

**УДК 635.925:581.82**

## **ВОДНЫЙ РЕЖИМ РАСТЕНИЙ ПАРКОВЫХ СООБЩЕСТВ ПРИ ФИТОГЕННОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ**

*Коба В. П.<sup>1</sup>, Браилко В. А.<sup>1</sup>, Коренькова О. О.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад –  
Национальный научный центр РАН», Ялта, Республика Крым, Россия*

*<sup>2</sup>Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный  
университет им. В.И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия  
E-mail: kobavp@mail.ru*

Водный режим является одним из факторов, определяющих особенности функционирования и жизненное состояние растений. Наибольшее воздействие на данный показатель оказывают факторы внешней среды. Высокий уровень лабильности водного режима позволяет его использовать как тест-признак изменения общего физиологического состояния растения при различных видах внешнего воздействия. Цель работы – изучение особенностей водного режима декоративных древесно-кустарниковых растений при совместном произрастании в условиях парковых сообществ. Исследования проводили в парках арборетума Никитского ботанического сада. На отдельных куртинах заложено 20 модельных площадок, на которых выделили 20 пар растений различных видов. В зоне пересечения фитогенных полей некоторых декоративных растений выявлены изменения в водном режиме тканей листовых пластинок. У видов, которые при фитогенном взаимодействии проявляли увеличение интенсивности роста листовых пластинок, выявлена стабилизация водного режима и повышение уровня засухоустойчивости. Полученные данные свидетельствуют о реализации синэкологических механизмов стимулирования адаптивных функций декоративных растений, что обеспечивает повышение устойчивости группы при негативном воздействии факторов внешней среды. **Ключевые слова:** водный режим, парковые сообщества, фитогенное взаимодействие, декоративные растения, адаптация, синэкологические группы.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Изучение особенностей роста и развития декоративных растений в условиях парковых сообществ является одним из приоритетных направлений совершенствования методов зеленого строительства, формирования принципов ландшафтного фитодизайна в области оптимизации структуры и состава садово-парковых композиций [1, 2]. Рациональное сочетание растений с позиции их отношения к факторам внешней среды обеспечивает повышение эффективности мероприятий по содержанию зеленых насаждений. Менее очевидной, однако достаточно значимой является проблема синэкологического взаимодействия растений различных видов в условиях искусственно созданных сообществ. В настоящее время в работах многих исследователей дана характеристика аллелопатического влияния корневых выделений растений [3–5]. Специфика синэкологического взаимодействия в сфере надземных структур менее изучена. Крайне ограничена информация о влиянии фитогенного воздействия на

физиологическое состояние растений [6, 7]. Подавление или, наоборот, стимулирование физиологических процессов оказывает непосредственное влияние на рост и развитие растения, его жизненное состояние и уровень устойчивости к действию лимитирующих факторов. В условиях парковых сообществ эти явления во многом определяют эстетическую привлекательность и декоративные свойства растений.

Особенности функционирования и жизненное состояние растений в значительной степени определяются их водным режимом. Данный показатель весьма чувствителен к действию факторов внешней среды, прежде всего термо- и гидрометеофакторам. Высокий уровень лабильности водного режима позволяет его использовать как тест-признак динамики физиологического состояния растения при различных видах внешнего воздействия.

Целью данной работы было изучение особенностей водного режима декоративных древесно-кустарниковых растений при совместном произрастании в условиях парковых сообществ.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Исследования проводили в паровых сообществах арборетума Никитского ботанического сада. На отдельных куртинах было заложено 20 пробных площадок, на которых выделили 20 пар модельных растений различных видов с целью изучения особенностей их фитогенного взаимодействия. При подборе пар растений учитывалась идентичность микроклиматических, эдафических и орографических характеристик условий их произрастания с максимальным исключением механического контакта и взаимного затенения. В 2015 г., используя методы дендрометрии [8], провели изучение размеров листовых пластинок в условиях синэкологического взаимодействия. Измеряли длину и ширину у 30 листовых пластинок в частях кроны модельных растений, расположенных в направлении друг к другу. В качестве контроля выполняли аналогичные измерения на противоположных сторонах крон. По результатам проведенных исследований были выбраны растения, у которых при совместном произрастании наблюдалось изменение размеров листовых пластинок в зоне пересечения их фитогенных полей. С использованием этих видов растений в 2016 г. были проведены исследования особенностей их водного режима при фитогенном взаимодействии. В качестве критериев, характеризующих уровень физиологической реакции на внешнее воздействие, использовали показатели: общую оводненность листьев, определяемую методом термической сушки при 105°C [9]; фракционный состав воды по методу Маринчика–Гусева (1960) [10]; водоудерживающую способность и стойкость к обезвоживанию по методикам Лищука (1991); водный дефицит – по методу Кушниренко (1991) [11, 12].

Отбор образцов вегетативных органов для проведения физиологических исследований осуществлялся в следующие периоды: начало вегетации – 2 декада апреля; оптимальный по характеристикам метеорологических факторов период вегетации – 2 декада июня; максимальное напряжение гидрометеостресса – конец июля. Погодные условия в период проведения исследований анализировали,

используя данные агрометеостанции «Никитский сад». Статистическую обработку количественных результатов наблюдений проводили, применяя методы вариационной статистики [13]. Достоверность различий между вариантами измерений оценивали с помощью t-критерия Стьюдента на 5 %-ном уровне значимости.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка динамики роста вегетативных органов в 2015 г. позволила выявить, что при совместном произрастании в условиях парковых сообществ в зоне пересечения фитогенных полей *Cotoneaster divaricatus* Rend. Et Wils. и *Viburnum tinus* L., *Laurocerasus lusitanica* L. и *Laurus nobilis* L. наблюдалось ингибирование ростовых процессов. В контроле биометрические параметры листьев значительно превосходили опытные варианты. У других пар видов *Viburnum tinus* L. – *Myrtus communis* L. и *Ilex aquifolium* L. – *Sarcococca humilis* Stapf. при фитогенном взаимодействии наблюдалась противоположная реакция изменения длины листовых пластинок (табл. 1).

Таблица 1

#### Биометрия листовых пластинок декоративных растений при совместном произрастании в садово-парковых сообществах

№ пары	Направление взаимодействия растений	Размеры листовой пластинки, мм			
		В зоне влияния фитогенного поля		Контроль	
		Длина	Ширина	Длина	Ширина
1	<i>C. divaricatus</i> > <i>V. tinus</i>	51,9±0,2	25,9±0,9	60,9±1,5	29,1±0,9
	<i>V. tinus</i> > <i>C. divaricatus</i>	21,0±0,7	14,4±0,5	22,8±0,4	15,1±0,3
2	<i>L. nobilis</i> > <i>L. lusitanica</i>	90,7±2,4	40,1±0,8	100,6±1,7	42,5±0,5
	<i>L. lusitanica</i> > <i>L. nobilis</i>	58,0±2,2	28,4±0,8	80,3±2,3	29,4±0,7
3	<i>M. communis</i> > <i>V. tinus</i>	64,7±2,3	29,0±1,1	51,2±0,9	23,6±0,6
	<i>V. tinus</i> > <i>M. communis</i>	37,0±0,7	12,2±1,2	32,8±0,8	11,8±0,2
4	<i>S. humilis</i> > <i>I. aquifolium</i>	86,5±1,2	51,8±1,6	83,4±1,6	44,4±1,5
	<i>I. aquifolium</i> > <i>S. humilis</i>	54,2±1,2	18,3±0,3	53,6±0,7	17,8±0,3

Примечание: в правой части записи видовых названий растений указан объект формирования фитогенного поля, в левой части – объект фитогенного воздействия.

В 2016 г. активизация ростовых процессов листьев первой генерации изучаемых растений началась в середине февраля – марте. На начальных этапах

вегетации сформировавшиеся листья имели высокий уровень оводненности – 60–90 % (рис. 1А).

При этом достоверные различия опыта и контроля обнаружены только в паре № 1, когда при действии фитогенного поля *C. divaricatus* у листьев *V. tinus* наблюдалось повышение общего содержания воды. Оценка фракционного распределения свободной и связанной воды также выявила более высокую способность осмотически связывать воду *V. tinus* (46 %) в зоне воздействия фитогенного поля.

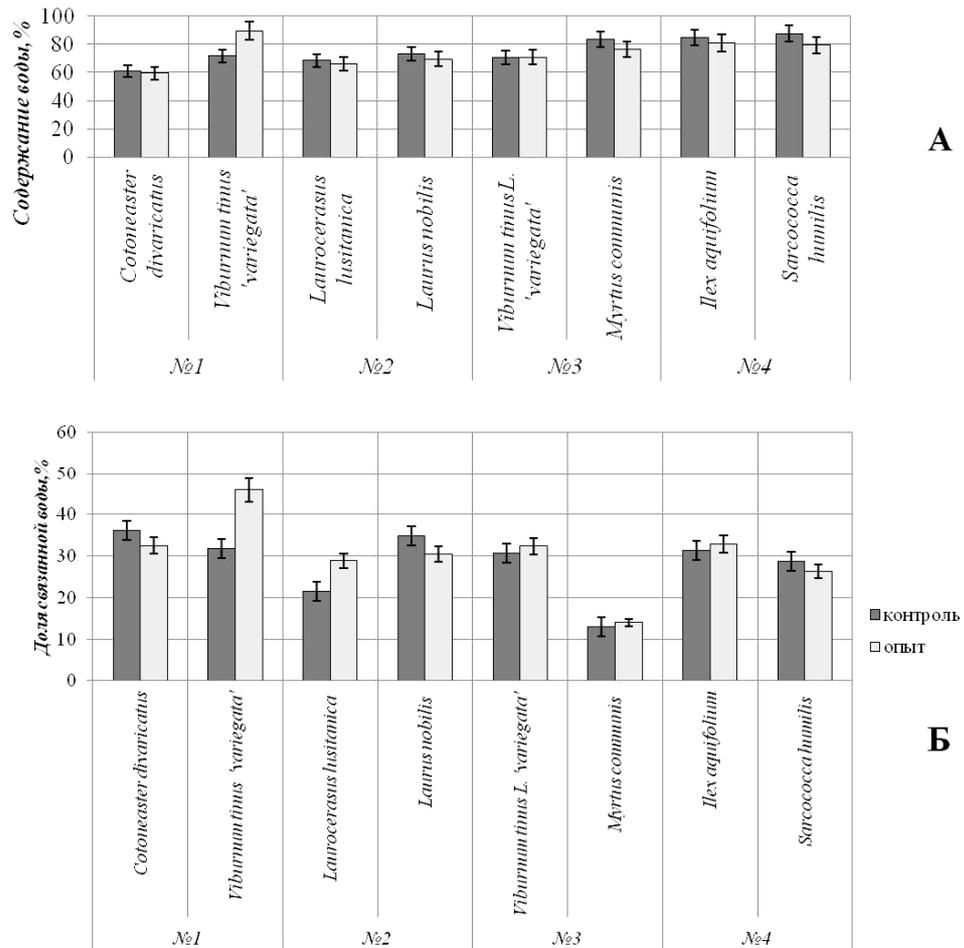


Рис. 1. Общая оводненность листьев растений (А) и фракционный состав воды в листьях объектов в зоне фитогенного влияния в начале вегетации (Б)

Взаимовлияние растений в паре *V. tinus* и *M. communis* не имеет четко выраженных различий контроля и опыта по определяемому физиологическому

параметру и изменяется в пределах 30–33 % от общего содержания воды. Высокий уровень водоудерживающей способности тканей в этот период наблюдался у *C. divaricatus*, *L. nobilis*, *I. aquifolium* и *S. humilis* благодаря значительной фракции связанной воды (Рис. 1Б).

Отбор проб в наиболее благоприятный в условиях Южного берега Крыма (ЮБК) период вегетации (первая половина июня) в 2016 г. происходил при следующих показателях метеорологических факторов: среднесуточная температура воздуха изменялась в пределах 17,8–25,7 °С, относительная влажность воздуха – 66–71 %, при этом сумма атмосферных осадков составила 26,3 мм. Динамика элементов водного режима представлена на рисунке 2.

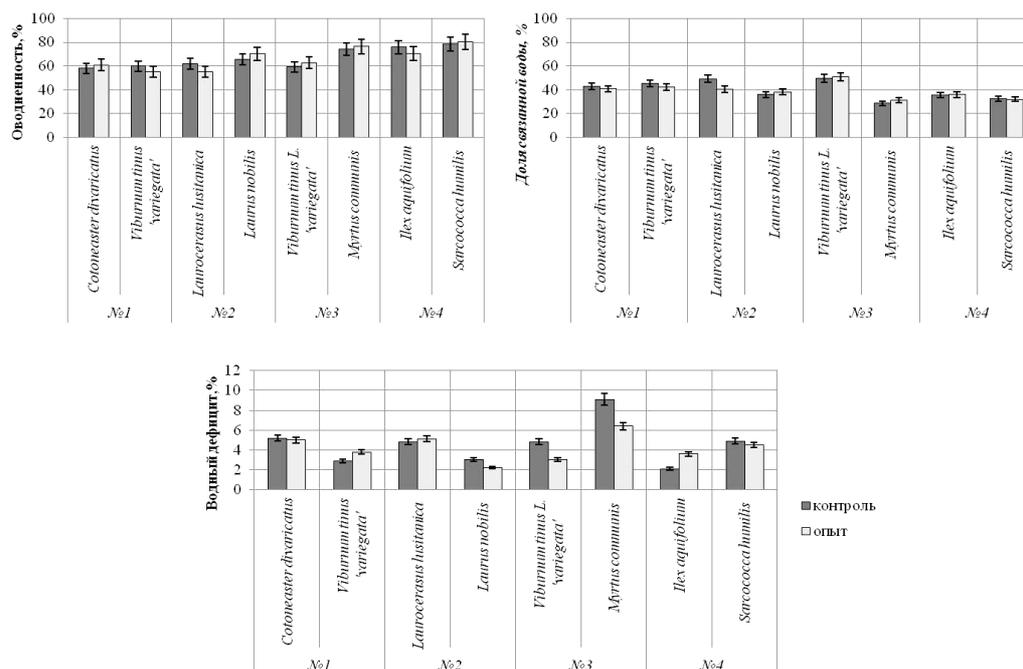


Рис. 2. Показатели водного режима изучаемых растений в оптимальный период вегетации

Общее содержание воды в тканях листьев в целом в этот период было ниже, чем в начале вегетации, фракция связанной воды возросла на 10–12 %. Реальный водный дефицит не превысил 10 %, максимум наблюдался в контрольном варианте у *M. communis*.

Полученные данные свидетельствуют об интенсивном формировании структурных и метаболических приспособлений к аридным условиям культивирования. Достоверная разница по параметрам водного режима отмечена в паре *L. nobilis* и *L. lusitanica*. У *L. nobilis* по общей оводненности; более высокий

уровень содержания воды сопровождался ростом фракции, осмотически связанной, и, как следствие, снижением водного дефицита. В паре *V. tinus* и *M. communis* у обоих видов наблюдается аналогичная тенденция с более высоким уровнем динамики у *V. tinus*.

Третий этап отбора проб был проведен во второй декаде июля, которая в условиях ЮБК характеризуется как наиболее пессимальный период вегетационного цикла. В 2016 г. с 10 по 20 июля среднесуточная температура изменялась в пределах 22,8–23,1 °С, средние показатели относительной влажности воздуха – 54–56 %, минимальные – 35–39 %. При этом в течение 18 предшествующих дней атмосферных осадков не было. В этих условиях оводненность листьев снизилась на 2–13 % по сравнению с показателями оптимального периода, в наибольшей степени это отмечалось у *M. communis* – как в контроле, так и в опыте. Достоверных различий по общему содержанию воды в опытном и контрольном варианте не выявлено (рис. 3). Наиболее высокий уровень оводненности в этот период отмечен у листьев пары *S. humilis* и *I. aquifolium*.

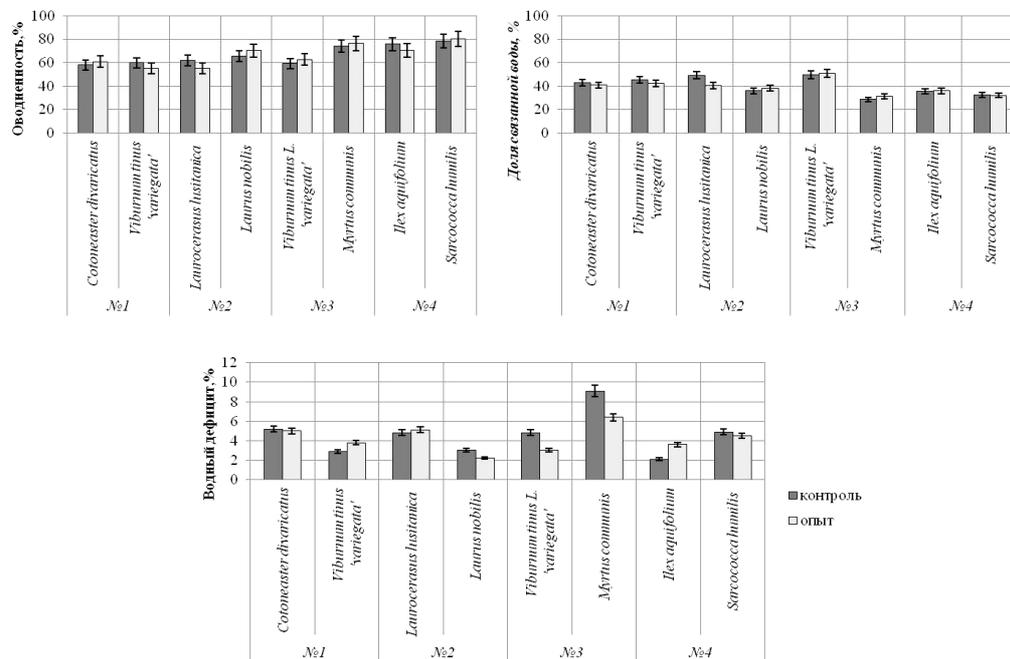


Рис. 3. Водный режим листьев исследуемых растений в экстремальный период вегетации

Фракция связанной воды в период напряжения гидростресса увеличилась на 12–20 %, что свидетельствует о реализации механизмов синтеза низкомолекулярных веществ (осморегуляторов и биологически активных антиоксидантов), способствующих увеличению сосущей силы и возрастанию водоудерживающей способности тканей листа.

Достоверные различия увеличения фракции связанной воды в опыте по сравнению с контролем обнаружены в паре № 2 у *L. lusitanica* и паре № 3 у *M. communis* и *V. tinus*. Водный дефицит возрос до 7–35 %. Максимального уровня он достигает у *M. communis*.

Вариабельность показателей оводненности, по мнению ряда исследователей [14–16], является одним из маркеров засухоустойчивости растений. В таблице 2 представлены коэффициенты вариации общего содержания воды в вегетационной динамике.

По величине варьирования показателя общего содержания воды (V, %) изученные виды растений можно распределить на 3 группы:

- со стабильным уровнем оводненности (V<10 %) – *C. divaricatus*, *V. tinus*, *I. aquifolium* и *S. humilis*;
- лабильным уровнем оводненности (V=10–20 %) – *L. lusitanica*, *L. nobilis* и *M. communis*;
- высоколабильным уровнем общего содержания воды (V>20 %) – *V. tinus* в опытном варианте пары № 3.

Таблица 2

Вариабельность параметров водного режима синэкологических групп

№ пары	Виды, формы	Оводненность листьев в вегетационной динамике, % (M)								Коэффициент вариации фракции связанной воды, %	
		Контроль				Опыт				Контроль	Опыт
		IV	VI	VII	V, %	IV	VI	VII	V, %		
1	<i>C. divaricatus</i>	60,9	58,1	56,3	3,9	59,5	60,9	59,2	1,5	27,5	34,5
	<i>V. tinus</i>	71,6	59,8	64,8	9,0	89,5	55,1	62,2	26,4	23,3	6,5
2	<i>L. lusitanica</i>	68,5	61,9	53,4	12,3	65,9	55,2	54,0	11,2	53,4	49,9
	<i>L. nobilis</i>	73,2	65,5	56,7	12,6	69,4	70,2	58,7	9,7	38,2	46,5
3	<i>V. tinus</i>	70,4	59,2	62,4	9,1	70,7	62,8	61,6	7,6	30,6	31,0
	<i>M. communis</i>	83,3	74,1	61,8	14,8	76,2	76,5	63,0	10,7	78,8	79,1
4	<i>I. aquifolium</i>	84,8	75,9	71,1	9,0	80,9	70,5	72,5	7,4	14,9	11,0
	<i>S. humilis</i>	87,5	78,4	75,1	8,0	79,3	80,1	78,7	0,9	33,4	35,3

В целом, проведенные исследования указывают на более стабильный водный режим опытных вариантов по сравнению с контролем (за исключением *V. tinus* в паре № 1). По показателю динамики фракции связанной воды можно выделить *I. aquifolium*, у которого как в начале вегетации, так и во время действия

максимального напряжения гидрометеофакторов летнего периода, вариабельность не превысила 15 %. На рисунках 4 и 5 графически показана вегетационная динамика фракционного состава воды двух контрастных видов изучаемых групп: *I. aquifolium* и *M. communis*.



Рис. 4. Вегетационная динамика изменения фракционного состава воды *I. aquifolium* (1 – доля связанной воды, 2 – доля свободной воды)

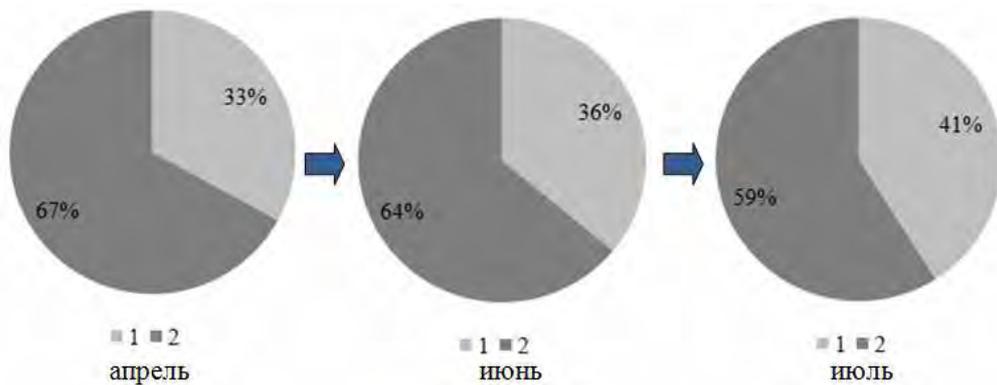


Рис. 5. Вегетационная динамика изменения фракционного состава воды *M. communis* (1 – доля связанной воды, 2 – доля свободной воды)

Таким образом, можно предположить, что изучаемые виды растений характеризуются ксероморфными признаками как в морфологической структуре, так и в метаболизме. В вегетационном цикле происходит постепенное снижение оводненности листьев с увеличением доли осмотически связанной воды. В целом ткани листовой пластинки отличаются высокой водоудерживающей способностью и относительно незначительными показателями реального водного дефицита (до

20 %). На всех этапах вегетации в рассмотренных синэкологических группах отмечена тенденция изменения водного режима тканей листовых пластинок растений различных видов при совместном произрастании в условиях парковых сообществ. Выявлено увеличение засухоустойчивости в парах растений, которые характеризовались интенсификацией роста листовых пластинок при фитогенном взаимодействии. Это позволяет предположить наличие синэкологических механизмов стимулирования адаптивных функций растений различных видов в зоне действия их фитогенных полей, что в конечном итоге обеспечивает повышение устойчивости группы при негативном воздействии факторов внешней среды.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные свидетельствуют об интенсивном формировании структурных и метаболических приспособлений к аридным условиям культивирования декоративных растений садово-парковых сообществ. Достоверная разница по параметрам водного режима отмечена в паре *L. nobilis* и *L. lusitanica*. У *L. nobilis* по общей оводненности более высокий уровень содержания воды сопровождается ростом фракции, осмотически связанной, и, как следствие, снижением водного дефицита. Установлено, что в зоне пересечения фитогенных полей наблюдается стабилизация уровня водного режима взаимодействующих растений. У видов, которые при фитогенном взаимодействии проявляли увеличение интенсивности роста листовых пластинок, выявлено повышение уровня засухоустойчивости. Синэкологические механизмы оптимизации водного режима улучшают адаптивные функции растений различных видов в зоне действия их фитогенных полей, что обеспечивает повышение устойчивости группы при негативном воздействии факторов внешней среды.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 15-29-02596*

### Список литературы

1. Рунова Е. М. Оценка типов садово-парковых насаждений и оптимизация пространственной структуры озелененных территорий г. Братска / Рунова Е. М., Гнаткович П. С. // XIV Международная научно-техническая конференция «Лес-2014» (1 мая – 1 июня 2014, г. Брянск). – Брянск, 2014. – С. 164–167.
2. Мурачева Л. С. Оптимизация пространственной структуры парковых экосистем / Мурачева Л. С., Бедарева О. М. // Лесной комплекс: состояние и перспективы развития. Сборник научных трудов по итогам междунар. науч.-технич. конференции. Выпуск 23. – Брянск: БГИТА, 2009. – С. 185–188.
3. Спелых В. В. Антимикробные и ионизирующие свойства древесной растительности под влиянием абиотических факторов: автореф. дисс. на соиск. ученой степени канд. биол. наук / Спелых В. В. – СПб.: 2010. – 39 с.
4. Василенко Н. А. Самоорганизация древесных ценозов / Василенко Н. А. – Владивосток: Дальнаука, 2008. – 171 с.
5. Паркина И. Н. Особенности биологической активности почвы в фитогенном поле березы повислой / Паркина И. Н. // Вестник СамГУ – Естественнонаучная серия. – 2006. – № 7 (47). – С. 148–152.

6. Горелов А. М. Роль фитогенного поля в формировании пространственных структур древесного растения / Горелов А. М. // *Modern Phytomorphology*. – 2012. – Т. 1. – С. 137–141.
7. Ипатов В. С. Классификация отношений между растениями в сообществах / Ипатов В. С., Кирикова Л. А. // *Бот. журн.* – 2000. – № 7. – С. 92–100.
8. Молчанов А. А. Методика изучения прироста древесных растений / Молчанов А. А., Смирнов В. В. – М.: Наука, 1967. – 100 с.
9. Генкель П. А. Методические указания по диагностике засухоустойчивости культурных растений / Генкель П. А. – М., 1968. – 24 с.
10. Лищук А. И. Методика определения водоудерживающей способности к обезвоживанию листьев плодовых культур / Лищук А. И. // *Физиологические и биофизические методы в селекции плодовых культур: методические рекомендации*. – М., 1991. – С. 33–36.
11. Кушниренко М. Д. Физиология водообмена и засухоустойчивости растений / Кушниренко М. Д., Печерская С. Н. – Кишинев: Штиинца, 1991. – 305 с.
12. Кушнеренко М. Д. Адаптация растений к экстремальным факторам увлажнения / Кушнеренко М. Д. – Кишинев: Штиинца, 1984. – 56 с.
13. Лакин Г. Ф. Биометрия / Лакин Г. Ф. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
14. Effect of pinolene, paclobutrazol and water stress on ornamental shrubs / Rizzitelli S. [et al.] // *Colture Protette*. – 2000. – V. 29. – No 10. – P. 81–89.
15. Sack L. The combined impacts of deep shade and drought on drowth and biomass allocation of shade-tolerant woody seedlings / Sack L., Grubb P. J. // *Oecologia (Ecophysiology)* (2002) 131: 175-185. DOI 10.1007/s 00442-002-0873-0.
16. Chunrong C. Responses of moisture parameters of six landscape shrub species in northern China to drought stress / Chunrong C., LiHua M., Liqiang M. // *Journal of Northeast Forestry University*. – 2010. – V. 38. – No 2. – P. 6–8.

## **WATER REGIME OF THE PLANTS OF THE PARK COMMUNITY IN PHYTOGENIC INTERACTION**

***Koba V. P.<sup>1</sup>, Brailko V. A.<sup>1</sup>, Korenkova O. O.<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>*Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific Centre, Yalta, Republic of Crimea, Russia.*

<sup>2</sup>*V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation*

*E-mail: kobavp@mail.ru*

The article is devoted to the study of the water regime of decorative plants that are part of the park communities of the Southern coast of Crimea, with their phytogenic interaction. The water regime is one of the factors determining the features of the functioning and vital state of plants. The greatest impact on this indicator is provided by environmental factors. The high level of lability of the water regime allows it to be used as a test-sign of the change in the general physiological state of the plant under various types of external influence. The urgency of the study is determined by the fact that, a rational combination of plants from the position of their attitude to environmental factors provides an increase in the effectiveness of measures to maintain green spaces. Less obvious, however, quite significant is the problem of synecological interaction of plants of different species in conditions of artificially created communities. The study was carried out with the purpose of studying the features of the water regime of ornamental tree and shrub plants under joint growth in the conditions of park communities. Studies were carried out in the steam communities of the Arboretum Nikitsky Botanical Garden. On the separate courtesans 20 model sites were laid, on which 20 pairs of plants of various types were

identified. As a result of research, in the zone of intersection of phytogenic fields of a number of decorative plants, a certain level of mutual influence of plants of individual species on the water regime of the tissues of the leaf blade was revealed. Thus, in plants that showed an increase in the intensity of growth of leaf blades, an increase in the level of drought resistance was revealed. The obtained data can testify to the effect of synecological mechanisms of stimulation of adaptive functions of decorative plants in the zone of influence of their phytogenic fields, which ultimately ensures an increase in the group's stability under the negative influence of environmental factors.

**Keywords:** water regime, park communities, phytogenic interaction, decorative plants, adaptation, synecological groups.

### References

1. Runova E. M., Gnatkovich P. S. Estimation of types of garden and park plantings and optimization of the spatial structure of greenery in Bratsk. *XIV Mezhdunarodnaja nauchno-tehnicheskaja konferencija "Les-2014"* [XIV International Scientific and Technical Conference "Forest -2014"], 164 (Bryansk, 2014) (In Russian)
2. Muracheva L. S., Bedareva O. M. Optimization of spatial structure of park ecosystems. *Lesnoj kompleks: sostojanie i perspektivy razvitija*. [Forest complex: state and prospects of development], **23**, 185 (Bryansk, 2009) (In Russian)
3. Splekh V. V. Antimicrobial and ionizing properties of woody vegetation under the influence of abiotic factors. *Extended Abstract of Cand. Biol. Sci. Diss.*, 39 (St. Petersburg, 2010) (In Russian)
4. Vasilenko N. A. *Self-organization of tree cenoses*, 171 (Vladivostok, Dal'nauka, 2008). (In Russian)
5. Parkina I. N. Peculiarities of soil biological activity in the phytogenous field of birch poviloi, *Vestnik SamGU – Estestvennonauchnaja serija*, **7 (47)**, 148 (2006) (In Russian)
6. Gorelov A. M. The role of the phytogenic field in the formation of spatial structures of a tree plant. *Modern Phytomorphology*, **1**, 137 (2012).
7. Ipatov V. S., Kirikova L. A. Classification of relations between plants in communities. *Bot. Journal*, **7**, 92 (2000) (In Russian)
8. Molchanov A. A., Smirnov V. V. *Methods of studying the growth of woody plants*, 100 (Moscow, Nauka, 1967) (In Russian)
9. Genkel P. A. *Methodical instructions for the diagnosis of drought tolerance of cultivated plants*, 24 (Moscow, 1968). (In Russian)
10. Lishchuk A. I. A technique for determining the water retention capacity for dehydration of fruit leaves. *Fiziologicheskie i biofizicheskie metody v selekcii plodovyh kul'tur*, 33 (1991) (In Russian)
11. Kushnirenko M. D., Pecherskaya S. N. Physiology of water exchange and drought tolerance of plants. *Chisinau, Shtiinca*, 305 (1991) (In Russian)
12. Kushnirenko M. D. Adaptation of plants to extreme moisture factors. *Chisinau: Shtiinca*, 56 (1984) (In Russian)
13. Lakin G. F. *Biometrics*, 352 (Moscow, Vysshaja shkola, 1990).
14. Rizzitelli S. et al. Effect of pinolene, paclobutrazol and water stress on ornamental shrubs, *Colture Protette*, 29, **10**, 81 (2000).
15. Sack L., Grubb P. J. The combined impacts of deep shade and drought on drowth and biomass allocation of shade-tolerant woody seedlings, *Oecologia (Ecophysiology)* (2002) 131: 175-185. DOI 10.1007/s00442-002-0873-0.
16. Chunrong C., LiHua M., Liqiang M. Responses of moisture parameters of six landscape shrub species in northern China to drought stress, *Journal of Northeast Forestry University*, **38, 2**, 6 (2010)