

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата биологических наук Ковалева Максима Сергеевича
на тему: «Эколо-физиологические механизмы адаптации
вечнозеленых лиственных древесных растений при интродукции
в условиях Южного берега Крыма»
по специальности 1.5.15 - Экология (биологические науки)

Актуальность. Ведущая роль в оптимизации городской среды принадлежит древесным насаждениям, поскольку территории с древесной растительностью характеризуются наиболее значимым числом реализуемых услуг. Парки и городские насаждения являются важной частью городского ландшафта. К основным функциям парковых деревьев, имеющих существенные последствия для качества окружающей среды и здоровья человека, относятся: эстетическая; влияние на температуру воздуха в парках и вблизи них; влияние на концентрацию загрязняющих воздух веществ, количество ультрафиолетового излучения, уровень углекислого газа в атмосфере.

В южных регионах при озеленении городов особое значение имеют вечнозеленые лиственные древесные растения. В связи с глобальными изменениями климата (потепление и аридизация), одним из важнейших свойств растений является устойчивость при экологическом стрессе, которая обеспечивается их способностью адаптироваться к изменяющимся условиям внешней среды. Вследствие этого, исследование эколого-физиологических характеристик вечнозеленых лиственных древесных интродуцентов (*Nerium oleander* L., *Aucuba japonica* Thunb., *Laurus nobilis* L., *Prunus laurocerasus* L., *Viburnum tinus*), отражающих процесс их адаптации к воздействию экстремальных факторов внешней среды, является актуальным.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Целью работы являлось определение значимых эколого-физиологических параметров, функционально связанных с реализацией адаптивных механизмов у лиственных вечнозеленых интродуцентов при действии абиотических стрессоров в вегетационный период для оптимизации эффективности их использования при создании комфортной среды жизнедеятельности человека. Были поставлены задачи, решение которых позволило автору успешно достичь заявленной цели диссертационной работы. Выводы диссертации достоверны, логично вытекают из экспериментальных данных и отражают основные моменты диссертации.

Все экспериментальные исследования проведены с помощью современного оборудования и общепринимемых методов. Статистическая обработка данных выполнена общепринятыми методами при уровне значимости $p \leq 0,05$.

Научная новизна. Впервые в условиях климатических изменений выявлены эколого-физиологические характеристики пяти вечнозеленых лиственных интродуцентов, используемых в озеленении на Южном береге Крыма. Выявлены особенности сезонной динамики основных параметров углекислотного газообмена и водного режима растений. Для ассимиляции CO₂ определены оптимальные и пороговые значения факторов внешней среды. Установлены типы стратегий регуляции водного баланса у изученных видов растений. Даны оценка суточного чистого поглощения углекислого газа листьями интродуцентов при разных показателях почвенного увлажнения. Построены модели множественной нелинейной регрессии для расчета суммарного за сутки чистого поглощения CO₂ листьями растений как функции факторов внешней среды.

Практическая значимость. Выявленные оптимальные и пороговые значения температуры, освещенности и условий увлажнения, ограничивающие рост и развитие вечнозеленых лиственных древесных растений в вегетационный период, могут быть использованы для экономного расходования поливных ресурсов. Разработанные математические модели расчета суммарного за сутки чистого поглощения CO₂ могут быть применены для прогнозирования реакции интродуцентов на изменение условий произрастания и климата. Результаты исследований могут быть использованы для оценки эффективности зеленых насаждений в других субтропических регионах.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа изложена на 190 страницах, состоит из оглавления, введения, 6 разделов, заключения, практических рекомендаций, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы из 249 источников, в том числе 62 на иностранном языке, содержит 2 приложения, 26 таблиц, 49 рисунков.

Анализ содержания работы.

В разделе «Введение» указаны актуальность, новизна, теоретическая и практическая значимость работы; сформулированы цели и задачи. Выделены положения, выносимые на защиту, приведены методология исследования, степень достоверности результатов, их апробация на конференциях, личный вклад в диссертационную работу.

В первом разделе систематизированы научные сведения по проблеме формирования эффективных насаждений культурфитоценозов в условиях климатических изменений. Дан обзор публикаций, посвященных вопросам функций древесных растений в урбоэкосистемах, проблемам озеленения рекреационных зон южных регионов. Изложены

результаты исследований отечественных и зарубежных ученых по устойчивости и адаптации растений к действию стрессовых факторов абиотической природы, механизмов адаптации декоративных вечнозеленых лиственных растений при интродукции, а также углекислотного газообмена древесных растений в составе культурфитоценозов.

Во втором разделе рассмотрены условия, объекты и методы исследований. Дано характеристика природно-климатических условий в зоне парков Южного берега Крыма и погодных условий в годы исследований. Охарактеризованы модельные виды вечнозеленых лиственных древесных интродуцентов (*Nerium oleander* L., *Aucuba japonica* Thunb., *Laurus nobilis* L., *Prunus laurocerasus* L., *Viburnum tinus*). Представлены методики проведения экспериментов (фенологических наблюдений, определения параметров углекислотного газообмена и водного режима, обработки и анализа метеоданных). Дано характеристика математических моделей, используемых в исследовании. Рассмотрены методы статистической обработки и анализа результатов экспериментов.

В третьем разделе проведена сравнительная оценка климатических условий природных ареалов и района интродукции – Южного берега Крыма, включая общую характеристику климата, особенности температурного режима, количество осадков и их годовое распределение. Определены основные факторы, ограничивающие интродукцию исследуемых вечнозеленых декоративных видов.

В четвертом разделе показаны особенности сезонного развития вечнозеленых лиственных древесных растений в условиях культуры на Южном береге Крыма и их реакция на потепление климата. Исследованы ритмы сезонного роста побегов вечнозеленых интродуцентов. Представлена динамика накопления фитомассы листьев в период вегетации. Выявлены особенности цветения растений. Проанализирована фенологическая реакция вечнозеленых интродуцентов на повышение температур в условиях Южного берега Крыма. Оценены перспективы использования растений для современного озеленения курортно-рекреационных территорий юга России в условиях текущих и ожидаемых климатических изменений.

В пятом разделе рассмотрены особенности водного режима и газообмена у интродуцентов при действии абиотических стрессоров. Проведен анализ зависимости скорости фотосинтеза и дыхания листьев от интенсивности фотосинтетически активной радиации (ФАР). Исследован суточный ход интенсивности фотосинтеза, суммарного дыхания, устьичной проводимости и транспирации у листьев в разных условиях влагообеспеченности. Выявлены особенности регуляции фотосинтетической активности и водного режима в оптимальных и стрессовых (при прогрессирующей почвенной засухе)

условиях внешней среды. Установлены три типа стратегий ответа на водный дефицит: изогидрический, аизогидрический и комбинированный.

В шестом разделе проанализирована динамика суточного поглощения/выделения углекислого газа, суточного количества испаренной воды при транспирации, устьичной проводимости листьев в период вегетации. Проведена оценка суточного поглощения/выделения CO_2 при различных условиях влажности почвы. Для каждого вида растений разработана регрессионная модель для расчета суммарного за сутки чистого поглощения CO_2 . Выполнен статистический анализ результатов моделирования.

В разделе «Заключение» обобщены полученные результаты исследования и обозначены перспективы их использования.

Результаты и выводы, приведенные в диссертации, согласуются с современными представлениями в данном направлении исследований. Содержание диссертационной работы в полной мере отражено в автореферате.

Основное содержание работы изложено в статьях и представлено на конференциях различного уровня. По теме диссертации опубликовано 17 статей, из которых 7 в рецензируемых журналах из списка ВАК РФ (из них 4 статьи входят в международные реферативные базы данных), а также 10 статей в иных научных журналах и материалах конференций.

Диссертационное исследование выполнено на высоком теоретическом и методическом уровне, содержит большой экспериментальный материал, статистически обработанный и достоверный. Достоинством работы также является то, что при анализе полученных данных автор проводит их сравнение с результатами других исследователей.

Однако, несмотря на указанные достоинства работы, имеется ряд замечаний и вопросов:

1. В разделе 2 «Условия, материалы и методы исследований» на стр. 43 диссертации указано, что «Для непрерывной автоматической регистрации параметров $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ -газообмена использовали автоматическую 4-канальную систему открытого типа для мониторинга CO_2 обмена и транспирации листьев «Монитор фотосинтеза РТМ-48А» (Bioinstruments S.R.L.)».

При этом в работе отсутствует описание прибора и методики применения его для исследований.

Там же, на стр. 46 отмечено, что «Для характеристики CO_2 -газообмена листа использовали значения скорости видимого фотосинтеза (P_N , мкмоль $\text{CO}_2/(m^2 \cdot c)$), суммарного дыхания (R_{total} , мкмоль $\text{CO}_2/(m^2 \cdot c)$), темнового дыхания (R_D , мкмоль $\text{CO}_2/(m^2 \cdot c)$), фотодыхания (R_{PR} , мкмоль $\text{CO}_2/(m^2 \cdot c)$) и т.д.».

Следует уточнить, как определяли параметры газообмена в целом, и фотодыхания, в частности.

2. Таблицы 4.4 на стр.70 и 4.5 на стр.73, включающие большой массив данных по сезонной динамике прироста длины и прироста объёма фитомассы однолетних побегов *Nerium oleander* L., *Aucuba japonica* Thunb., *Laurus nobilis* L., *Prunus laurocerasus* L., *Viburnum tinus*, логично представить в Приложении.

3. В табл. 5.3 на стр. 107 диссертации приведены параметры газообмена листьев ($\text{мкмоль CO}_2/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$) в оптимальных условиях внешней среды при насыщающей интенсивности света.

Как изменяется соотношение фотодыхания и темнового дыхания листьев при стрессе по сравнению с оптимальными условиями внешней среды?

4. В выводе 5 на стр. 151 указано, что «Оптимальные условия для ассимиляции углекислоты достаточно широки и видоспецифичны. Наибольший диапазон температурного оптимума фотосинтетического поглощения углекислоты выявлен у *Viburnum tinus* (+15...+36 °C) и *Nerium oleander* (+23...+39 °C), влажности почвы (40–100 %НВ) и освещенности (от 400 мкмоль/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$) и выше) – у *Laurus nobilis*. У остальных видов ширина диапазона границ светового оптимума находилась в пределах 1000 мкмоль/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$), влажности почвы – преимущественно в границах 50–100 % от НВ. Широкие пределы экологического оптимума свидетельствуют о пластичности фотосинтетического аппарата листьев изученных видов».

Чем может быть обусловлена наблюдаемая в опытах экологическая пластичность фотосинтетического аппарата листьев изученных видов в условиях водного дефицита и повышенных температур (возможные реакции фотосинтетического метаболизма углерода при воздействии засухи и повышенных температур)?

5. При внимательном, в целом, отношении автора к современной терминологии, сокращениям и условным обозначениям в диссертации имеются дискуссионные моменты, например, обозначение углекислотного газообмена и водного режима в виде выражения « $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ -газообмен»; использование терминов «чистое поглощение CO_2 », «водный газообмен», «углекислота».

Вместе с тем, указанные замечания и высказанные пожелания не умаляют высокой значимости диссертационного исследования. Диссертационная работа соответствует критериям ВАК (пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Ковалев Максим Сергеевич,

заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15. Экология (биологические науки).

Официальный оппонент:

доктор биологических наук, профессор кафедры экологии и географии растений биологического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

Юзбеков Ахмед Кадималиевич



15.06.2023 г.

Контактные данные:

тел.: (495) 939-55-60, e-mail: uak2003@mail.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

03.01.05 - Физиология и биохимия растений

Адрес места работы:

119234, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12

ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова»

кафедра экологии и географии растений биологического факультета

Тел.: (495) 939-55-60; e-mail: uak2003@mail.ru

Подпись Юзбекова А.К. заверяю:

Зам. декана биологического факультета

МГУ имени М.В. Ломоносова, профессор



А.М. Рубцов

15.06.2023

