



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. Фефилятьев, 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

Активная конденсация атмосферной влаги как механизм самоорошения почвопокровных растений

КАРПУН Юрий Николаевич	<i>Субтропический ботанический сад Кубани, botsad13@mail.ru</i>
КОННОВ Николай Алексеевич	<i>Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур Российской академии наук, konnov_n_a@bk.ru</i>
КУВАЙЦЕВ Михаил Валерьевич	<i>Субтропический ботанический сад Кубани, sochi-sbgk@mail.ru</i>
ПРОХОРОВ Алексей Анатольевич	<i>Петрозаводский государственный университет, alpro@onego.ru</i>

Ключевые слова:

засухоустойчивость, атмосферная влага, конденсация воды, температура листьев, почвопокровные растения, *Liriope*, *Ophiopogon*, Convallariaceae

Аннотация:

Исследования, проведённые в Субтропическом ботаническом саду Кубани (Уч-Дере, Сочи), позволяют, в известной мере, объяснить anomalно высокую засухоустойчивость *Liriope graminifolia* Lour. и *Ophiopogon japonicus* Ker.-Gawl., растений, которые в природных условиях большей частью растут в условиях достаточной влажности. Довольно-таки низкая температура поверхности листьев, позволяет достаточно эффективно конденсировать атмосферную влагу и направлять ее по листовой пластинке к почве. Накопление конденсата ведет к самоорошению – механизму, способному обеспечить выживание растений при недостатке естественных атмосферных осадков в виде дождя или тумана. В сочетании с ксероморфными листьями с толстой кутикулой и толстыми, разветвлёнными корнями с веретеновидными вздутиями-бульбами, позволяющими запасать воду, это делает исследованные растения предельно устойчивыми к такому стресс-фактору, как случающиеся продолжительные летние засухи, сопровождаемые высокими дневными температурами воздуха.

Получена: 01 сентября 2015 года

Подписана к печати: 08 сентября 2015 года

Введение

Среди многочисленных механизмов компенсации потери воды сосудистыми растениями при транспирации и адаптации к аридным условиям, конденсация влаги на поверхности растений при достижении точки росы всегда рассматривалась только как следствие понижения температуры воздуха и поверхности почвы, обычно в ночное время.

Однако давно известно, что температура поверхности растений в большинстве случаев ниже температуры воздуха и температуры нетранспирирующих листьев (Lange, Lange, 1963). Наблюдаемое снижение температуры поверхности растений (листьев) связывается, прежде всего, с транспирацией (Gates, 1968).

Данная работа основана на предположении, что растения способны активно конденсировать воду

(Прохоров, 2013) на своей поверхности более продолжительное время и более эффективно, чем почва, за счет снижения температуры поверхности ниже точки росы и увеличения доступной для конденсации поверхности.

Объекты и методы исследований

Нами для одновременного измерения температуры поверхности растений (T_L) и почвы (T_S), температуры (T_A) и относительной влажности (H_A) воздуха использовался термодетектор (пирометр) Bosch PTD 1 с функцией расчета точки росы (T_D), подробные характеристики которого приведены здесь (Прохоров, 2015).

В качестве возможных конденсаторов атмосферной влаги особый интерес представляли почвопокровные растения из родов *Liriope* Lour. и *Ophiopogon* Ker.-Gawl., в отношении которых в Субтропическом ботаническом саду Кубани (СБСК) проводились исследования по их пригодности для создания вечнозеленых газонных покрытий в тенистых местах урбанизированных экосистем.

Результаты и обсуждение

Ранее, опытным путём, была установлена аномально высокая засухоустойчивость представителей родов *Liriope* Lour. и *Ophiopogon* Ker.-Gawl. (Коннов, 2014; Коннов, Карпун, 2014), нетипичная для растений влажного муссонного климата Восточной Азии (табл. 1).

Таблица 1. Динамика изменения оводнённости листьев представителей родов *Liriope* и *Ophiopogon* в условиях искусственной засухи. Сочи, СБСК, 07-08. 2014 г.

Table 1. Dynamics of water content in the leaves of the genera *Liriope* and *Ophiopogon* under artificial drought. Sochi, SBGK, 07-08. 2014

Названия растений	17.07.2014	24.07.2014	31.07.2014	07.08.2014	14.08.2014
	содержание воды в %				
<i>Ophiopogon japonicus</i>	67.0	66.3	67.7	66.0	65.0
<i>Ophiopogon japonicus</i> 'Pusillus'	63.0	63.3	66.7	67.0	62.0
<i>Liriope graminifolia</i>	62.0	68.3	73.0	72.0	71.0

Как видно из приведённой таблицы, содержание воды в листьях опытных растений после месячной искусственной засухи не только практически не снизилось, но у *Liriope graminifolia* даже возросло. Такой результат, казалось бы, должен противоречить общепринятой точке зрения на поведение растений в условиях постоянного дефицита воды.

Именно это обстоятельство побудило нас провести замеры температуры поверхности ряда растений из рассматриваемых родов (табл. 2).

Полученные результаты показывают, что температура поверхности листьев была значительно ниже не только температуры воздуха, но и, за исключением *Ophiopogon jaburan* 'Vittatus', ниже точки росы. И, соответственно, происходит конденсация атмосферной влаги на поверхности листьев.

Попытка провести анализ зависимости степени снижения температуры поверхности листьев от биологических особенностей растений не дала желаемых результатов. Так, наиболее низкую температуру имели и *Ophiopogon umbraticola*, с его узкими листьями, шириной 2 мм, и *Ophiopogon planiscapus*, у которого ширина листьев превышает 10 мм. Вид из южного Китая, *Ophiopogon sarmentosus*, имел температуру поверхности листьев 15.8° С, а у самого северного вида рода, *Ophiopogon japonicus*, она была 13.3° С. Существенно отличались по температуре листьев растения *Ophiopogon planiscapus* 'Nigrescens' семенного и вегетативного происхождения, 16.2° С и 13.2° С, соответственно. Однако, в целом, листья представителей рода *Liriope* были заметно «теплее», нежели листья представителей рода *Ophiopogon*.

Таблица 2. Температура поверхности (T_L) контейнерных растений *Liriope* и *Ophiopogon* и микроклиматические параметры (T_A , H_A , T_D). Сочи, СБСК, 10.06.2015 г. 12:00, тень

Table 2. Surface temperature (T_L) of container plants *Liriope* and *Ophiopogon* and micro-climatic parameters (T_A , H_A , T_D). Sochi SBGK, 10.06.2015. 12:00, shadow

Наименование растений	T_L , °C	T_A , °C	H_A , %	T_D , °C
<i>Liriope exiliflora</i>	16.7	24.3	62	17.2
<i>Liriope muscari</i> 'Variegata'	16.4	24.3	62	17.2
<i>Liriope graminifolia</i>	15.4	24.3	62	17.2
<i>Liriope koreana</i>	16.0	24.3	62	17.2
<i>Liriope muscari</i> 'Royal Purple'	16.0	24.3	62	17.2
<i>Liriope spicata</i> 'Variegata'	16.0	24.3	62	17.2
<i>Liriope minor</i>	15.5	24.3	62	17.2
<i>Liriope zhejiangensis</i>	15.0	24.3	62	17.2
<i>Liriope muscari</i>	13.5	24.3	62	17.2
<i>Ophiopogon jaburan</i> 'Vittatus'	17.8	24.3	62	17.2
<i>Ophiopogon jaburan</i>	16.7	24.3	62	17.2
<i>Ophiopogon planiscapus</i> 'Nigrescens', сем.	16.2	24.3	62	17.2
<i>Ophiopogon chingii</i>	16.0	24.3	62	17.2
<i>Ophiopogon sarmentosus</i>	15.8	24.3	62	17.2
<i>Ophiopogon intermedius</i>	15.6	24.3	62	17.2
<i>Ophiopogon japonicus</i> 'Pusillus', сем.	15.4	24.3	62	17.2
<i>Ophiopogon japonicus</i> for. <i>media</i>	15.1	24.3	62	17.2
<i>Ophiopogon japonicus</i> 'Pusillus', дел.	15.1	24.3	62	17.2
<i>Ophiopogon stenophyllus</i>	13.5	24.3	62	17.2
<i>Ophiopogon japonicus</i>	13.3	24.3	62	17.2
<i>Ophiopogon planiscapus</i> 'Nigrescens', дел.	13.2	24.3	62	17.2
<i>Ophiopogon umbraticola</i>	12.9	24.3	62	17.2
<i>Ophiopogon planiscapus</i>	12.7	24.3	62	17.2

Примечания: сем. – из семян; дел. – деление растения.

Учитывая незначительный объём надземной части коллекционных растений в контейнерах, и, как следствие этого, существенное влияние температуры почвы на температуру поверхности листьев, дальнейшие исследования проводились на густо задернённых опытных делянках, заложенных в 2010 году. Соответствующие замеры на трёх таксонах, наиболее массово и давно культивируемых в регионе, проводились с интервалами в 4 часа (рис. 1–3).

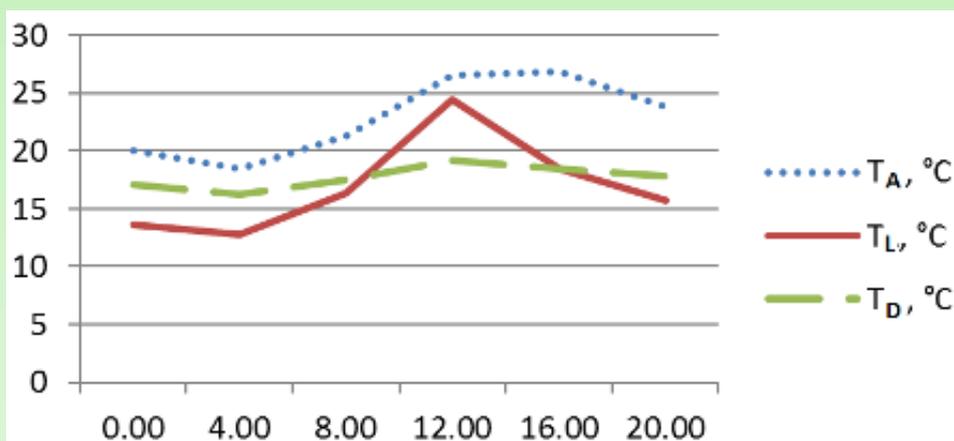


Рис. 1. Суточный ход температурных параметров делянки с *Ophiopogon japonicus*. Сочи, СБСК, 10–11.06.2015 г.

Fig. 1. Diurnal temperature range of the sample plot with *Ophiopogon japonicus*. Sochi SBGK, 10–11.06.2015

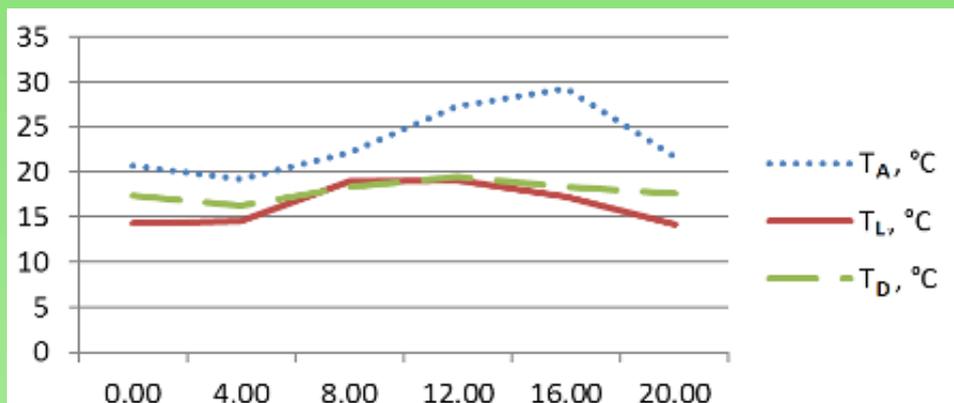


Рис. 2. Суточный ход температурных параметров делянки с *Ophiopogon japonicus* 'Pusillus'. Сочи, СБСК, 10-11.06.2015 г.

Fig. 2. The diurnal variation of temperature parameters of *Ophiopogon japonicus* 'Pusillus' curtain. Sochi, SBGK, 10-11.06.2015

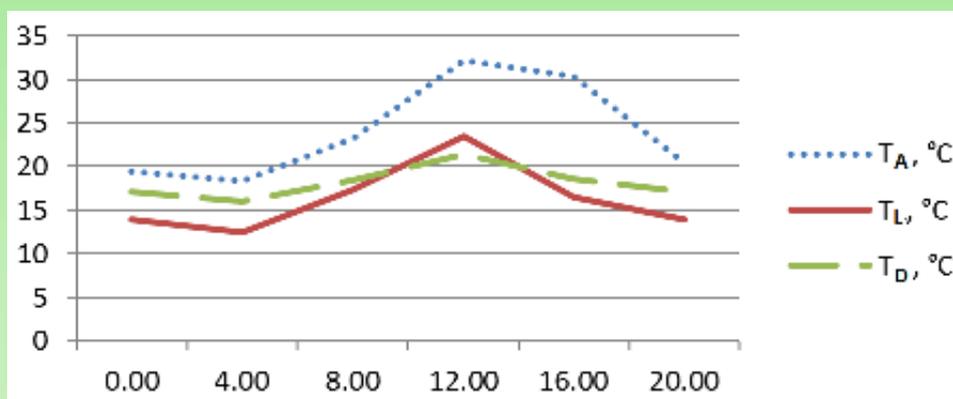


Рис. 3. Суточный ход температурных параметров делянки с *Liriope graminifolia*. Сочи, СБСК, 10-11.06.2015 г.

Fig. 3. Diurnal temperature range of the sample plot with *Liriope graminifolia*. Sochi SBGK, 10-11.06.2015

Для всех выбранных таксонов температура поверхности листьев была существенно ниже температуры воздуха. Максимальный разрыв составлял от 12,7° C (*Liriope graminifolia*) до 10,9° C (*Ophiopogon japonicus*), тогда как минимальный разрыв составил 3,6° C (*Ophiopogon japonicus* 'Pusillus'). Причём максимальные температуры воздуха и поверхности листьев отмечались у *Ophiopogon japonicus* и *Liriope graminifolia* в 12:00 (рис. 1, 3), тогда как у карликовой формы первого вида максимальная температура воздуха была зафиксирована в 16:00, а максимальная температура листьев – утром, в 8:00 (рис. 2). Температура поверхности листьев повышалась выше показателя точки росы ненадолго в дневные часы – более выражено у *Ophiopogon japonicus* и незначительно у его садовой формы (рис. 1-2). Следует отметить, что потенциальная способность к конденсации влаги из атмосферного воздуха на поверхности опытных растений отмечалась, в среднем, 19 часов и была наиболее продолжительной у *Liriope graminifolia* – 20 часов, с 15:00 10.06 до 11:00 11.06.

Результаты проведённых измерений побудили нас проанализировать характер потери влаги этими таксонами в течение светлого и тёмного времени суток, для чего был проведён соответствующий опыт. Двухлетние растения в контейнерах объёмом 1,5 л и такие же контейнеры, заполненные аналогичной почвосмесью, были выставлены на площадке под открытым небом и под густой кроной дерева (*Ficus carica*). Погода была солнечной; средняя ночная температура составляла 22° C, средняя дневная – 26° C. Взвешивания производились на электронных весах в 6:00 и 18:00. Анализ полученных

данных по фактической потере влаги в граммах, в пересчёте на килограмм общего веса, приведён в таблицах 3 и 4.

Таблица 3. Анализ потери влаги контейнерами с растениями. Сочи, СБСК, 11 - 13. 06.2015 г.

Table 3. Analysis of moisture loss for containers with plants. Sochi SBGK, 11 - 13. 06.2015

Наименование растений и их местонахождение	Средняя потеря влаги контейнерами с растениями, в г/кг	Средняя потеря влаги контейнерами с почвосмесью, в г/кг	Разница в потере влаги контейнерами с растениями, в г/кг
<i>Orhiorogon japonicus</i> , на открытом месте	2.80	3.60	-0.80
<i>Orhiorogon japonicus</i> , под кроной дерева	2.63	1.80	+0.83
Среднее значение	2.71	2.70	+0.01
<i>Orhiorogon japonicus</i> 'Pusillus', на открытом месте	2.74	3.60	-0.86
<i>Orhiorogon japonicus</i> 'Pusillus', под кроной дерева	3.40	1.80	+1.60
Среднее значение	3.07	2.70	+0.37
<i>Liriope graminifolia</i> , на открытом месте	4.43	3.60	+0,83
<i>Liriope graminifolia</i> , под кроной дерева	3.03	1.80	+2,0
Среднее значение	3.73	2.70	+1.03

Таблица 4. Анализ потери влаги контейнерами с растениями. Сочи, СБСК, 11-13. 06.2015 г.

Table 4. Analysis of moisture loss for containers with plants. SochiSBGK, 11-13. 06.2015

Наименование растений и их местонахождение	Средняя потеря влаги в дневное время, в г/кг	Средняя потеря влаги в ночное время, в г/кг	Коэффициент потери влаги
Почвосмесь, на открытом месте	18.90	3.60	<5.25>
Почвосмесь, под кроной дерева	8.40	1.80	<4.67>
Среднее значение	13.65	2.70	<5.06>
<i>Orhiorogon japonicus</i> , на открытом месте	18.30	2.80	<6.54>
<i>Orhiorogon japonicus</i> , под кроной дерева	13.10	2.63	<4.98>
Среднее значение	15.70	2.72	<5.77>
<i>Orhiorogon japonicus</i> 'Pusillus', на открытом месте	19.60	2.74	<7.15>
<i>Orhiorogon japonicus</i> 'Pusillus', под кроной дерева	12.60	3.40	<3.70>
Среднее значение	16.10	3.07	<5.24>
<i>Liriope graminifolia</i> , на открытом месте	24.90	4.43	<5.62>
<i>Liriope graminifolia</i> , под кроной дерева	16.00	3.03	<5.28>
Среднее значение	20.45	3.73	<5.48>

Во всех случаях разница в потере влаги контейнерами с растениями по отношению к контейнерам без растений не превышала 2 г на кг, будучи наиболее низкой у *Ophiopogon japonicus* и наиболее высокой у *Liriope graminifolia*. И это притом, что поверхность, с которой испаряется влага, у контейнеров с растениями была значительно больше, соответственно и влаги должно было испариться значительно больше, нежели было зафиксировано. Такое несоответствие можно объяснить только тем, что часть испарившейся влаги компенсировалась за счет конденсации атмосферной влаги на листьях, когда их температура была ниже точки росы. При этом не обязательно, чтобы влага вначале была поглощена листьями, а уже затем испарилась через устьица.

В подтверждение этого может свидетельствовать и то, что в дневное время интенсивность испарения возрастала более, чем в пять раз (табл. 4), тогда как средняя дневная температура была больше средней ночной всего лишь на 4° С. Но в дневное время температура поверхности листьев была либо выше точки росы, либо незначительно ниже и, соответственно, количество влаги, конденсировавшейся на поверхности листьев, было меньше, чем в ночное время.

Заключение

Результаты проведенных исследований позволяют под новым углом зрения взглянуть на терморегуляцию у растений. Существующие представления, что более низкая температура поверхности листьев растений есть следствие интенсивного испарения влаги и способствует, преимущественно, предохранению растений от дневного перегрева (Curtis, 1936), не вполне корректно объясняют это явление. По нашему мнению, терморегуляция растений многофункциональна и одним из ее предназначений может являться самоорошение путем конденсации атмосферной влаги.

Нельзя исключить адаптационное значение конденсации атмосферной влаги на поверхности растений, охлажденной ниже точки росы. Отсюда вытекает значимость понимания данного явления при интродукционных испытаниях растений в несвойственных ему климатических условиях.

Литература

- Коннов Н. А. Офиопогон и Лириопы – перспективные газонные растения // Цветоводство [A Ophiopogon and Liriope - perspective lawn plant // Floriculture]. 2014. № 6. С. 12–14.
- Коннов Н. А., Карпун Ю. Н. Итоги и перспективы интродукции представителей рода *Ophiopogon* Ker Gawler на Черноморское побережье России // Труды Кубанского аграрного университета. [Results and Perspectives of introduction the genus *Ophiopogon* Ker Gawler on the Black Sea coast of Russia // Proceedings of the Kuban Agrarian University] 2014. Вып. 3(48). С. 57–61.
- Прохоров А. А. Активная конденсация воды растениями // Принципы экологии. ПетрГУ. [Active condensation of water by plants // Principles of Ecology] 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. DOI: 10.15393/j4.art.2015.2801.
- Curtis O. F. Leaf temperatures and the cooling of leaves by radiation // Plant Physiol. 1936. Apr; 11(2). P. 343–364.
- 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 Blattertemperaturen, Transpiration und Hitzeresistenz an Pflanzen mediterraner Standorte (Costabrava, Spanien). // Flora. 1963. 153. S. 387–425.

Active condensation of the atmospheric moisture as a self-irrigation mechanism for the ground-covering plants

KARPUN Yuriy	Subtropical Botanical Garden of Cuban, botsad13@mail.ru
KONNOV Nicolay	<i>Federal State Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Horticulture and Subtropical Crops", Russian Academy of Sciences, konnov_n_a@bk.ru</i>
KUVAITSEV Mikhail	<i>Subtropical Botanical Garden of Cuban, sochi-sbgk@mail.ru</i>
PROKHOROV Alexey	<i>Petrozavodsk State University, alpro@onego.ru</i>

Keywords:

drought tolerance, atmospheric moisture, condensation of water, leaves' temperature, ground-covering plants, *Liriope*, *Ophiopogon*, Convallariaceae

Annotation:

Studies conducted at the Subtropical Botanical Garden of Kuban (Utch-Dere, Sochi) pretty much allow to explain the abnormally high drought resistance of *Liriope graminifolia* Lour. and *Ophiopogon japonicus* Ker.-Gawl., plants that naturally grow mostly in sufficient humidity. Quite low temperatures of the leaves' surface allow to effectively condense the atmospheric moisture and to direct it along the leaf blade to the ground. The accumulation of condensation water leads to self-irrigation, a mechanism that ensures survival of plants in case of insufficient natural precipitation in the form of rain or fog. Combined with xeromorphic leaves with a thick cuticle and thick branch roots with fusiform bulb-shaped swellings, allowing to store water, makes the named plants extremely resistant to stress factors such as prolonged summer droughts accompanied by high daytime temperatures.

Цитирование: 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, URL: <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=2802>. DOI: 10.15393/j4.art.2015.2802
Cited as: Karpun Y. N., Konnov N. A., Kuvaitsev M. V., Prokhorov A. A. "Active condensation of the atmospheric moisture as a self-irrigation mechanism for the ground-covering plants" // Hortus bot. 10, (2015): DOI: 10.15393/j4.art.2015.2802