

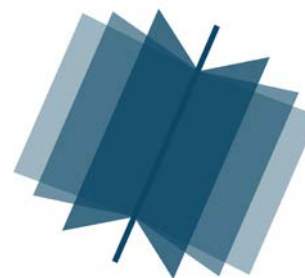
№ 8 (86) ▪ 2019
Часть 1 ▪ Август

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЖУРНАЛ**

INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL

**ISSN 2303-9868 PRINT
ISSN 2227-6017 ONLINE**

Екатеринбург
2019



Периодический теоретический и научно-практический журнал.
Выходит 12 раз в год.
Учредитель журнала: Соколова М.В.
Главный редактор: Меньшаков А.И.
Адрес издателя и редакции: 620137, г. Екатеринбург, ул.
Академическая, д. 11, корп. А, оф. 4.
Электронная почта: editors@research-journal.org
Сайт: www.research-journal.org
16+

**№ 8 (86) 2019
Часть 1
Август**

Дата выхода 19.08.2019
Подписано в печать 14.08.2019
Тираж 200 экз.
Цена: бесплатно.
Заказ 286550.
Отпечатано с готового оригинал-макета.
Отпечатано в типографии "А-принт".
620049, г. Екатеринбург, пер. Лобачевского, д. 1.

Журнал имеет свободный доступ, это означает, что статьи можно читать, загружать, копировать, распространять, печатать и ссылаться на их полные тексты с указанием авторства без каких-либо ограничений. Тип лицензии CC поддерживаемый журналом: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). Актуальная информация об индексации журнала в библиографических базах данных <https://research-journal.org/indexing/>.

Номер свидетельства о регистрации в Федеральной Службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций: **ПИ № ФС 77 – 51217**.

Члены редколлегии:

Филологические науки:

Растягаев А.В. д-р филол. наук, Московский Городской Университет (Москва, Россия);
Сложеникина Ю.В. д-р филол. наук, Московский Городской Университет (Москва, Россия);
Штрекер Н.Ю. к.филол.н., Калужский Государственный Университет имени К.Э. Циолковского (Калуга, Россия);
Вербицкая О.М. к.филол.н., Иркутский Государственный Университет (Иркутск, Россия).

Технические науки:

Пачурин Г.В. д-р техн. наук, проф., Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева (Нижний Новгород, Россия);
Федорова Е.А. д-р техн. наук, проф., Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет (Нижний Новгород, Россия);
Герасимова Л.Г. д-р техн. наук, Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева (Апатиты, Россия);
Курасов В.С. д-р техн. наук, проф., Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия);
Оськин С.В. д-р техн. наук, проф., Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия).

Педагогические науки:

Куликовская И.Э. д-р пед. наук, Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону, Россия);
Сайкина Е.Г. д-р пед. наук, Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена (Санкт-Петербург, Россия);
Лукьянова М.И. д-р пед. наук, Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова (Ульяновск, Россия);
Ходакова Н.П. д-р пед. наук, проф., Московский городской педагогический университет (Москва, Россия).

Психологические науки:

Розенова М.И. д-р психол. наук, проф., Московский государственный психолого-педагогический университет (Москва, Россия);
Ивков Н.Н. д-р психол. наук, Российская академия образования (Москва, Россия);
Каменская В.Г. д-р психол. наук, к. биол. наук, Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина (Елец, Россия).

Физико-математические науки:

Шамолин М.В. д-р физ.-мат. наук, МГУ им. М. В. Ломоносова (Москва, Россия);
Глезер А.М. д-р физ.-мат. наук, Государственный Научный Центр ЦНИИчермет им. И.П. Бардина (Москва, Россия);
Свиштунов Ю.А. д-р физ.-мат. наук, проф., Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург, Россия).

Географические науки:

Умывакин В.М. д-р геогр. наук, к.техн.н. проф., Военный авиационный инженерный университет (Воронеж, Россия);
Брылев В.А. д-р геогр. наук, проф., Волгоградский государственный социально-педагогический университет (Волгоград, Россия);
Огуреева Г.Н. д-р геогр. наук, проф., МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва, Россия).

Биологические науки:

Буланый Ю.П. д-р биол. наук, Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского (Саратов, Россия);
Аникин В.В., д-р биол. наук, проф., Саратовский государственный университет им. Н.Г.Чернышевского (Саратов, Россия);
Еськов Е.К. д-р биол. наук, проф., Российский государственный аграрный заочный университет (Балашиха, Россия);
Шеуджен А.Х. д-р биол. наук, проф., Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия);
Ларионов М.В. д-р биол. наук, профессор, Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского (Саратов, Россия).

Архитектура:

Янковская Ю.С. д-р архитектуры, проф., Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (Санкт-Петербург, Россия).

Ветеринарные науки:

Алиев А.С. д-р ветеринар. наук, проф., Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины (Санкт-Петербург, Россия);
Татарникова Н.А. д-р ветеринар. наук, проф., Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.Н. Прянишникова (Пермь, Россия).

Медицинские науки:

Никольский В.И. д-р мед. наук, проф., Пензенский государственный университет (Пенза, Россия);
Ураков А.Л. д-р мед. наук, Ижевская Государственная Медицинская Академия (Ижевск, Россия).

Исторические науки:

Меерович М.Г. д-р ист. наук, к. архитектуры, проф., Иркутский национальный исследовательский технический университет (Иркутск, Россия);
Бакулин В.И. д-р ист. наук, проф., Вятский государственный университет (Киров, Россия);
Бердинских В.А. д-р ист. наук, Вятский государственный гуманитарный университет (Киров, Россия);
Лёвочкина Н.А. к.ист.наук, к.экон.н. ОмГУ им. Ф.М. Достоевского (Омск, Россия).

Культурология:

Куценков П.А. д-р культурологии, к.искусствоведения, Институт востоковедения РАН (Москва, Россия).

Искусствоведение:

Куценков П.А. д-р культурологии, к.искусствоведения, Институт востоковедения РАН (Москва, Россия).

Философские науки:

Петров М.А. д-р филос. наук, Института философии РАН (Москва, Россия);
Бессонов А.В. д-р филос. наук, проф., Институт философии и права СО РАН (Новосибирск, Россия);
Цыганков П.А. д-р филос. наук., МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва, Россия);
Лойко О.Т. д-р филос. наук, Национальный исследовательский Томский политехнический университет (Томск, Россия).

Юридические науки:

Костенко Р.В. д-р юрид. наук, проф., Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия);
Мазуренко А.П. д-р юрид. наук, Северо-Кавказский федеральный университет г. Пятигорске (Пятигорск, Россия);
Мещерякова О.М. д-р юрид. наук, Всероссийская академия внешней торговли (Москва, Россия);
Ергашев Е.Р. д-р юрид. наук, проф., Уральский государственный юридический университет (Екатеринбург, Россия).

Сельскохозяйственные науки:

Важов В.М. д-р с.-х. наук, проф., Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет им. В.М. Шукшина (Бийск, Россия);
Раков А.Ю. д-р с.-х. наук, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр (Михайловск, Россия);
Комлацкий В.И. д-р с.-х. наук, проф., Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия);
Никитин В.В. д-р с.-х. наук, Белгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Белгород, Россия);
Наумкин В.П. д-р с.-х. наук, проф., Орловский государственный аграрный университет.

Социологические науки:

Замаараева З.П. д-р социол. наук, проф., Пермский государственный национальный исследовательский университет (Пермь, Россия);
Солодова Г.С. д-р социол. наук, проф., Институт философии и права СО РАН (Новосибирск, Россия);
Кораблева Г.Б. д-р социол. наук, Уральский Федеральный Университет (Екатеринбург, Россия).

Химические науки:

Абдиев К.Ж. д-р хим. наук, проф., Казахстанско-Британский технический университет (Алма-Аты, Казахстан);
Мельдешов А. д-р хим. наук, Казахстанско-Британский технический университет (Алма-Аты, Казахстан);
Скачилова С.Я. д-р хим. наук, Всероссийский Научный Центр По Безопасности Биологически Активных Веществ (Купавна Старая, Россия).

Науки о Земле:

Горяинов П.М. д-р геол.-минерал. наук, проф., Геологический институт Кольского научного центра Российской академии наук (Апатиты, Россия).

Экономические науки:

Бурда А.Г. д-р экон. наук, проф., Кубанский Государственный Аграрный Университет (Краснодар, Россия);
Лёвочкина Н.А. д-р экон. наук, к.ист.н., ОмГУ им. Ф.М. Достоевского (Омск, Россия);
Ламоттке М.Н. к.экон.н., Нижегородский институт управления (Нижний Новгород, Россия);
Акбулаев Н. к.экон.н., Азербайджанский государственный экономический университет (Баку, Азербайджан);
Кулиев О. к.экон.н., Азербайджанский государственный экономический университет (Баку, Азербайджан).

Политические науки:

Завершинский К.Ф. д-р полит. наук, проф. Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург, Россия).

Фармацевтические науки:

Тринева О.В. к.фарм.н., Воронежский государственный университет (Воронеж, Россия);
Кайшева Н.Ш. д-р фарм. наук, Волгоградский государственный медицинский университет (Волгоград, Россия);
Ерофеева Л.Н. д-р фарм. наук, проф., Курский государственный медицинский университет (Курс, Россия);
Папанов С.И. д-р фарм. наук, Медицинский университет (Пловдив, Болгария);
Петкова Е.Г. д-р фарм. наук, Медицинский университет (Пловдив, Болгария);
Скачилова С.Я. д-р хим. наук, Всероссийский Научный Центр По Безопасности Биологически Активных Веществ (Купавна Старая, Россия);
Ураков А.Л. д-р мед. наук, Государственная Медицинская Академия (Ижевск, Россия).

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.86.8.008>ПИГМЕНТНЫЙ ФОНД ЛИСТЬЕВ *CITRUS* × *AURANTIUM* L. В ОРАНЖЕРЕЙНОЙ КУЛЬТУРЕ

Научная статья

Гетко Н.В.^{1,*}, Ателенко Е.В.², Бачище Т.С.³, Кабашникова Л.Ф.⁴^{1,2} ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», Минск, Беларусь;^{3,4} ГНУ «Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси», Минск, Беларусь

* Корреспондирующий автор (N.Hetko[at]cbg.org.by)

Аннотация

Исследована сезонная динамика пигментного фонда листьев у вечнозеленого растения, вида гибридного происхождения, представителя рода *Citrus* L. – кислого апельсина (*Citrus* × *aurantium* L.), в условиях оранжерейной культуры. Впервые приводятся результаты исследований сезонной динамики суммарного содержания и соотношений фотосинтетических пигментов (хлорофиллы *a* и *b*, каротиноиды), которые имеют важное научное и практическое значение в оценке особенностей функционирования цитрусовых при культивировании их в условиях искусственного климата. Содержание фотосинтетических пигментов в листьях определяли в ацетоновых вытяжках спектрофотометрическим методом с использованием СФ Shimadzu UV-2401 PC. Концентрацию хлорофиллов a_{662} , b_{644} , каротиноидов $Car_{440,5}$ рассчитывали по Хольму-Ветштейну для 100% ацетона на единицу массы (мг/г), в % от сырой массы и на единицу площади листьев (мг/см²). Самые высокие абсолютные значения сухой массы листьев, суммарного содержания фотосинтетических пигментов: хлорофиллы, каротиноиды (мг/г сырой и сухой массы листьев), в долевым выражении (%) по отношению к сырой массе листьев, а также на единицу площади листовой поверхности (см²), обнаружены у данного вида в зимний период, что позволяет рассматривать лист цитрусовых растений не только как ассимилирующий, но и как запасающий орган.

Ключевые слова: кислый апельсин, *Citrus* × *aurantium* L., оранжерейная культура, хлорофилл, каротиноиды, накопление сухой массы, функциональная роль листьев.

PIGMENTAL LEAVES FOUNDATION OF *CITRUS* × *AURANTIUM* L. IN GREENHOUSE CULTURE

Research article

Getko N.V.^{1,*}, Ateslenko E.V.², Bachishche T.S.³, Kabashnikova L.F.⁴^{1,2} State Scientific Institution “Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus”, Minsk, Belarus;^{3,4} State Scientific Institution “Institute of Biophysics and Cell Engineering of the NAS of Belarus”, Minsk, Belarus

* Corresponding author (N.Hetko[at]cbg.org.by)

Abstract

The article studies seasonal dynamics of the pigmental leaves foundation of an evergreen plant, a species of hybrid origin, a representative of the genus *Citrus* L., a sour orange (*Citrus* × *aurantium* L.) in the greenhouse culture. The results of studies of the seasonal dynamics of the total content and ratios of photosynthetic pigments (chlorophylls *a* and *b*, carotenoids) are given for the first time, which is of scientific and practical importance for the estimation of the features of citrus functioning when cultivated in artificial climate. The content of photosynthetic pigments in leaves was determined in acetone extracts by a spectro-photometric method using Shimadzu UV-2401 PC SF. The concentration of chlorophylls a_{662} , b_{644} , carotenoids $Car_{440,5}$ was calculated according to Holm-Wetstein for 100% acetone per unit weight (mg/g) in % of fresh weight and per unit area of leaves (mg/cm²). The highest absolute dry weight leaves, the total content of photosynthetic pigments: chlorophylls, carotenoids (mg/g wet and dry leaf mass) in fractional terms (%) relative to the wet mass of the leaves, as well as per unit area of the leaf surface (cm²) were found in this species in winter, which allows considering a leaf of citrus not only as assimilating, but also as storage organs.

Keywords: sour orange, *Citrus* × *aurantium* L., greenhouse culture, chlorophyll, carotenoids, dry mass accumulation, functional role of leaves.

Введение

Citrus × *aurantium* L. – (горький апельсин, кислый апельсин, померанец, бигарадия), как и все плодовые цитрусовые растения, относится к семейству *Rutaceae* Juss., подсемейству *Aurantioideae* Eaton, трибе *Aurantieae*, подтрибе *Citrinae* Engl., роду *Citrus* L. Это одно из четырех семейств порядка *Sapindales* Dumort., представленных в основном субтропическими и тропическими родами. Согласно [1, С. 19] в семействе около 150 родов и 1600 видов. Предполагается, что *Citrus* × *aurantium* L. является видом гибридного происхождения: гибрид мандарина и помело (*Citrus reticulata* Blanco × *Citrus grandis* (Burm.) Merr.) [1, С. 33]. Родиной данного вида является Юго-Восточная Азия, а его дикие сородичи встречаются на территории влажных лесов Флориды и Багамских островов. В Испании культивируются с 10 века [2, С. 97-99]. Режим естественного произрастания находится в диапазоне температур от +5° до +45°С, влажности – 70-80%.

Многие сорта бигарадии находят применение в парфюмерии, в пищевой промышленности, фитотерапии. Возросший в настоящее время интерес к представителям подсемейства *Aurantioidea* проявляется в поиске их диких сородичей в качестве источника новых генетических вариаций, а также для прививок культурных форм, благодаря наличию у них признаков устойчивости к ряду вредителей и болезней. Все это имеет немаловажное значение и для оранжерейной культуры померанца.

По своей жизненной форме *C.* × *aurantium*, как и другие представители рода *Citrus* L., вечнозеленое древесное растение. Жизненная форма вечнозеленого растения отражается не только на продолжительности жизни листа,

которая у данного вида составляет более двух лет, но также на его непрерывной физиологической активности и структуре. При этом, функциональная роль его листьев рассматривается не только как ассимилирующих, но и как запасающих органов [1, С. 56-59]. Запасаемый продукт – углеводы (сахара и крахмал). Они являются одним из основных компонентов питания и структуры клеток, составляют до 85-90% сухой массы растительного организма и эффективно расходуются из листьев в период цветения растения.

Изучению сезонной динамики фотосинтетической активности листьев у цитрусовых растений в условиях субтропического климата уделяется большое внимание в современных исследованиях [3], [4].

Вечнозеленые растения, подобные цитрусам, способны приспосабливать свой фотосинтетический аппарат к повышению температуры произрастания в условиях высокой солнечной инсоляции. В работе [5] у сладкого апельсина (*Citrus × sinensis* (L.) Osbeck), являющегося одним из клонов гибрида мандарина и помело (*C. reticulata* × *C. grandis*), показаны значительные изменения в газообмене и его фотохимической продуктивности при изменении температуры произрастания в пределах от 25/20°C до 35/20°C (день / ночь) в условиях субтропического климата. Этот адаптивный ответ может включать изменения свойств мембран хлоропластов, ведущих к их термальной стабильности, а также к стабильности фотосинтетических энзим. При температуре выше 30°C отмечен значительный негативный эффект в ассимиляции CO₂ в основном благодаря усилению фотодыхания. С другой стороны, цитрусовые растения, произрастающие в субтропическом климате, испытывают неблагоприятное воздействие таких факторов среды, как водный дефицит, умеренная или сильная засуха в зимний период [5].

В условиях оранжерей, в отличие от субтропического климата, отсутствуют засушливые условия, но к числу неблагоприятных факторов следует отнести дефицит света и пониженные ночные и дневные температуры в зимний период [6].

Цитрусы принадлежат, как и большинство субтропических и тропических древесных растений, к С3-типу растений и в сравнении с С₄- растениями обладают более низкой скоростью ассимиляции CO₂ (от 4 до 8 мкмоль CO₂ / м² сек⁻¹) [1, С. 57].

Первым актом фотосинтеза, который осуществляется в хлоропластах, является поглощение света молекулами хлорофилла, входящими в состав специального, аккумулирующего свет комплекса, называемого антенной, и содержащего агрегированные с белком молекулы хлорофиллов *a* и *b* в качестве основных аккумулирующих свет пигментов. Каротиноиды, присутствующие в хлоропластах, считаются дополнительными компонентами фотосинтетического аппарата, которые осуществляют у растений в условиях высокой инсоляции тропиков и субтропиков фотопротекторную функцию и обеспечивают стабильность белков в ФС II, как это показано на примере изучения биосинтеза каротиноидов в листьях *Coffea canephora* и *Coffea arabica* [7].

В данной статье впервые приводятся результаты исследований сезонной динамики суммарного содержания и соотношений фотосинтетических пигментов (хлорофиллы *a*, *b*, каротиноиды), в листьях померанца, или горького апельсина (*Citrus × aurantium* L.), выращиваемого в ЦБС НАН Беларуси в оранжерейной культуре. Это имеет важное научное и практическое значение в оценке особенностей функционирования цитрусовых при культивировании их в условиях искусственного климата.

Объекты и методы исследования

Citrus × aurantium L., бигардия, или горький апельсин, померанец, в оранжерее Центрального ботанического сада НАН Беларуси – плодоносящее пятилетнее древесное растение до 1 м высотой в горшечной культуре, с диаметром кроны 71-81 см, ветви без колючек. Длина листовой пластинки 9,0-12,8 см, ширина – 4,9-7,7 см. Черешки длиной 2,5-3,5 см, с хорошо выраженной крылаткой. Листья в основном ассиметричны, яйцевидной или ланцетовидной формы. Верхушка листовой пластинки острая, основание – округлое, край листовой пластинки цельный.

Температурный режим культивирования в оранжерее ЦБС поддерживается в осенне-зимний период (с ноября по февраль) в диапазоне 12-16°C; в весенний период (к марту) повышается постепенно до 20-22°C, а с апреля по сентябрь в диапазоне 25-40°C. Влажность воздуха в течение года поддерживается в пределах от 70 до 85%.

Освещенность листьев (в люксах) в кроне растений в момент отбора проб в марте составляла 7730-13350, в августе – 12500-14000, в декабре – 3000-3200 люкс.

Субстратная смесь для культивирования пятилетнего растения *C. × aurantium* в контейнерах объемом 7,5 л: биогумус, торф, песок, перлит в соотношении 2:1:1:1.

Содержание фотосинтетических пигментов в листьях определяли в ацетоновых вытяжках спектрофотометрическим методом с использованием СФ Shimadzu UV-2401 PC. Концентрацию хлорофиллов *a*₆₆₂, *b*₆₄₄, каротиноидов *Car*_{440,5} рассчитывали по Хольму-Веттштейну для 100% ацетона [8, С. 91] на единицу массы (мг/г), в % от сырой массы и на единицу площади листьев (мг/см²). Данные обработаны статистически в программе Microsoft Excel 2010.

Результаты и их обсуждение

Успешность выращивания тропических и субтропических видов в условиях оранжерей умеренного климата зависит от структурной и функциональной пластичности видов при адаптации их к новым условиям обитания [9].

Проведенный ранее скрининг пигментного фонда листьев ряда субтропических и тропических видов растений, культивируемых в оранжерейном комплексе ЦБС НАН Беларуси, и их аналогов из естественных мест обитания, позволил выявить признаки, характеризующие пластичность фотосинтетического аппарата у растений в условиях оранжерей умеренного климата. Она проявляется в поддержании оптимального баланса пигментов путем увеличения в листьях доли пигментов, аккумулирующих свет низкой интенсивности. Ключевыми характеристиками, при этом, являются величины соотношения: хлорофиллов *a/b*, а также сумм хлорофиллов и каротиноидов ($\Sigma_{a+b}/\Sigma_{car}$) [6].

Следует отметить, что у растений различных географических широт показатель суммарного содержания хлорофилла в листьях различается незначительно. По отношению к сырой массе листьев его величина составляет в среднем (в %) для растений северных широт 0,24, для растений субтропиков – 0,25, тропиков – 0,27% [10, С. 404-431;

11]. У растений тропических зон различия в большей степени касаются максимальных и минимальных величин данного показателя (0,79 и 0,09% соответственно) [11].

Исходя из полученных нами результатов (см. таблицу 1), самая низкая величина суммарного содержания хлорофиллов (Хл.а + Хл.б) в % от сырой массы листьев у *C. aurantium* в условиях оранжерейной культуры отмечена в весеннем приросте, и она равнялась 0,09 %. В летний и зимний периоды, при сохранении баланса соотношения зеленых пигментов: Хл. а / Хл. б, равных соответственно 2,59 и 2,46, сохраняется и долевое содержание их в сырой массе листьев: 0,26 и 0,25 % соответственно. Но самые высокие абсолютные значения суммы фотосинтетических пигментов в мг/г сырой и сухой массы листьев, также как и наиболее высокий % сухого вещества в листьях *C. aurantium*, обнаружены нами в зимний период. Это в полной мере отражает функциональную активность листьев у *C. × aurantium* в условиях оранжерей на протяжении всего вегетационного периода. Причем зимой, учитывая низкую интенсивность света, пониженные температуры, короткий световой день, лист функционирует как запасающий орган.

Таблица 1 – Суммарное содержание и соотношение фотосинтетических пигментов в листьях *Citrus × aurantium* L. в условиях оранжерейной культуры в сезонной динамике

Показатели	Даты отбора проб листьев		
	18.03.2019	06.08.2018	10.12.2018
Освещенность листьев в кроне, лк	7730-13350	12500-14000*	3000-3200
Температура воздуха в оранжерее, °С	20 – 22	25 – 40	12 – 14
% сухой массы листа ± S _x (а.с.в.)	33,91 ± 0,72	28,85 ± 1,49	35,51 ± 0,57
Хлорофилл а, мг/г сырой / сухой массы ± S _x	0,891 ± 0,073 2,628 ± 0,216	0,906 ± 0,135 3,139 ± 0,469	2,143 ± 0,275 7,427 ± 0,954
Хлорофилл а, мг/см ² листа	1,98	2,9	6,86
Хлорофилл б, мг/г сырой / сухой массы ± S _x	0,390 ± 0,030 1,150 ± 0,090	0,350 ± 0,052 1,211 ± 0,179	0,868 ± 0,099 3,007 ± 0,342
Хлорофилл б, мг/см ² листа	0,87	1,12	2,78
Сумма, Σ _{а+б} , мг/г сырой / сухой массы ± S _x	1,281 ± 0,104 3,779 ± 0,305	1,256 ± 0,146 3,887 ± 0,660	3,010 ± 0,374 10,434 ± 1,296
% , Σ _{а+б} в сырой массе листа	0,09	0,26	0,25
Сумма, Σ _{а+б} , мг/см ² листа	2,85	4,02	9,64
Сумма Σ _{Car.} , мг/г сырой / сухой массы ± S _x	0,257 ± 0,022 0,759 ± 0,064	0,300 ± 0,047 1,040 ± 0,163	0,579 ± 0,081 2,008 ± 0,282
Сумма Σ _{Car.} , мг/см ² листа	0,57	0,96	1,85
Хл.а / хл.б ± S _x	2,284 ± 0,010	2,591 ± 0,008	2,465 ± 0,034
Σ _{а+б} / Σ _{Car.} ± S _x	4,979 ± 0,015	3,905 ± 0,036	5,212 ± 0,106

Примечание: * – освещенность в оранжерее с затемнением от прямых солнечных лучей

Известно, что величина соотношения зеленых пигментов (Хл.а / Хл.б) изменяется в онтогенезе пластиды, листа и всего организма, но она относительно определена и генетически детерминирована и равна в среднем 3,0. У типичных гелиофитов она в среднем составляет 5,6, а у растений "зеленой" тени, сциофитов, в нижних ярусах растительных сообществ – находится на уровне 2,6 [10, С. 404-431].

Как видно из результатов, представленных в таблице 1, величина соотношения Хл.а / Хл.б листьев *C. × aurantium* имеет не четко выраженную сезонную динамику и варьирует в пределах следующих значений: 2,28 в листьях весеннего прироста, а в летний и зимний периоды – 2,59 и 2,46 – соответственно, подобно как у растений нижних ярусов сообщества [10, С. 404-431], и вполне соответствует субтропическому режиму выращивания данного вида в оранжерее.

Величина соотношения хлорофиллы:каротиноиды (Σ_{а+б}:Σ_{car}) изменяется у растений в широких пределах. В типичном листе это соотношение равно 1:3. И чем более затемнен лист, тем больше в нем каротиноидов. У высших растений этот показатель варьирует от 3,6 до 8,0. У растений открытых, сильно освещенных местообитаний (гелиофитов), он составляет 5,3-5,5, у растений затемненных местообитаний (сциофитов), – 3,6-4,6 [6]; [10], [11 С. 404-431].

В наших исследованиях у *C. × aurantium* (см. таблицу 1) высокое содержание каротиноидов обнаружено в листьях в зимний период, которое в абсолютных величинах и в долевом выражении более чем вдвое превышает этот показатель в летний и весенний периоды. Самая низкая величина соотношения сумм зеленых пигментов и каротиноидов (Σ_{а+б}/Σ_{Car}) наблюдается у *C. × aurantium* в летний период, но в динамике эти показатели достаточно близки и находятся в диапазоне величин, характерных для растений гелиофитов, что свидетельствует о повышенной требовательности данного вида к условиям освещенности. Однако, эти требования могут изменяться на протяжении сезонного развития у вечнозеленых субтропических видов.

Например, при сравнительном изучении сезонной динамики фотосинтетической активности листьев у сладкого апельсина (*C. × sinensis* (L.) Osbeck) в условиях естественных местообитаний в субтропиках в опытах с искусственным полным затемнением листьев на протяжении 12, 48 и 96 часов, было выявлено снижение суммарного содержания хлорофиллов в экспозициях затемненных листьев у растений в летний период и прежде всего, за счет

преимущественного снижения в них концентрации хлорофилла b. Вместе с тем, на суммарное содержание хлорофилла в листьях в зимний период условия их искусственного затемнения влияния не оказали [4].

Это аналогично результатам наших исследований сезонной динамики фотосинтетических пигментов в листьях *C. × aurantium*, проведенных в условиях оранжерейной культуры, выявивших наиболее высокое содержание фотосинтетических пигментов в листьях в зимний период, в условиях естественного дефицита света. Это позволяет предположить, что у вечнозеленых растений период высокой активности наблюдается в период цветения (летом), в период высокой инсоляции и сопровождается эффективным расходом накопленных в листьях в зимний период запасных веществ, в основном углеводов.

Заключение

Впервые исследована сезонная динамика пигментного фонда листьев у вечнозеленого растения, представителя рода *Citrus* L., гибридного вида – кислого апельсина (*Citrus × aurantium* L.), в условиях оранжерейной культуры. Самые высокие абсолютные значения сухой массы листьев, суммарного содержания фотосинтетических пигментов: хлорофиллы, каротиноиды (мг/г сырой и сухой массы листьев), в долевым выражении (%) по отношению к сырой массе листьев, а также на единицу площади листовой поверхности (см²), обнаружены у данного вида в зимний период. Это позволяет рассматривать лист цитрусовых растений не только как ассимилирующий, но и как запасающий орган.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Список литературы / References

1. Spiegel-Roy P. The Biology of Citrus / P. Spiegel-Roy, E. E. Goldschmidt. – Cambridge : Cambridge University Press, 1996. – 230 p. – (Series of books «The Biology of Horticultural Crops» ; The Biology of Citrus).
2. Культурная флора : т. 24 Цитрусовые культуры (лимон, апельсин, мандарин, грейпфрут, помпельмус, дикорастущие сородичи) / под ред. В. Л. Витковского [и др.]. – СПб. : ВНИИР, 1998. – 415 с.
3. Ribeiro R. V. Some aspects of citrus ecophysiology in subtropical climates: Re-visiting photosynthesis under natural conditions / R. V. Ribeiro, E. C. Machado // Brazilian Journal of Plant Physiology. – 2007. – Vol. 19, № 4. – P. 393–411.
4. Ribeiro R. V. Seasonal effects on the relationship between photosynthesis and leaf carbohydrates in orange trees / R. V. Ribeiro // Functional Plant Biology. – 2012. – Vol. 39, № 6. – P. 471–480.
5. Ribeiro R. V. Temperature response of photosynthesis and its interaction with light intensity in sweet orange leaf discs under non-photorespiratory condition / R. V. Ribeiro, E. C. Machado, R. F. Oliveira // Ciência e Agrotecnologia. – 2006. – Vol. 30, № 4. – P. 670–678.
6. Ладыженко Т. А. Экофизиологический скрининг пигментного фонда листьев тропических и субтропических растений, культивируемых в оранжерее // Т. А. Ладыженко, Н. В. Гетко, Л. Ф. Кабашникова // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2013. – № 3. – С. 17–22.
7. Simkin A. J. An investigation of carotenoid biosynthesis in *Coffea canephora* and *Coffea arabica* / A. J. Simkin // Journal of Plant Physiology. – 2008. – Vol. 165, № 10. – P. 1087–1106.
8. Практикум по физиологии растений / Н. Н. Третьяков [и др.]; под ред. Н. Н. Третьякова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1990. – 271 с.
9. Интродукция и сохранение генофонда тропических и субтропических растений Центрального ботанического сада НАН Беларуси / Н.В. Гетко [и др.] // Центральный ботанический сад НАН Беларуси: сохранение, изучение и использование биоразнообразия мировой флоры / В.В. Титок [и др.]; под ред. В.В. Титка, В.Н. Решетникова. – Минск, 2012. – Гл. 4. – С. 94–114.
10. Рабинович Е. Фотосинтез : в 3 т. / Е. Рабинович. – М. : Издательство иностранной литературы, 1951. – Т. 1. – 648 с.
11. Мерзляк М. Н. Пигменты, оптика листа и состояние растений / М. Н. Мерзляк // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – № 4. – С. 19–24.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Spiegel-Roy P. The Biology of Citrus / P. Spiegel-Roy, E. E. Goldschmidt. – Cambridge: Cambridge University Press, 1996. – 230 p. – (Series of books «The Biology of Horticultural Crops» ; The Biology of Citrus).
2. Kulturnaya flora [Cultural flora] : V. 24 Tsitrusovyye kultury (limon, apelsin, mandarin, greypfrut, pompelmus, dikorastushchiye sorodichi) [Citrus crops (lemon, orange, mandarin, grapefruit, shaddock and wild relatives)] / by ed. V. L. Vitkovsky. – Spb. : VNIIR, 1998. – 415 p. [in Russian]
3. Ribeiro R. V. Some aspects of citrus ecophysiology in subtropical climates: Re-visiting photosynthesis under natural conditions / R. V. Ribeiro, E. C. Machado // Brazilian Journal of Plant Physiology. – 2007. – Vol. 19, № 4. – P. 393–411.
4. Ribeiro R. V. Seasonal effects on the relationship between photosynthesis and leaf carbohydrates in orange trees / R. V. Ribeiro // Functional Plant Biology. – 2012. – Vol. 39, № 6. – P. 471–480.
5. Ribeiro R. V. Temperature response of photosynthesis and its interaction with light intensity in sweet orange leaf discs under non-photorespiratory condition / R. V. Ribeiro, E. C. Machado, R. F. Oliveira // Ciência e Agrotecnologia. – 2006. – Vol. 30, № 4. – P. 670–678.
6. Ladyzhenko T. A. Ekofiziologicheskiy skринing pigmentnogo fonda list'yev tropicheskikh i subtropicheskikh rasteniy, kultiviruyemykh v oranzhereye [Ecophysiological screening pigment fund of leaves of tropical and subtropical plants in greenhouses] / T. A. Ladyzhenko, N. V. Hetko, L. F. Kabaschnikova // Viesti Nacyjanalnaj akademii navuk Bielarusi. Sieryja bijalahichnych navuk [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series]. – 2013. – № 3. – P. 17–22. [in Russian]

7. Simkin A. J. An investigation of carotenoid biosynthesis in *Coffea canephora* and *Coffea arabica* / A. J. Simkin // Journal of Plant Physiology. – 2008. – Vol. 165, № 10. – P. 1087–1106.
8. Praktikum po fiziologii rasteniy [Practical work on plant physiology] / N. N. Tretyakov; by ed. N. N. Tretyakov. – 3rd ed., pererab. and add. – M. : Agropromizdat, 1990. – 271 p. [in Russian]
9. Introduktsiya i sokhraneniye genofonda tropicheskikh i subtropicheskikh rasteniy Tsentralnogo botanicheskogo sada NAN Belarusi [Introduction and preservation of the gene pool of tropical and subtropical plants of the Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus] / N. V. Getko // Tsentralnyy botanicheskiy sad NAN Belarusi: sokhraneniye, izucheniye i ispolzovaniye bioraznoobraziya mirovoy flori [Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus: conservation, study and use of biodiversity of the world flora] / V.V. Titok; by ed. V. V. Titok, V. N. Reshetnikov. – Minsk, 2012. – Ch. 4. – P. 94–114. [in Russian]
10. Rabinovich E. Fotosintez [Photosynthesis] : in 3 Vols. / E. Rabinovich. – M. : Izdatelstvo inostrannoy literatury [Foreign Literature Publishing House], 1951. – V. 1. – 648 p. [in Russian]
11. Merzlyak M. N. Pigmenty, optika lista i sostoyaniye rasteniy [Pigments, leaf optics and plant condition] / M. N. Merzlyak // Sorosovskiy obrazovatelnyy zhurnal [Soros Educational Journal]. – 1998. – № 4. – P. 19–24. [in Russian]