



УДК 58.009:58.056

Активная конденсация воды растениями

ПРОХОРОВ
Алексей Анатольевич

Петрозаводский государственный университет,
alpro@onego.ru

Ключевые слова:

точка росы
транспирация
конденсация воды
экология растений
физиология растений
экосистемы

Аннотация:

Данная работа посвящена некоторым особенностям конденсации воды на поверхности растений. Приводятся аргументы в поддержку предположения, что за счет снижения температуры листьев и побегов ниже точки росы растение может активно конденсировать влагу из воздуха, увеличивая продолжительность выпадения росы. Вечернее выпадение росы на поверхности растений начинается раньше, чем формирование тумана. Утренний этап конденсации продолжается некоторое время после того, как температура воздуха превышает точку росы. Рассматриваемое явление встречается повсеместно, но имеет особое значение для растений аридных экосистем.

© 2013 Петрозаводский государственный университет

Рецензент: Н. В. Василевская

Получена: 01 декабря 2013 года

Опубликована: 22 января 2014 года

Введение

Данная работа посвящена некоторым особенностям конденсации воды на поверхности растений. Приводятся аргументы, подтверждающие гипотезу автора (Прохоров, 2012, с. 10), состоящую в том, что особое значение для повышения эффективности и продолжительности конденсации воды имеет тот факт, что температура транспирирующих побегов и листьев растений обычно ниже температуры окружающей среды (Gates, 1968) и, соответственно, зачастую ниже точки росы.

Результаты

Формирование тумана – конденсация водяных паров в воздухе – начинается при достижении точки росы (T_d), зависящей от температуры (T) и относительной влажности (ϕ) воздуха (рис. 1). В условиях тумана, т. е. при $T = T_d$, величина температуры поверхности листьев и побегов T_L не существенна. При $T > T_d$ конденсация воды осуществляется на поверхностях, охлажденных до T_d , в т. ч. на поверхности листьев и побегов растений.

Известно, что температура транспирирующего листа растений понижается (Gates, 1968). Предполагаю, что в случаях когда $T_L \leq T_d$, конденсация воды осуществляется на поверхности растений.

В работе не рассматриваются ситуации, когда T_L увеличивается в результате: нагрева поверхности листа на солнце, прекращения или уменьшения транспирации, повышения температуры воздуха, уменьшения относительной влажности воздуха или любого другого фактора. Эти явления, как и вопросы радиационного баланса в целом, не имеют прямого отношения к описываемой ситуации, т. к. активная конденсация воды в этих условиях отсутствует.

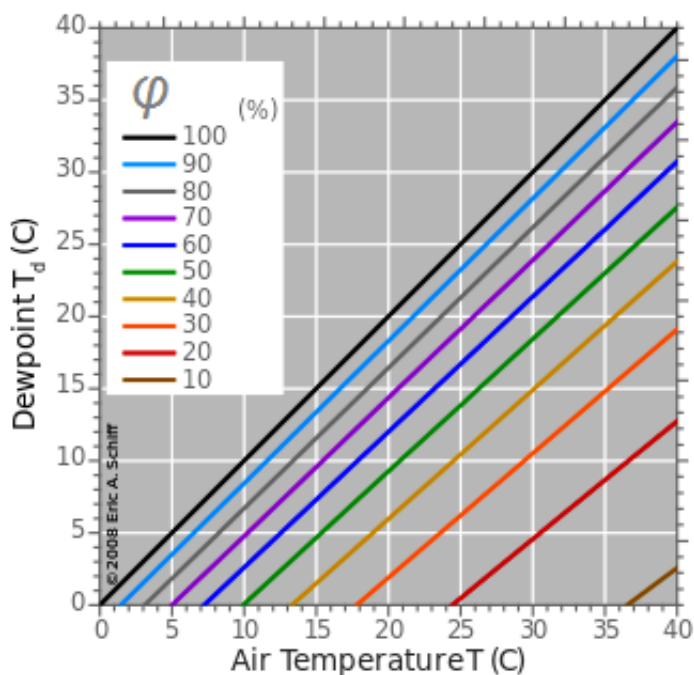


Рис. 1. Зависимость точки росы (Dewpoint, T_d , °C) от температуры воздуха (Air Temperature, T , °C) и относительной влажности воздуха (ϕ , %), (Eric A. Schiff, 2008, цит. по Википедии, «Dewpoint»)

Fig. 1. Dependence of the dewpoint (T_d , °C) on air temperature (T , °C) and relative humidity (ϕ , %), (Eric A. Schiff, 2008, cit. by Wikipedia, "Dewpoint")

Выбор экосистем для рассмотрения применимости предлагаемой гипотезы обусловлен двумя крайними экологическими ситуациями – высокими значениями ϕ и незначительным перепадом дневных и ночных температур в монтеверде; низкими значениями ϕ и высоким перепадом дневных и ночных температур в пустынях.

Эти условия создают оптимальные возможности для использования T_d для конденсации воды. В первом случае, при незначительном повышении T , растения могут продолжить конденсировать воду из влажного воздуха за счет незначительного понижения T_L в тени облаков. Во втором случае резкое снижение T ночью, увеличение ϕ и начало транспирации у суккулентов позволяет растениям сконденсировать доступную влагу.

Изолнии точки росы (T_d), приведенные на рис. 1 для $\phi \geq 80\%$, характеризуют область муссонных экосистем и горных лесов, например, монтеверде Канарских островов при $\phi \leq 20\%$ соответствуют условиям большинства пустынь в дневное время и при $\phi \leq 60\%$ – в ночное время. Для выпадения росы на поверхности растений в таких условиях требуется снижение T_L , $\Delta T_L \leq 3^\circ\text{C}$ в условиях монтеверде и $\Delta T_L \geq 7^\circ\text{C}$ – в условиях пустынь в ночное время. Следует при этом учесть, что более общим лимитирующим условием является $T_L \geq 0^\circ\text{C}$, и $\leq T_d$. Как следует из приведенной диаграммы на рис. 1, в диапазоне T от 0°C до 10°C и при относительной влажности 50–90% $T_d \leq 0^\circ\text{C}$, т. е. ниже физиологически оптимального диапазона температур. Следовательно, в арктических и высокогорных экосистемах данный механизм активной конденсации водяных паров может не работать.

Обсуждение

Основу растительных сообществ монтеверде на Канарских островах составляют лавровые леса («лаурисильва») с доминированием нескольких видов из семейства Lauraceae. Выше, в экотонной области монтеверде, произрастает *Pinus canariensis* C. Sm. Характерной особенностью этих экосистем, расположенных на высоте 800–1300 м над уровнем моря, является высокая влажность воздуха ($\phi \geq 75\%$) и относительно невысокая стабильная температура 13–16 °C. Данная экосистема расположена в облачном слое, высота которого меняется в зависимости от температуры воздуха (Marzol, 1993).

Конденсация осуществляется за счет механической сорбции микрокапель воды, что имеет особое значение в случае одного из лучших известных «конденсаторов тумана» – *P. canariensis*. Многочисленные, длинные (20–30 см), ниспадающие иглоподобные листья этой сосны, обитающей на горных склонах Канарских островов, способны сорбировать достаточное количество влаги. Это

обеспечивает не только потребность самого растения, но и значительно повышает влажность почвы в монтеверде, что используется в лесном и сельском хозяйстве для выращивания растений, орошаемых с помощью сосны (*Pines of Silvicultural Importance*, 2002; Crawford, 2008).

В связи с данной темой следует также отметить снижение транспирации древесных растений в условиях тумана, зарегистрированное в условиях монтеверде (Ritter, Regalado, Aschan, 2009). При этом T_L должна повышаться, что, впрочем, не препятствует конденсации микрокапель воды на листовой поверхности во время тумана.

Вышеприведенный пример пассивной механической сорбции воды на хвое *P. canariensis* дается, чтобы показать различия в принципах пассивной и активной конденсации водяных паров.

Объектом нашего внимания является значительно более интересная ситуация, когда температура воздуха несколько выше точки росы и туман не образуется, а следовательно, невозможна и его механическая сорбция на листьях растений. В условиях монтеверде это связано с дневным повышением температуры воздуха и перемещением тумана (облачного слоя) выше области, где произрастает *P. canariensis*. Следовательно, часть времени сосна проводит при ϕ менее 100 % ($T > T_d$). В таких условиях транспирация увеличивается, и понижается температура растения. Одновременно, за счет значительной поверхности хвои, такое понижение температуры при $T_L \leq T_d$ приводит к активной и эффективной конденсации водяных паров. Разумеется, в условиях Канарских островов, при высокой инсоляции, период активной конденсации водяных паров непродолжителен. Он завершается при $T_L > T_d$.

При изучении травянистых растений и орошаемых культур в аридных зонах испанских степей (Lange, Lange, 1963) оказалось, что интенсивность их транспирации иногда достигает 300 г/м² в час, что в 5–10 раз больше, чем у местных древесных растений. Из-за транспирационного охлаждения температура листьев этих трав по сравнению с температурой нетранспирирующих листьев (смазанных вазелином или отрезанных) оказывается ниже на 5,7–15,7 °С у разных видов, что превосходит величины ΔT_L , требуемые для достижения T_d на поверхности растения.

Из этих данных, многократно подтвержденных на других видах растений, следует, что за счет снижения T_L конденсация воды (выпадение росы) может происходить непосредственно на их поверхности, при условии, что $T_L \leq T_d$.

Косвенным доказательством эволюционного значения данного механизма конденсации воды является форма пустынных кактусов, молочаев и других суккулентов, позволяющая конденсату стекать прямо к корням растений. Однако и этот известный факт обычно связывается с пассивной конденсацией водяных паров – выпадением росы на охлажденной ночью поверхности почвы и растений – не учитывается возможность активной конденсации воды растением за счет снижения температуры поверхности стебля ($T_L \leq T_d < T$) при достаточно низких (ночных) температурах, когда осуществляется транспирация, а снижение температуры ΔT_L минимально в условиях пустыни. На значение данного явления может указывать увеличение охлаждаемой поверхности кактусов и молочаев за счет формирования ребер и мамилл, участки между которыми хорошо защищены от избыточной инсоляции.

Заключение

Таким образом, предположение о том, что за счет снижения температуры листьев и побегов растение активно конденсирует влагу из воздуха, увеличивая обычный период выпадения росы, подтверждается сопоставлением значений изменения точки росы в зависимости от влажности воздуха и его температуры со значениями снижения температуры транспирирующих растений. Вечернее выпадение росы на поверхности растений начинается раньше, чем формирование тумана. Утренний этап конденсации продолжается некоторое время после того, как температура воздуха превысит точку росы.

Значение же данного явления для большинства экосистем (если исключить Арктику) может быть крайне велико. В аридных экосистемах – это эволюционное приспособление, обеспечивающее выживание растений. В условиях монтеверде – экологический фактор, обеспечивающий защиту экосистем от опустынивания.

Библиография

Прохоров А. А. Большие Канары, или Амбиции как инструмент эволюции [Gran Canaria or ambitions as a tool of evolution], 2012. 13 с. URL: <http://alpro.hortusbotanicus.ru/photos/f4b.pdf>.

C. A. B. International. *Pines of Silvicultural Importance: Compiled from the Forestry Compendium*, CAB International. CABI. 2002. P. 35. URL: <http://books.google.com/books?id=DB8dCbmgQ74C&pg=PA35>.

Прохоров А. А. Активная конденсация воды растениями // Принципы экологии. 2013. № 3. С. 72–76.

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

Dewpoint // Wikipedia. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Dew_point (дата обращения: 18.11.2013).

Gates D. M. Transpiration and Leaf Temperature // Annual Review of Plant Physiology. 1968. Vol. 19. P. 211–238.

Lange O. L., Lange R. Untersuchungen über Blattemperaturen, Transpiration und Hitzeresistenz an Pflanzen mediterraner Standorte (Costabrava, Spanien) // Flora. 1963. Vol. 153. P. 387–425.

Marzol M. V. Tipificación de las tres situaciones atmosféricas más importantes en las islas Canarias / Stenael Enmanuelae Marrero. Universidad de La Laguna, 1993. P. 80–95.

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. Vol. 29 (4). P. 517–28. Epub 2009 Jan 20.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Программы стратегического развития ПетрГУ и по заданию Министерства образования и науки РФ 4.1700.2011.

Active condensation of water by plants

PROKHOROV
Alexey

Petrozavodsk state university, alpro@onego.ru

Keywords:

dew point
transpiration
condensation of water
plant ecology

plant physiology
ecosystems

Summary:

This paper is devoted to some peculiarities of water condensation on the surface of plants. Arguments in support of the hypothesis that in decreasing temperature of leaves and shoots below the dew point, the plant can actively condense moisture from the air, increasing the duration of dewfall are presented. Evening dewfall on plant surfaces begins before starting the formation of fog. Morning condensation continues for some time after the air temperature exceeds the dew point. The phenomenon in question is found everywhere, but it is particularly important for plants in arid ecosystems.