

**ВОЗДЕЙСТВИЕ ОРОШЕНИЯ В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ
НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ (МЕЛЬБУРН, АВСТРАЛИЯ)**
Environmental impact of irrigation in the Botanical Garden (Melbourne, Australia)

Л. А. Ягудина, магистрант

И. А. Старицына, кандидат геолого-минералогических наук, доцент
Уральский государственный аграрный университет
(Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42)

Рецензент: Н. В. Вашукевич, кандидат биологических наук, доцент

Аннотация

Проведен научный обзор статей, в которых изучается охлаждающий эффект во время аномальной жары при орошении в ботанических садах. Исследования показали, что охлаждающий эффект орошения усиливается в период аномальной жары по сравнению с периодом без аномальной жары в ботанических садах Мельбурна. Анализ опыта орошения с засушливым тропическим или субтропическим климатом будет актуален в других ботанических садах.

Ключевые слова: орошение, охлаждающий эффект, исследование, аномальная жара, микромасштаб, полив, ботанический сад.

Summary

A scientific review of articles that study the cooling effect during abnormal heat during irrigation in botanical gardens has been conducted. Studies have shown that the cooling effect of irrigation increases during the heat wave compared to the period without the heat wave in the botanical gardens of Melbourne. The analysis of irrigation experience with arid tropical or subtropical climate will be relevant in other botanical gardens.

Keywords: irrigation, cooling effect, research, abnormal heat, micro-scale, irrigation, botanical garden.

Ботанические сады – уникальные структуры, в которых успешно сочетаются как научные, так и образовательные цели. В далеком прошлом растения культивировались в приусадебных плодово-ягодных и декоративных садах, позже аптекарских огородах при монастырях. Современные ботанические сады – широко распространенные в мире научно-исследовательские учреждения. Непрерывно совершенствуясь в своем развитии, они становятся центрами ботанической науки и ландшафтного искусства. В настоящее время в мире насчитывается свыше 3,5 тыс. ботанических садов и дендрологических парков. Многие государства и крупные города стремятся иметь ботанические сады как природоохранные и рекреационные учреждения [1, 2].

Королевские ботанические сады Мельбурна — всемирно известные ботанические сады, расположенные недалеко от центра Мельбурна, в штате Виктория, на южном берегу реки Ярр. Одна территория находится в городе Мельбурн, вторая расположена в пригороде Мельбурна – Кранборн [4, 5].

Основанный в 1846 году лейтенант-губернатором Чарльзом Ла Тробом, Королевский ботанический сад Мельбурна представляет собой городской заповедник площадью 94 акра, состоящий из почти 50 000 отдельных растений, представляющих более 8500 местных и экзотических видов. То, что когда-то было болотом, превратилось в обширный оазис, включающий 11

живописных газонов, декоративное озеро, детский сад, два ресторана, прогулочную дорожку и 31 коллекцию растений [5, 6].

Сегодня посетители ботанического сада Мельбурна могут исследовать красивые редкие виды, такие как Агава американская (вековое растение), *Euphorbia characias* ssp *wulfenii* 'Tasmanian Tiger' (Тигровый молочай) и *Yucca filamentosa* 'Color Guard' (Игла Адама), *Acacia melanoxylon* (Акация черного дерева). Эти австралийские растения хорошо адаптировались к местной среде, предоставляя источники пищи для птиц и других диких животных, а также помогая защитить пляжи от эрозии благодаря своей глубокой корневой системе, которая может достигать двух метров ниже уровня земли. Разнообразие растений дает увидеть потрясающие места, открывая на каждом углу всегда что-то новое [5, 6].

Австралия расположена в тропиках и субтропиках, поэтому здесь очень засушливый климат. В городе Мельбурн выпадает меньше 300 мм осадков в год. Часты продолжительные засухи, когда в течение нескольких месяцев не выпадает ни капли дождя. Такие изменения климата вынуждают ученых проводить природоохранные исследования и действия для сохранения уникальных коллекций растений. Для городов, которые часто сталкиваются с засухой, понимание взаимосвязи между использованием оросительной воды и количеством охлаждения становится особенно важным для градостроителей и менеджеров садоводства. Снижение температуры воздуха в ночное время за счет орошения городских зеленых насаждений может уменьшить тепловой стресс в городах. В немногих наблюдательных исследованиях сравнивались различия в охлаждающем эффекте орошения в микромасштабе между условиями с высокой температурой и без нее [6, 7].

Учеными из Австралии была затронута проблема орошения в Мельбурнском ботаническом саду, чтобы изучить охлаждающий эффект во время аномальной жары при орошении. Для сравнения были выбраны два ботанических сада в Мельбурне, входящих в состав Королевских ботанических садов Виктории.

Автоматические метеостанции, которые были установлены в Мельбурне, записывали средние данные температуры каждые 10 мин на высоте примерно 1,5 м на различных садовых участках. Для анализа были использованы среднечасовые температурные данные. Коэффициента избыточного тепла (КВЧ) был выбран в качестве показателя волны тепла в исследовании. Потребности в орошении были определены на основе исторически орошаемых насаждений и впоследствии скорректированы с помощью адаптивного процесса управления с использованием наилучших доступных методов планирования орошения и экспертных оценок [9].

Коэффициенты обзора неба (SVF) были рассчитаны для понимания структуры растительного покрова на каждом участке с точки зрения затенения. SVF относится к «количеству неба, которое можно увидеть из данной точки», в диапазоне от 0 (полностью закрыто) до 1 (полностью видно) [9].

Разница в температурах между орошаемым и неорошаемым участком (T_{dif}) была измерена как в Мельбурнских садах, так и в Крэнборнских садах. $T_{dif} = T_i - T_n$ (1), где T_i - температура воздуха на орошаемом участке, а T_n - температура воздуха на неорошаемом участке. Эта разница в температурах (T_{dif}) была стратифицирована на дни без орошения в период без тепловых волн и дни орошения в период тепловых волн. Был проведен дальнейший анализ, чтобы выяснить, был ли средний T_{dif} больше в дни орошения во время волн тепла [9].

График полива немного отличался для Мельбурнских садов (с 8 вечера сегодня до 7 утра следующего дня) и Крэнборнских садов (с 6 вечера сегодня до 7 утра следующего дня). Изучалось среднее значение T_{dif} в дневное время после окончания полива, чтобы понять, был ли

остаточный эффект охлаждения после ночных поливов. При каждом поливе в садах Мельбурна количество воды составляло 23,5 мм для Дубовой лужайки и Западной лужайки, и 25 мм для центральной лужайки, ворот, чайной комнаты на террасе и Серого сада. Для садов Крэнборна количество полива во время полива составило 25 мм для всех участков, за исключением Лесного сада (10 мм). Дни орошения с выпадением осадков были исключены из анализа, чтобы убедиться, что осадки не были смешивающим фактором [9].

Для того чтобы понять потребности в орошении различных участков, сады Мельбурна и Крэнборна рассчитали ландшафтный коэффициент для целей планирования. Ландшафтный коэффициент (KL) - это единый термин, который учитывает все факторы, которые могут влиять на потребности группы растений в воде, включая виды, плотность и факторы микроклимата. Чем выше KL, тем большее количество воды будет использовано для орошения в этой области [9].

Поскольку исследование проводилось в крупном ботаническом саду, не было возможности контролировать все переменные. Результаты исследования были ограничены двумя факторами. Во-первых, на орошаемых участках могут быть другие насаждения и почвенные условия по сравнению с неорошаемыми участками. Во-вторых, различные участки имеют разные потребности в посадке и, возможно, разные схемы орошения. Эти несоответствия могут быть связаны с различиями в схемах орошения и параметрах ландшафта между участками исследования, такими как коэффициент обзора неба, почвенные условия, почвенный покров и типы посадок [9].

Исследование австралийских ученых показало, что охлаждающий эффект орошения усиливается в период аномальной жары по сравнению с периодом без аномальной жары в обоих ботанических садах Мельбурна. Согласно классификации факторов избыточного тепла, в течение всего периода исследования наблюдалась одна сильная и одна экстремальная волна жары. На некоторых садовых участках ночной полив ассоциируется с охлаждением на 0,5 °C – 1 °C в условиях без сильной жары. Однако охлаждение, связанное с ночным поливом, по-видимому, сильнее (2 °C - 4 °C) в условиях сильной жары. Величина и сроки этого охлаждающего эффекта орошения различаются для разных садовых участков, возможно, из-за различий в характеристиках ландшафта. Ночной полив связан с большим охлаждением в садах Мельбурна, где смесь австралийских и экзотических видов растений, по сравнению с садами Крэнборна с преобладающей местной растительностью. В Мельбурнских садах, по-видимому, ночной полив газонов может обеспечить больший эффект охлаждения во время волн жары (до 3 °C - 4 °C). Другие места в садах Мельбурна имеют гораздо меньшую эффективность охлаждения при орошении (~ 1 °C). В Крэнборнских садах наблюдался остаточный эффект охлаждения от 1 °C до 2 °C на двух участках во время сильной жары, которая продолжалась более шести часов после окончания полива. В результате некоторое значительное похолодание в микромасштабе наблюдается в орошаемом ландшафте Мельбурна, который имеет умеренный субтропический климат с периодическими волнами жары. Более того, охлаждающий эффект орошения в садах Мельбурна усиливается во время сильной жары [9, 10].

Данные результаты могут послужить основой для планирования преемственности ландшафтов на территориях с засушливым тропическим или субтропическим климатом. Орошение актуально на территориях ботанических садов: Никитский ботанический сад в Крыму, Центральный ботанический сад Национальной академии наук Азербайджана, Ботанический сад Батуми, Тбилиском ботанический сад, Ботанический сад Буэнос-Айреса (Аргентина), Ботанический сад Ланкастер (Коста-Рика) [3, 8].

Библиографический список

1. Васильева О. Ю., Зуева Г. А., Буглова Л. В., Сарлаева И.Я., Ан-Лама Т.А., Лезин М. С., Цыганкова А. С., Черемисина А. В. Роль биоморфологических исследований при интродукции хозяйственно полезных растений в условиях континентального климата // Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН. 2017. № 18. С. 73-79.
2. Вронская О. О., Роднова Т. В. Интродукция редких и исчезающих видов в Кузбасском ботаническом саду // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2019. № 18. С. 566-569. DOI 10.14258/pbssm.2019119.
3. Горелов М. В. Особенности архитектурно-планировочного решения пространства Никитского ботанического сада // Научный форум: филология, искусствоведение и культурология: сборник статей по материалам XXXV международной научно-практической конференции М.: Международный центр науки и образования. Т. 4 (35), 2020. С. 28-43.
4. Лезин М. С., Симагин В. С. Интродукция *Prunus pumila* L. в условиях лесостепи Зауралья // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2017. Т. 47. № 1 (254). С. 50-55.
5. Лезин М. С., Асбаганов С. В. Морфологический и генетический полиморфизм интродукционной популяции *Prunus pumila* L. в Челябинской области // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. Т. 182. № 1. С. 142-152. DOI 10.30901/2227-8834-2021-1-142-152.
6. Лепешкина, Л. А., Воронин А. А. Устойчивость аборигенных растений в лесостепных ботанических садах // Известия Воронежского отделения Русского ботанического общества: материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 100-летию Воронежского отделения Русского ботанического общества (1921-2021), Воронеж, 15–17 ноября 2021 года. Вып. 8. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2021. С. 89-93.
7. Старицына И. А., Старицына Н. А. Симбиоз мегаполиса и Ботанического сада на примере г. Екатеринбурга // Келлеровские чтения: материалы Национальной (с международным участием) научно-практической конференции, посвященной 145-летию со дня рождения академика, заслуженного деятеля науки РФ Б. А. Келлера и 130-летию со дня рождения профессора Б. М. Козо-Полянского, Воронеж, 28–29 апреля 2020 года. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2020. С. 20-25.
8. Цюпка С. Ю., Шоферистов В. П. Засухоустойчивость сортов и форм нектарина интродукции Никитского ботанического сада // Плодоводство и ягодоводство России. 2019. № 57. С. 134-139.
9. Lam C. K. C., Gallant A. J. E., Tapper N. J. Does irrigation cooling effect intensify during heatwaves? A case study in the Melbourne botanic gardens // Urban Forestry & Urban Greening. 2020. Vol. 55. Does irrigation cooling effect intensify during heatwaves? P. 126815.
10. Thomas G., Sucher R., Wyatt A., Jiménez I. Ex situ species conservation: Predicting plant survival in botanic gardens based on climatic provenance // Biological Conservation. 2022. Vol. 265. Ex situ species conservation. P. 109410.