регионах мира позволяет считать это явление практически повсеместно распространенным, за исключением континентальных аридных территорий с низкой относительной влажностью воздуха. Судя по нашим данным, термин "маргинальные условия" (Crawford, 2008), применительно к растениям не отражает реальную ситуацию. 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.

Изучение разнообразия механизмов адаптации растений, способствующих снижению температуры поверхности и усвоению конденсата, позволит в дальнейшем осуществлять интродукцию, генетическую модификацию или селекцию растений с наиболее выраженным эффектом снижения температуры и наименьшей зависимостью от инсоляции. Такие растения могут принести огромную пользу как в снижении затрат на орошение сельскохозяйственных культур, так и в борьбе с опустыниванием земель.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (13-07-98803 р_север_а) и Программы стратегического развития Петрозаводского государственного университета (ПСР 2015).

Литература

Карпун Ю. Н., Коннов Н. А., Кувайцев М. В., Прохоров А. А. Активная конденсация атмосферной влаги как механизм самоорошения почвопокровных растений [Active condensation of the atmospheric moisture as a self-irrigation mechanism for the ground-covering plants] // Hortus bot. 2015. Т. 10. URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=2802>. DOI: 10.15393/j4.art.2015.2802.

Прохоров А. А. Активная конденсация воды растениями [Active condensation of water by plants] // 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

[Dewpoint - unstudied factor in ecology, physiology and plant introduction] // Hortus bot. 2015. Т. 10. URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=2801>. DOI: 10.15393/j4.art.2015.2801.

Растительность мира [Plant world] / ред. Беликович А. В. [Электронный ресурс]. Владивосток, 2010-2015. URL: <http://ukhtoma.ru/geobotany/index7.htm>.

Crassulaceae acid metabolism, 2015. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Crassulacean_acid_metabolism.

Lange O. L., Lange R. Untersuchungen über Blattemperturen, Transpiration und Hitzeresistenz an Pflanzen mediterraner Standorte (Costabraya, Spanien) // Flora. 1963. 153. Pp. 387—425.

Pines of Silvicultural Importance: Compiled from the Forestry Compendium, CAB International. CAB International. 4 April 2002. P. 35. ISBN 978-0-85199-539-7.

Crawford R. M. M. Plants at the Margin: Ecological Limits and Climate Change Cambridge University Press, Mar 20, 2008. 478 p.

Ritter A., Regalado C. M., Aschan G. Fog reduces transpiration in tree species of the Canarian relict heath-laurel cloud forest (Garajonay National Park, Spain) // Tree Physiol. 2009 Apr. 29(4). P. 517—28. Epub 2009 Jan 20.

WEATHERBASE. Carty and Associates LLC. 2015. URL: <http://www.weatherbase.com/weather/countryall.php3>.

Ideal climatic conditions for condensation of atmospheric moisture on the plants' surface

**PROKHOROV
Alexey**

Petrozavodsk State University, alpro@onego.ru

Keywords:

dew point, climate, leaves' temperature, transpiration, water condensation, plant ecology, ecosystems, plants' geography

Annotation:

The value of the observed phenomenon of condensation of atmospheric moisture by cooling the plant leaves and shoots to a temperature below the dew point is largely determined by climatic parameters. Comparison of the deviation of the average monthly temperature of the dew point in the different regions of the world allows us to assert the universality of the phenomenon, with the exception of the continental arid areas with low relative humidity. It's enough to make a difference between the value of the air temperature and dew point temperature did not exceed 10 ° C, which is typical even for a number of deserts near the coastal area. Virtually the entire range of climatic conditions of the Earth, at positive temperatures of air and soil, i.e., during the growing season, the plants always have the ability to remove atmospheric moisture and translate it into a liquid state, available for use. A study of the diversity of the plant adaptation mechanisms that contribute to lowering the surface temperature and the absorption of condensate will allow us in the future to carry out introduction, genetic modification or selection of plants with the most visible effect of lowering the temperature and the least dependence on insolation.

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

Cited as: Prokhorov A. "Ideal climatic conditions for condensation of atmospheric moisture on the plants' surface" // Hortus bot. 10, (2015): DOI: 10.15393/j4.art.2015.3143