

**ИНТРОДУКЦИЯ И СОХРАНЕНИЕ ГЕНОФОНДА
ТРОПИЧЕСКИХ И СУБТРОПИЧЕСКИХ РАСТЕНИЙ
ЦЕНТРАЛЬНОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА НАН БЕЛАРУСИ**

Ботанические коллекции лаборатории оранжерейных растений ЦБС НАН Беларуси – основная база для проведения научных и экспериментальных работ в области интродукции и акклиматизации тропических и субтропических растений мировой флоры, выявления как хозяйственно ценных растений, так и перспективных для использования в демонстрационно-просветительских и учебных целях. В настоящее время они имеют статус национально-го достояния Республики Беларусь и включают свыше 2000 таксонов, в том числе коллекции древесно-кустарниковых растений – 1123 таксона, суккулентов – 738, плодовых субтропических культур – 100, орхидей – 108, а также коллекционный и селекционный фонд герберы – 17 таксонов. На протяжении 2007–2011 гг. в коллекцию интродуцировано 102 таксона из 56 семейств. В большей степени удалось пополнить группу папоротников – на 10 таксонов, а также семейства *Acanthaceae* – на 10 таксонов, *Moraceae* – на 8, *Araceae*, *Are-caceae*, *Commelinaceae* и *Iridaceae* – на 5 таксонов.

Генофонд тропических и субтропических растений экспозиционной оранжереи ЦБС НАН Беларуси, которая была открыта для посещений в 2007 г., постоянно пополняется. Впервые за последние годы были привлечены: *Chrysalidocarpus lutescens* H. Wendl., *Jubaea chilensis* (Molina) Ball., *Licuala pumila* Blume ex Schult.f., *Vetchia merrillii* (Becc.) Becc., *Bismarkia nobilis* Hilderbrandt a. H. Wendl., *Carludovica palmata* Ruiz. a. Pav. (Araceae), *Philodendron pinnatifidum* (Jacq.) Schott., *Ph. goeldii* G. M. Barroso cv. Gothquenn (Araceae), *Mansoa alliaceae* (Lam.) A. H. Gentry (Bignoniaceae), *Cycas inermis* G. Lourejlo, *Cycas rumphii* Miq. (Cycadaceae), более 30 гибридных форм *Phalaenopsis* Blume, *Cymbidium* Swartz., *Vanilla* и др. (Orchidaceae). Общее пополнение составило около 50 таксонов, и настоящее время генофонд насчитывает более 350 таксонов и имеет большое значение для реализации просветительской и научной деятельности не только в рамках ЦБС НАН Беларуси, но и в целом для республики. В данной главе остановимся на отдельных коллекциях, выделенных в генофонде ЦБС НАН Беларуси в последние годы, а также на разноплановом изучении тропических и субтропических растений.

4.1. Папоротникообразные (Pteridophyta)

Среди восьми новых семейств, включенных в последние годы в коллекционный фонд тропических и субтропических растений ЦБС НАН Беларуси (*Buddleya-ceae*, *Acoraceae*, *Plantaginaceae*, *Strychnaceae*, *Ranunculaceae*, *Marattiaceae*, *Schizaceae*, *Woodsiaceae*), последние три семейства относятся к Папоротникообразным (Pteridophyta). Большой объем работ был выполнен по систематизации, каталогизации отдельных коллекций, идентификации таксонов неизвестной и сомнительной систематической принадлежности, который потребовал участия зарубежных специалистов (ГБС РАН, Москва; БИН им. В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург; ЦРБС НАН Украины, Киев). В частности, это коснулось коллекции Папоротникообразных. Под руководством ведущего специалиста в этой области, доктора биологических наук Е. М. Арнаутовой (Ботанический сад БИН им. В. Л. Комарова РАН) была проведена работа по идентификации накопленного в ЦБС НАН Беларуси материала. Следует выделить несколько этапов в формировании данной коллекции (1971–1975, 1980–1982 и 2006–2010 гг.), когда из ведущих ботанических учреждений Москвы, Санкт-Петербурга, Киева и стран Балтии старшим научным сотрудником В. Н. Чертович было привлечено около 80 видов и внутривидовых таксонов, которые прошли интродукционные испытания и успешно культивируются в настоящее время.

Семейство Marattiaceae. Папоротники данного семейства в каменноугольном и пермском периодах занимали огромные пространства на Земле. До нашего времени сохранилось всего 7 родов, обитающих в дождевых тропических лесах восточного полушария. В коллекции это семейство представлено *Angiopteris polytheca* Tardieu et C. Chr. В отличие от других папоротников у основания листьев этого растения образуются прилистниковые придатки, свойственные только *Angiopteris* и служащие защитным и запасующим органом.

Семейство Schizeaceae представлено травянистыми видами, реже лианами из субтропических и тропических областей. В коллекцию привлечены *Lygodium japonicum* (Thunb.) Sw. с лиановидными, отмирающими на неблагоприятный период листьями и *Anemia phyllitidis* (L.) Sw. из тропической Америки, который имеет трижды перисторассеченные листья, из которых два фертильные, одно – стерильное.

Семейство Woodsiaceae представляет в коллекции *Athyrium proliferum* (Lam.) Kaulf. – кочедыжник отпрысковый. Родина – тропическая Азия. Это мощный папоротник со множеством отводковых почек, из которых развиваются молодые растения (рис. 4.1, см. цв. вклейку).

Семейство Blechnaceae. В тропиках Старого Света распространены 5 видов рода *Stenochlaena*, а в коллекции ЦБС это семейство представлено *Stenochlaena palustris* J. Sm. Характерный признак данного вида – способность к образованию множества придаточных корней, с помощью которых в природе он может достигать вершин деревьев.

4.2. Коллекция цитрусовых культур

Коллекция видов, сортов и гибридов рода *Citrus* L. (сем. *Rutaceae* Juss.) начала формироваться в ЦБС НАН Беларуси с 1974 г. по инициативе академика АН БССР и АН Таджикской ССР Н. В. Смольского. Началом коллекции послужил сорт лимона «Павловский», полученный из Богородского плодпитомнического совхоза. В 1978 г. из Батуми были привезены лимон сорта Новоафонский, мандарин Уншиу и апельсин Washington Nuvel.

В 1991 и 1996 гг. из Института горного садоводства г. Сочи получены сорта лимонов Мейера, Ponderosa, Новогрузинский, Кантонский, Вилла-Франка, Eureca, Lisbon, Мир. В 1995 г. коллекция цитрусовых пополнилась сортом лимона Скерневицкий и цитроном Рука Будды (*Citrus medica* L. var. *sarcodactylis* (Hoola van Nooten) Swingle) из Польши, а в 2001 г. – культиварами межродового гибрида цитруса и кумквата – × *Citrofortunella* (Blanco) J. Ingram & Н. Е. Moore, японским пестролистным каламондином, полученным из Ботанического института РАН им. В. Л. Комарова (Санкт-Петербург). Коллекция активно пополняется за счет обмена с любителями-цитрусоводами и ведущими в этой области научными учреждениями других стран, в настоящее время она представлена 83 таксонами [1].

Лимон и его гибриды: *Citrus limonelloides* Hay., *Citrus* × *meyeri*, *Citrus limon* (L.) Burrm. f. cv. Eureca, *Citrus limon* (L.) Burrm. f. cv. Monackello, *Citrus limon* (L.) Burrm. f. cv. Мир, *Citrus limon* (L.) Burrm. f. cv. Санта-Тереза, *Citrus limon* (L.) Burrm. f. cv. Новогрузинский, *Citrus limon* (L.) Burrm. f. cv. Павловский, *Citrus limon* (L.) Burrm. f. cv. Пандероза, *Citrus limon* (L.) Burrm. f. cv. Скерневицкий, *Citrus limon* (L.) Burm. f. cv. от Чакватадзе, *Citrus limon* (L.) Burm. f. cv. Мелароза (Melarosa), *Citrus limon* (L.) Burm. f. cv. средиземноморский, *Citrus limon* (L.) Burm. f. cv. Газенко, *Citrus limon* (L.) Burm. f. cv. Одиши, *Citrus limon* (L.) Burm. f. cv. Уварова, *Citrus limon* (L.) Burrm. f. cv. Del Brasil, *Citrus limon* (L.) Burrm. f. cv. Кузнера, *Citrus limon* (L.) Burrm. f. cv. Киевский крупноплодный, *Citrus limon* (L.) Burrm. f. cv. Юбилейный, *Citrus limon* (L.) Burrm. f. cv. Genoa, *Citrus limon* (L.) Burrm. f. cv. Lisbon, *Citrus limon* (L.) Burrm. f. cv. Interdonato Speciale, *Citrus limon* (L.) Burrm. f. cv. Ново-Зеландский.

Мандарин и его гибриды: *Citrus unshiu* Marc., *Citrus unshiu* Marc. cv. Kawano Vasse, *Citrus unshiu* Marc. cv. Сочинский № 23, *Citrus unshiu* Marc. cv. Пионер № 80, *Citrus unshiu* Marc. cv. Юбилейный, *Citrus unshiu* Marc. cv. Иверия, *Citrus unshiu* Marc. cv. Сахарный, *Citrus unshiu* Marc. cv. Черноморский, *Citrus reticulata* Blanco cv. Salicifolia, *Citrus unshiu* Marc. cv. Миллениум-1, *Citrus unshiu* Marc. cv. Миллениум-2, *Citrus unshiu* Marc. cv. Сентябрьский, *Citrus unshiu* Marc. cv. Анасеули Саадрео, *Citrus unshiu* Marc. cv. Юбилейный, *Citrus clementina* hort. ex Tanaka cv. Кики, Гибрид 99-2, Гибрид 2-11 (*C. unshiu* Marc. cv. Afrenla), Гибрид 3252 (*C. unshiu* Marc. × *C. leiocarpa* Tan. × *C. paradisi* Macf.), *Citrus leiocarpa* Tan., *Citrus junos* Sieb. ex Tanaka, *Citrus reshni* Tan. *Citrus clementina* hort. ex

Tan. cv. Cafin, *Citrus clementina* hort. ex Tan. cv. Montreal × *Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Tarocco – tangor tacil.

Апельсин и его гибриды: *Citrus bergamia* Risso., *Citrus bergamia* Risso. cv. Грушевидный, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck. cv. Valencia, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck. cv. Washington Navell, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Salustiana, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Thompson Navel, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Tarocco Tapi, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck cv. Грушевидный Королек, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck. cv. Sanguinello, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck × *Fortunella japonica* (Lour.) Swingle, *Citrus bigaradia* Risso., *Citrus bigaradia* Risso. cv. Павловский, *Citrus* × *natsudaidai* Hay. – Натсу-Микан.

Грейпфрут и его гибриды: *Citrus paradisi* Macfad. cv. 1016, *Citrus paradisi* Macfad. cv. Гульрипшский, *Citrus paradisi* Macfad. cv. Pernambuko, *Citrus paradisi* Macfad. cv. Юбилейный.

Кумкват: *Fortutella margarita* (Louz.) Swingle, *Fortutella japonica* (Louz.) Swingle.

Межродовые гибриды цитруса и кумквата: × *Citrofortunella mitis* (Blanco) J. Ingram & H. E. Moore cv. Variegata, × *Citrofortunella mitis* (Blanco) J. Ingram & H. E. Moore (cv. 1), × *Citrofortunella mitis* (Blanco) J. Ingram & H. E. Moore (cv. 2), × *Microcitronella* sp. (× *Citrofortunella microcarpa* × *Fortunella* sp.) × *Microcitrus australasica* – Faustrime.

Лиметта и сладкий лайм: *Citrus limetta* Riss., *Citrus limetta* Riss. cv. Мелкий комнатный, *Citrus limettioides* Tan.

Цитрон и его гибриды: *Citrus medica* L., *Citrus medica* L. cv. Павловский шишкан, *Citrus medica* L. var. *sarcodactylis* (Hoola van Nooten) Swingle, *Citrus medica* cv. Цитронелла, *Citrus medica* L. cv. Variegata, *Citrus medica* L. cv. Grandis, *Citrus medica* L. × *Citrus grandis* Osb., *Citrus medica* L. var. Ethrog.

Гибрид помело: *Citrus grandis* Osb. var. *pyriformis* Hassk.

Род ***Poncirus*** представлен видом *Poncirus trifoliata* (L.) Rafin.

Слабая морозостойкость цитрусовых ограничивает ареал их культивирования. Родина этих растений – Индия, Китай и тихоокеанские тропические острова. В дикорастущем состоянии лимон неизвестен. Широко культивируется во многих странах с субтропическим климатом. В СНГ культивируется на Кавказе и в Средней Азии. В климатических условиях Беларуси возрастает потребность в комнатном цитрусоводстве, что влечет необходимость в масштабных и разносторонних исследованиях в области интродукции цитрусовых культур в защищенный грунт. Современные технологии и передовой опыт ведущих научных учреждений в этой области способствуют продвижению их в более северные регионы: Киев, Харьков, Донецк, Подмоскowie, Павлово-на-Оке и др.

На основе многолетних наблюдений были отобраны два сорта лимона, наиболее перспективные для выращивания в закрытом грунте в условиях Беларуси – лимон Мейера и лимон сорта Эврика. Сорт Мейера требует меньшей площади питания, что позволяет значительно увеличить число растений на плантации, а для закрытого грунта это имеет решающее значение. Опыты по внедрению карликовых лимонов в промышленную культуру нашей республики показали большую перспективность этого сорта.

На базе коллекции проводятся различные исследования для установления оптимальных условий содержания культуры цитрусовых, разрабатываются и проходят испытания удобрения, обеспечивающие полное минеральное и микроэлементное питание, разрабатываются специализированные субстраты.

Оптимальная температура произрастания лимона в зимний период – +10–12 °С. При кратковременном понижении температуры до –2 °С повреждения растений зафиксировано не было, однако при температуре –4–5 °С растения погибали. Оптимальная влажность воздуха – 60–70%, влажность почвы – 50–70% полной влагоемкости. Летом в солнечную и жаркую погоду необходимые мероприятия – проветривание оранжереи и дополнительное увлажнение воздуха.

Цитрусовые культуры повреждаются более чем 50 видами вредителей, большинство из которых являются представителями субтропической энтомофауны, завезенными вместе с интродуцированными растениями. Основные вредители коллекции цитрусовых культур ЦБС НАН Беларуси – щитовки и ложнощитовки (*Aonidilla citrine* Coq., *Ceroplastes sinensis* Green., *Ceroplastes japonicus* Green), оранжерейный (тепличный) трипс (*Heliothrips haemorrhoidalis* Botche), красный цитрусовый клещ (*Metatrananychus citri* Meg). Большую опасность в наших условиях имеет поражение сажистым грибом (*Capnodium* Mont., *Tripodsporium*, *Aithaloderma* Tschudi, *Limacinia* Neger и др.) в осенний период при высокой влажности и низкой температуре.

Обобщение результатов по опыту выращивания цитрусовых культур в оранжерейных условиях ЦБС НАН Беларуси показывает, что при соблюдении теплового, светового, водного режимов и комплекса агротехнических мероприятий в тепличных хозяйствах Беларуси можно обеспечить условия для успешного культивирования культуры цитрусовых. Однако для закладки маточной и сырьевой плантации необходимо продолжить комплексные исследования в области горшечной культуры и современных технологий размножения.

Кроме промышленной культуры цитрусовые представляют интерес в качестве декоративной и плодовой культуры для комнатного озеленения.

4.3. Мониторинг ритмов роста и развития тропических и субтропических растений в условиях оранжерей ЦБС НАН Беларуси

Научная ценность ботанических коллекций во многом определяется точностью ее документирования. На современном этапе актуально создание электронных баз данных, включающих сведения не только о таксономической принадлежности, синонимике, экологической и географической приуроченности видов в природе, времени и источниках интродукции видообразцов, но и фенологические данные.

В местах естественного произрастания тропических деревьев, в дождевых лесах их феноритмика зависит от интенсивности солнечной радиации. С увеличением расстояния от экватора годовое количество осадков снижается, и сезонная засуха становится одним из градиентов, вдоль которого влажные вечнозеленые тропические леса сменяются полулистопадными и листопадными

лесами, называемыми муссонными. В период засухи растения с поверхностной корневой системой испытывают водный стресс, что приводит к массовому листопаду, задержке роста побегов и камбиального роста, и это выражается в образовании четких годовых колец в древесине [2]. Регидрация после первых сильных дождей влажного сезона вызывает раскрытие почек и быстрый рост побегов. У деревьев, произрастающих в низинных экотопах и по берегам рек, наблюдается более короткий безлистный период [3].

В муссонных лесах, где деревья в течение засушливого периода находятся в безлистном состоянии, именно возрастание солнечной радиации индуцирует синхронный рост молодых побегов и цветение в конце сухого сезона. Это обычно происходит за несколько недель до первых дождей влажного сезона и обеспечивается абсорбцией влаги глубоко проникающими в почву корнями [4]. Подобное поведение отмечено и для древесных стеблевых суккулентных видов [5]. У отдельных древесных видов в Центральной Америке рост побегов и цветение происходят осенью, в конце влажного сезона, но это связано со снижением солнечной радиации [6].

В условиях дождевого тропического леса в бассейне реки Амазонки продолжительность жизни листьев у древесных растений зависит от световых условий их местоположения: при различной степени их затенения в нижних ярусах леса сроки жизни листьев увеличиваются по сравнению с таковыми в верхних частях кроны и у деревьев на прогалинах [7].

Приоритетное направление деятельности ботанических садов как держателей коллекционных фондов мировой флоры – сохранение биоразнообразия растительного мира. Что касается представителей тропической и субтропической флоры, то интродукция их в условия умеренного климата требует создания соответствующих режимов их содержания, максимально приближенных к условиям естественных мест обитания. Это обеспечивается культивированием их в закрытом грунте, в оранжереях. Вместе с тем эти условия остаются весьма приближенными к естественным по световому, температурному и влажностному режимам, что не может не сказаться на особенностях их сезонного роста и развития. И в этом случае необходим мониторинг, позволяющий выявить эти изменения.

С 2008 г. эти исследования по методу Н. Hatta, D. Darnaedi [8, 9] проводятся нами в конкретных условиях оранжерей ЦБС НАН Беларуси. Исследованиями охвачено в настоящее время 58 таксонов древесных растений, относящихся к 31 семейству и 48 родам. Эти растения интродуцированы в коллекцию фондовой оранжереи из разных ботанических садов с 1961 по 2005 г. Полученные данные будут использованы для создания базы данных коллекции тропических и субтропических видов ЦБС НАН Беларуси. Для характеристики микроклиматического режима в оранжереях были стационарно установлены регистрирующие термогигрометры ИВА-6АР, фиксирующие температуру и относительную влажность воздуха.

Как следует из данных, представленных в табл. 4.1, в оранжереях, где моделируется тропический тип климата, среднемесячные температуры воздуха

изменяются от +18,9 °С в сентябре и ноябре до +25,4 °С в июле, а относительной влажности воздуха – от 49,1 до 77,3%. В оранжереях с субтропическим типом климата среднемесячные температуры воздуха колебались от +12,3 °С в январе до +24,5 °С в июле, а относительная влажность воздуха – от 74,1 до 93,0%. Среднегодовые значения температуры воздуха в оранжереях с тропическим и субтропическим типом климата составили +20,4 и +17,2 °С соответственно.

Таблица 4.1. Характеристика микроклиматического режима в секциях «Тропики» и «Субтропики» оранжерей ЦБС НАН Беларуси (2010–2011 гг.)

Месяц	Секция «Тропики»						Секция «Субтропики»					
	температура воздуха, °С			относительная влажность воздуха, %			температура воздуха, °С			относительная влажность воздуха, %		
	сред-няя	абс. max	абс. min	сред-няя	абс. max	абс. min	сред-няя	абс. max	абс. min	сред-няя	абс. max	абс. min
Январь	19,2	24,5	15,4	52,9	71,3	33,7	12,3	21,4	5,9	74,7	90,6	52,7
Февраль	19,6	24,7	14,4	58,3	80,2	41,0	15,7	21,4	12,7	77,4	91,6	61,0
Март	20,0	29,9	13,6	54,5	80,4	28,6	16,5	24,5	11,5	75,9	92,7	57,8
Апрель	19,2	28,8	10,2	65,6	86,6	36,4	17,2	26,9	8,3	74,9	94,1	49,0
Май	19,3	36,0	13,3	77,3	97,3	25,4	17,7	33,0	10,1	88,2	98,3	42,3
Июнь	21,6	34,7	13,4	71,1	98,7	30,6	21,2	34,0	13,4	79,9	99,6	42,4
Июль	25,4	39,3	18,4	73,3	93,7	32,1	24,5	37,3	17,9	81,7	100	40,0
Август	23,2	37,3	13,2	75,2	94,4	43,9	22,2	33,3	11,9	84,9	99,7	49,4
Сентябрь	18,9	28,3	13,6	73,0	95,8	44,4	15,1	24,9	6,2	93,0	98,4	68,9
Октябрь	19,5	27,2	12,4	57,7	81,3	31,9	15,5	25,5	4,1	82,9	97,0	56,3
Ноябрь	18,9	24,5	13,9	63,4	82,0	38,8	14,9	22,2	6,7	75,2	91,3	53,8
Декабрь	19,9	26,3	13,7	49,1	70,4	33,2	13,6	21,7	6,2	74,1	94,7	50,1
Среднегодовое значение	20,4	30,1	13,8	64,3	86,0	35,0	17,2	27,2	9,58	80,2	95,7	52,0

Согласно нашим наблюдениям, в июле в условиях оранжереи ЦБС освещенность в солнечные дни достигала 50–60 тыс. лк, а в пасмурные – 10–15 тыс. лк. В зимний период она составляла в ясную погоду 1200 лк, в пасмурную – 100–700 лк без искусственного досвечивания.

Рассмотрим результаты трехлетних наблюдений за ростом и развитием тропических и субтропических растений, культивируемых в условиях фондовой оранжереи ЦБС на примере следующих видов.

Psidium guajava L. (сем. *Myrtaceae*) – псидиум гуаява. Представитель флоры тропиков Центральной и Южной Америки, произрастает на открытых участках до 2000 м над уровнем моря. В горшечной культуре ЦБС – дерево, в возрасте 15 лет 2,3 м в высоту и 3,5 см в диаметре ствола у основания; цветет и плодоносит (рис. 4.2, см. цв. вклейку).

Как следует из данных, представленных на рис. 4.3, а, за трехлетний период исследований у *P. guajava* в условиях оранжереи ЦБС зрелая листва сохранялась у более 60% побегов, т. е. на уровне ранга 4–5. Стареющую (желтую) листву отмечали у 30–50% побегов в течение всего периода наблюдений, т. е. на уровне ранга 2–3, что свидетельствует о почти непрерывном круглогодичном листопаде. За период наблюдений активный вегетативный рост побегов отмечался 1–2 раза

в году в течение полутора-трех месяцев почти в одинаковые календарные сроки – в апреле – июне (ранг 3–5). Рост побегов полностью отсутствовал (растущие побеги в ранге 1) в осенне-зимний период в течение четырех месяцев.

Бутонизация и цветение у *P. guajava* происходили регулярно – ежегодно за период наблюдений. Бутоны формируются на молодом приросте, поэтому сроки бутонизации следуют за датами роста побегов. Цветение наблюдали в течение одного-трех месяцев в период с апреля по июль на небольшом числе побегов (ранг 2, т. е. менее чем на 30% побегов), плоды завязывались нерегулярно – один раз за трехлетний период наблюдений (рис. 4.3, б).

Верхушечные почки у *P. guajava* открытые и в условиях оранжерейной культуры иногда отмирают (из-за солнечных ожогов летом либо от температурных перепадов в осенне-зимний период). На рис. 4.3, в представлены данные по приросту опытных побегов и изменению числа листьев. Из них следует, что у *P. guajava* отмечаются периоды роста отдельных побегов в течение 1–1,5 мес. и периоды покоя (9–10 мес.), т. е. вид характеризуется ритмичным ростом побегов в условиях оранжереи. Долговечность листовой у растений тропического и субтропического климатов может сохраняться на побегах в течение нескольких лет, а смена листовой не всегда четко связана с сезонностью, как у растений умеренного климата в открытом грунте. Изменение числа листьев на побегах у *P. guajava* свидетельствует о том, что идет постоянное опадение старой листовой: в период роста побега число листьев возрастает, в период отсутствия роста побега оно постепенно снижается. Продолжительность жизни листовой у *P. guajava* составляет от 6 (0*3) до 17–18 мес. (0*6, +1*5 и +1*3) (рис. 4.3, г).

Таким образом, из полученных результатов следует, что в условиях оранжереи ЦБС *P. guajava* представляет собой вечнозеленое дерево с сезонной сменой листовой (1Vb), у которого побеги характеризуются синхронным ритмичным ростом с одним-двумя пиками в году (2Vi, 3Vl). Цветение отмечается один раз в год (ранг 2) (4Re) весной-летом (5Rl) синхронно по годам (6Rm), наблюдали незрелые плоды (7Rq). Следовательно, формула типа роста и развития для *P. guajava* в условиях фондовой оранжереи ЦБС НАН Беларуси 1Vb:2Vi:3Vl:4Re:5Rl:6Rm:7Rq.

***Cinnatomum camphora* (L.) Nees et Eberm.** (сем. *Lauraceae* Juss.) – коричник камфорный, или лавр камфорный. Представитель субтропиков Центрального и южного Китая, Тайваня, Японии, Кореи, Вьетнама. В условиях оранжереи ЦБС это дерево в возрасте 10 лет в горшечной культуре высотой 130 см, с диаметром ствола у основания 1 см.

За период наблюдений листва у *C. camphora* наблюдалась у более 80% побегов (ранг 5). Отмечалась частичная смена листовой у менее 30% побегов (ранг 2), при этом опадение листовой происходило редко и в разные сезоны года (летом, осенью, зимой). Активный вегетативный рост у 60–100% побегов (ранг 3 и 4) происходил один-два раза в год в сходные календарные сроки (май – июль и февраль – апрель). Периоды, характеризующиеся полным отсутствием роста особи, приходились на осенне-зимний сезон и длились 3–5 мес. (рис. 4.4, а). Бутонизации, цветения и плодоношения у *C. camphora* за трехлетний период наблюдений не отмечено (рис. 4.4, б).

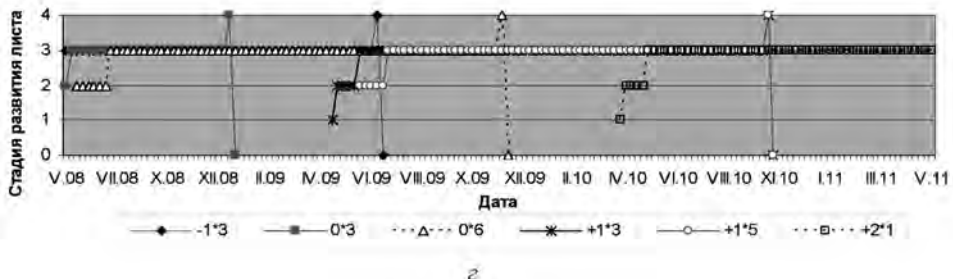
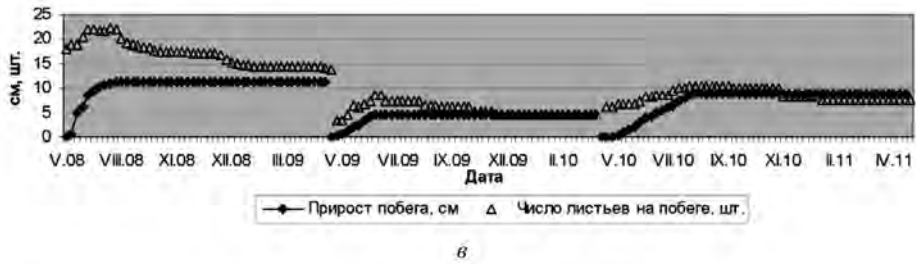
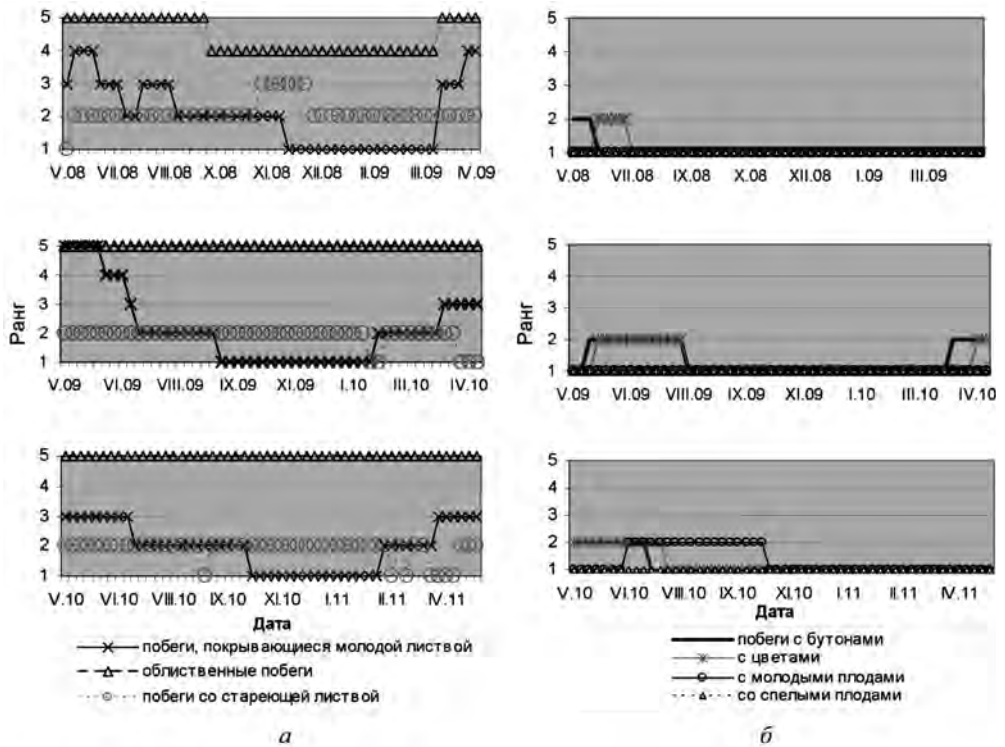
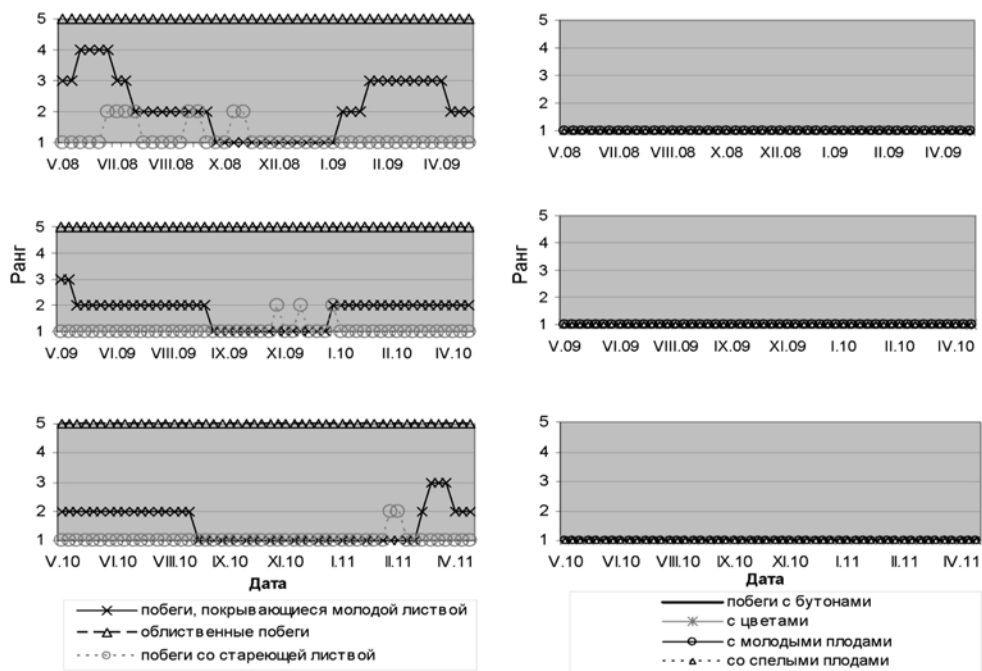
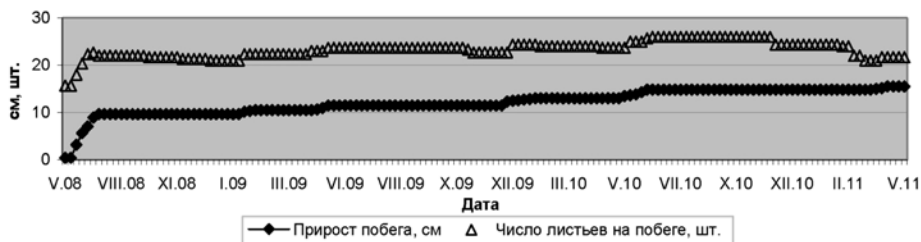


Рис. 4.3. Вегетативный (а) и генеративный (б) рост, прирост побегов и изменение числа листьев (в) и стадии развития опытных листьев (г) *Psidium guajava* L. в условиях фондовой оранжереи ЦБС НАН Беларуси

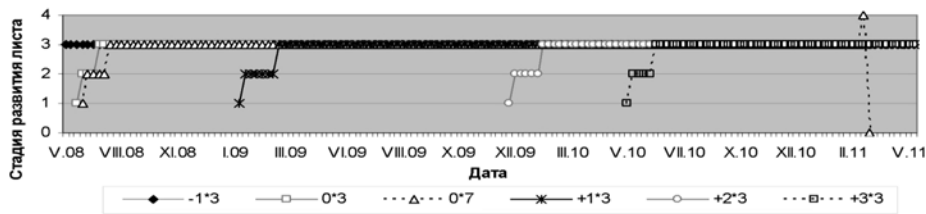


а

б



в



з

Рис. 4.4. Вегетативный (а) и генеративный (б) рост, прирост побегов и изменение числа листьев (в) и стадии развития листа (з) у *Cinnamotum latifolia* (L.) Nees et Eberm. в условиях фондовой оранжереи ЦБС НАН Беларуси

Из данных, представленных на рис. 4.4, в, видно, что для индивидуальных побегов *C. camphora* характерен ритмичный рост с короткими периодами удлинения побегов и более длительными (2–10 мес.) периодами покоя. Продолжительность жизни опытных листьев у *C. camphora* составила более 3 лет (–1*3) либо 2 года и 8 мес. (0*7) (рис. 4.4, г).

Таким образом, как показали проведенные исследования, *C. camphora* представляет собой вечнозеленое древесное растение с непрерывной сменой листвы (1Va), рост побегов наблюдается синхронно один-два раза в год (2Vi, 3Vi). Фазы бутонизации, цветения и плодоношения не отмечены. Следовательно, формула типа роста и развития для *C. camphora* в условиях фондовой оранжереи ЦБС НАН Беларуси 1Va:2Vi:3Vi:4Rf:5-:6-:7-.

В практическом аспекте полученные нами результаты фенологических исследований служат научной основой при разработке рекомендаций по содержанию растений, а также подборе ассортимента тропических и субтропических видов для озеленения интерьеров различного назначения в условиях умеренного климата. Особый интерес представляют полученные нами результаты в свете сравнения с подобными данными других авторов, полученными для видов, произрастающих в зоне тропиков и субтропиков. В данном случае нам удалось сравнить собственные результаты с результатами наблюдений Н. Hatta, D. Darnaedi [8]. Идентичных видов для сравнения оказалось 6: *Psidium guajava* L., *Theobroma cacao* L., *Cinnamomum camphora* (L.) J. Presl., *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl., *Magnolia grandiflora* L., *Nandina domestica* Thunb.

Как видим из данных табл. 4.2, в условиях оранжерейного культивирования растений температурный режим имеет большие по сравнению с естественными условиями произрастания и среднегодовые, и суточные колебания. В условиях искусственного полива в оранжереях отсутствует засушливый период. Но более всего различия касаются долготы светового дня и падающей суммарной радиации, недостаток которой в условиях умеренного климата особенно велик.

Таблица 4.2. Характеристика условий произрастания растений в оранжерее ЦБС НАН Беларуси и ботанических садов на о. Ява

Характеристика	ЦБС НАН Беларуси, г. Минск, 53°54' с. ш., 27°34' в. д.		Ботанические сады о. Ява, 6°37' ю. ш., 106°32' в. д.	
	«Тропики»	«Субтропики»	Богор	Чибодас
Среднегодовая температура воздуха, °С	+20,4	+17,2	+25	+20,5
Годовая амплитуда температуры воздуха, °С	6,2	12,2	1–2	1–2
Суточная амплитуда температуры воздуха, °С	0,9–17,9	0,8–17,7	10–12	12
Среднегодовая относительная влажность воздуха, %	64,3	80,2	82	83,6
Годовая амплитуда относительной влажности воздуха, %	28,2	18,9	9	7
Среднегодовое количество осадков, мм	Искусственный полив		3972	3000
Среднегодовая суммарная солнечная радиация, ккал/см ²	89,1	89,1	160	160
Длина дня, ч и мин	7 ²⁸ –17 ⁰³		11 ⁴⁵ –12 ²⁹	

Результаты сравнения особенностей сезонного роста и развития перечисленных видов в условиях фондовой оранжереи ЦБС и у аналогичных видов, произрастающих в тропическом климате о. Ява, представлены в табл. 4.3.

Таблица 4.3. Особенности сезонного роста и развития некоторых тропических и субтропических растений в условиях фондовой оранжереи ЦБС НАН Беларуси и тропического климата ботанических садов о. Ява

Вид	Формула роста и развития вида	
	ЦБС НАН Беларуси	Ботанические сады о. Ява
<i>Psidium guajava</i>	1Vb:2Vi:3Vl:4Re:5Rl:6Rm:7Rq	1Vc:2Vg:3Vm:4Rd:5Rl:6Ro:7Rr
<i>Theobroma cacao</i>	1Va:2Vi:3Vm:4Re:5Rl:6Rm:7Rp	1Va:2Vh:3Vn:4Rb:5Rg:6Rm:7Rr
<i>Cinnamomum camphora</i>	1Va:2Vi:3Vl:4Rf:5-:6-:7-	1Va:2Vi:3Vm:4Rf:5-:6-:7-
<i>Eriobotrya japonica</i>	1Va:2Vi:3Vm:4Rf:5-:6-:7-	1Va:2Vh:3Vl:4Rc:5Ri:6Rm:7Rr
<i>Magnolia grandiflora</i>	1Va:2Vi:3Vm:4Rf:5-:6-:7-	1Vb:2Vg:3Vn:4Rc:5Rh:6Rn:7Rq
<i>Nandina domestica</i>	1Vb:2Vj:3Vl:4Re:5Rl:6Rn:7Rr	1Vb:2Vg:3Vm:4Rb:5Rg:6Ro:7Rr

Ниже приводим характер изменений следующих признаков: 1) *по характеру смены листвы* – из полувечнозеленых, характерных для условий тропиков, виды становятся вечнозелеными с сезонной сменой листвы (*P. guajava*), а у вечнозеленых сезонная смена листвы заменяется непрерывной (*T. cacao*); 2) *в типах роста побегов* – из полунепрерывного он становится ритмичным с двумя (*P. guajava*, *M. grandiflora*) или одним (*N. domestica*) пиком роста в году либо число периодов роста побегов в году сокращается с четырех-пяти до двух (*T. cacao*, *E. japonica*); 3) *в продолжительности, обилии и количестве периодов цветения в году* – вместо непрерывного цветения в течение всего года наблюдаем всего один-два периода цветения (*N. domestica*, *T. cacao*) либо вид вообще перестает цвести (*M. grandiflora*, *E. japonica*); снижается обилие цветения (*P. guajava*); 4) *в наличии плодоношения* – если в тропическом климате плоды вызревают, то в условиях оранжереи ЦБС наблюдаем только молодые плоды (*P. guajava*) или плоды не завязываются вовсе (*T. cacao*); 5) *в синхронности календарных сроков периодов роста побегов* – синхронность повышается (*P. guajava*, *T. cacao*, *C. camphora*, *N. domestica*, *M. grandiflora*); 6) *в синхронности календарных сроков периодов цветения* – синхронность повышается (*N. domestica*, *P. guajava*).

По продолжительности жизни листьев разница состоит в том, что в условиях ЦБС мы наблюдаем более длительное сохранение их на растениях (рис. 4.5).

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что в условиях фондовой оранжереи ЦБС НАН Беларуси изученные виды отличаются по ритмам роста и развития от идентичных видов, произрастающих в условиях тропиков (о. Ява), что выражается сокращением периодов роста побегов и числа этих периодов, снижением обилия и периодичности цветения,

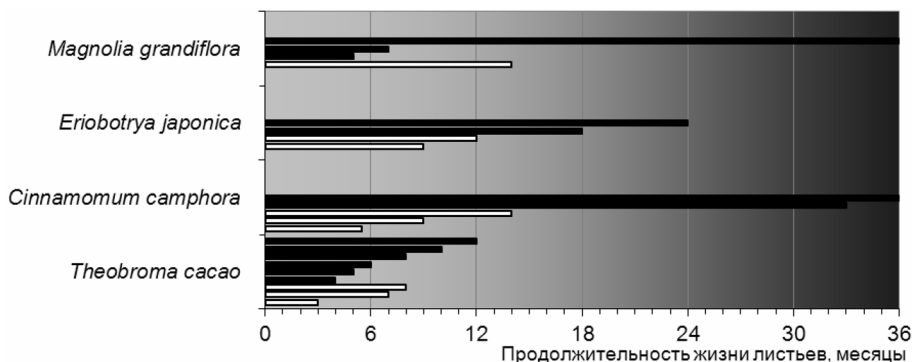


Рис. 4.5. Продолжительность жизни листьев у некоторых тропических и субтропических растений в условиях фондовой оранжереи ЦБС НАН Беларуси (черные линии) и в условиях тропического климата ботанических садов о. Ява (белые линии)

более равномерным и не столь массовым листопадом, большей продолжительностью жизни листьев, что в совокупности следует рассматривать как результат приспособления растений к новым условиям произрастания, в первую очередь к световому режиму в осенне-зимний период с коротким световым днем и более длинным в летний период, а также с более низкой суммарной солнечной радиацией в условиях умеренного климата.

4.4. Орхидеи ЦБС НАН Беларуси: исследования анатомической структуры вегетативных и генеративных органов гибридных форм *Phalaenopsis* Blume (Orchidaceae Juss.)

По международной системе APG II на основании универсальной систематики Р. Дресслера семейство Orchidaceae подразделяется на 5 подсемейств: Apostasioideae, Cypripedioideae, Vanilloideae, Orchidoideae, Epidendroideae [10–14].

Phalaenopsis – род эпифитных, (иногда литофитных) травянистых растений подтрибы Aeridine трибы Vandae подсемейства Epidendroideae семейства Orchidaceae класса Liliopsida (однодольные) отдела Magnoliophyta (покрытосеменные). Триба Vandae делится на 3 подтрибы, самая многочисленная из которых – подтриба Aeridine (103 рода и около 1000 видов) – включает растения азиатского и австралийского происхождения, в то время как другие подтрибы представлены африканскими видами [13].

Родина видовых форм рода *Phalaenopsis* – страны Юго-Восточной Азии и острова Малайского архипелага. Распространены в тропических лесах по направлению от Индии через юг Китая, Тайские страны, Индонезию, Филиппины, Новую Гвинею до северо-востока Австралии (штат Квинсленд).

Род *Phalaenopsis* Blume объединяет тропические моноподиальные эпифитные орхидеи, иногда литофитные. По типу роста – розеточные растения

с блестящими, мясистыми, сидячими листьями удлинённо-эллиптической формы. Стебель не ветвится, медленно, неограниченно долго нарастая в длину, с приростом всего 1–2 листа в год, достигая у взрослого растения, как правило, 4–6 листьев. Кистевидные соцветия, длиной до 80 см, от мало- до многоцветковых, расположены на наклонных цветоносах, сформированных в пазухах листьев. Оригинальные и многообразные по форме цветки бывают разной величины, обычно ярко окрашенные, имеют продолжительный период цветения и обладают высокими декоративными качествами. Корневая система состоит из многочисленных воздушных придаточных корней, которые образуются на укороченном стебле и направлены не только вниз, но и горизонтально вверх. Эпифитные орхидеи используют в качестве опоры другие растения и посредством корней крепятся за кору стволов деревьев.

Большинство современных исследований рода *Phalaenopsis* касаются вопросов гибридизации и репродукции гибридных форм и культиваров, что представляет определенный коммерческий интерес. Культура орхидей достаточно широко развита во многих странах мира. После удачных экспериментов по клональному микроразмножению получено множество генетических вариаций фаленопсиса, и данное направление является главным в настоящее время. Практическое значение этой культуры возросло с появлением тетраплоидных гибридов. Фаленопсисы с успехом используются в качестве промышленной культуры в Европе, Америке, Японии, Китае и ряде других стран. Основные мировые научные исследования связаны с разработками ускоренной и эффективной репродукции орхидей [15]. Это пример того, как коммерческий успех способствовал развитию целого ряда научных направлений, в том числе клеточной биотехнологии.

В данной работе мы коснулись наименее изученных к настоящему времени вопросов, которые стали актуальными при интродукции и культивировании этих растений в качестве комнатных. До настоящего времени не изучены анатомические особенности морфологических частей фаленопсиса, что необходимо для понимания функционирования физиологических процессов в растении и создания условий для его адаптации в условиях интерьеров. Это открывает перспективы для расширения ассортимента декоративных культур для закрытых помещений и в условиях Беларуси.

Таким образом, цель нашего исследования – изучение анатомической структуры вегетативных и генеративных органов фаленопсиса как основы для изучения особенностей функционирования физиологических процессов в искусственно созданных условиях, отличных от естественной среды обитания, для разработки оптимальных технологических приемов при культивировании их в оранжереях и других помещениях с искусственным климатом. В качестве примера приводим анализ анатомического строения листа, корня и цветоноса фаленопсиса в условиях оранжереи ЦБС НАН Беларуси.

Объектами исследований были образцы 19 гибридных форм рода *Phalaenopsis*, полученные из Германии, культивируемые в оранжерее ЦБС НАН Бе-

ларуси. Исследования проводили согласно методическим рекомендациям на постоянных и временных препаратах для микроскопии [16, 17]. Препараты поперечных срезов морфологических частей фаленопсиса толщиной 10–20 мкм окрашивали сафранином и нильским синим. Обезвоживание и дифференцировку окраски изготавливаемых препаратов выполняли при последовательном использовании 50-, 75- и 96%-ного спирта, смеси фенола с ксилолом и ксилола. Для закрепления препарата на предметном стекле использовали канадский бальзам. Срезы исследовали в проходящем свете с помощью микроскопа «Биолам» при увеличении 8×10 , 20×10 , 40×10 , 100×10 . Основные элементы анатомической структуры объектов исследовали на окрашенных постоянных препаратах и свежих срезах в 100 полях зрения микроскопа с помощью шкалы окуляр-микрометра при увеличении 40×10 .

При исследовании вегетативных и генеративных органов представителей рода *Phalaenopsis Blume* обнаружены признаки анатомического строения, характерные для растений суккулентного типа, произрастающих в аридных областях Земли. Это вызвано тем, что в местах естественного обитания фаленопсис находится в условиях дефицита влаги, поскольку высокая температура, интенсивный воздухообмен и колебания относительной влажности воздуха в течение суток в среднем и верхнем ярусах тропического леса способствуют высыханию поверхностного слоя коры деревьев, которая является субстратом и опорой для эпифитных орхидей.

В анатомическом строении морфологических органов фаленопсиса выявлены цитологические и гистологические структуры, способные запасать и продолжительное время удерживать воду, а также обеспечивать экономный ее расход, что создает условия для реализации физиологических процессов в растении в условиях недостатка влаги. Для фаленопсиса характерно малое число устьиц на единицу площади листа, что свидетельствует о низкой интенсивности транспирации и газообмена. У разных его гибридов на 1 мм^2 листа количество устьиц в среднем составляет от 15 до 20, что близко к минимальным величинам, характерным для суккулентов. Для сравнения, у многих других видов растений количество устьиц колеблется от 100 до 300 на 1 мм^2 [18]. Клетки эпидермиса на большей части листа и цветоноса представлены двумя слоями, а поверхность воздушного корня покрыта веламеном, состоящим из четырех и более слоев клеток. Наличие многослойного эпидермиса также снижает интенсивность транспирации.

Все исследованные морфологические части растения покрыты плотным слоем кутикулы, которая обнаруживается не только на поверхности листа и цветоноса, как у наземных растений, но и на воздушных корнях. В некоторых местах кутикула окружает клетки эпидермиса со всех сторон. Толщина ее наружного слоя иногда достигает радиуса этих клеток. Один из факторов, влияющих на высокую водоудерживающую способность листа, – высокое содержание в структуре кутикулы восков, состоящих из полимеризованных жирных

кислот, сложных эфиров и мыл, образующихся в результате окислительного процесса и высыхания на открытых поверхностях клеточных стенок.

В структуре паренхимы листа обнаружена послойная дифференциация клеток, наличие водоносной и шарнирной ткани и кристаллов. В листе фаленопсиса отсутствуют признаки дорсовентральной анатомии, т. е. мезофилл листа не дифференцирован на палисадную и губчатую паренхиму. Относительно проводящих пучков клетки паренхимы ориентированы радиально. Палисадная паренхима у фаленопсиса отсутствует на обеих сторонах листа, что является следствием условий произрастания вида при умеренной инсоляции, по сравнению с анатомическим строением листа суккулентов и других растений, произрастающих в пустынях и на открытых местообитаниях [19].

Кроме того, в сформированных листьях вокруг проводящих пучков расположены сильно вакуолизованные, почти не содержащие хлоропластов крупные паренхимные клетки обкладки, образующие своеобразный ореол, к которым примыкают клетки хлоренхимы. Это признак «кранц-анатомии», характерный для C_4 -растений. Соседние проводящие пучки в клетках мезофилла разграничены перемычками из пузыревидных клеток, занимающих значительный объем и расчленяющих паренхиму на продольные тяжи. Эти клетки выполняют шарнирную функцию. Большая часть клеток паренхимы листа специализирована как водоносная и фотосинтезирующая ткань.

В клетках мезофилла находится от нескольких единиц до 200 хлоропластов. Хлоропласты расположены диффузно по всему объему клетки, но в зависимости от размеров вакуоли концентрируются на ее периферии. Для водозапасающей ткани характерно постенное расположение слоя цитоплазмы и ядра, а центральную часть клетки занимает вакуоль. В той части ткани, которая расположена под эпидермисом, хлоропластов содержится меньше, чем в ее более глубоких слоях. Солнечные лучи рассеиваются, проходя сквозь прозрачные клетки паренхимы, достигая хлорофиллоносных участков. Это замедляет процесс фотосинтеза, а следовательно, и транспирации.

Таким образом, установлено, что ряд анатомических структур листа фаленопсиса обеспечивает функционирование его жизненной формы эпифита в условиях с ограниченным содержанием влаги, присущих растениям аридных зон, характеризующимся замедленным метаболизмом (САМ-тип растений), экономным расходом ассимилятов и воды, низкой интенсивностью транспирации и высокой водоудерживающей способностью тканей и клеток. САМ-растения имеют толстые суккулентные листья и четко выраженные экологические признаки, отражающие их исключительную биохимическую и физиологическую функции [20]. Распространение САМ-растений и их экофизиологические характеристики, связанные с особенностями фиксации CO_2 , активно изучаются в последнее время, а принадлежность эпифитной орхидеи *Phalaenopsis* к этому типу растений подтверждена биохимическими исследованиями ряда авторов [21, 22].

Растения САМ-типа имеют особенности в осуществлении первичной фиксации CO_2 , которая происходит в ночное время, когда устьица открыты. Углекислота поступает в клетки листа и в цитоплазме, при участии ФЕП-карбоксилазы, присоединяется к фосфоенолпировиноградной кислоте (ФЕП) с образованием щавелево-уксусной кислоты (ЩУК), которая при участии малик-фермента восстанавливается до яблочной кислоты, накапливающейся в вакуолях клеток листа. Днем на свету при закрытых устьицах яблочная кислота транспортируется из вакуолей в цитоплазму, где происходит декарбоксилирование ЩУК с образованием CO_2 и пировиноградной кислоты. CO_2 при этом поступает в хлоропласты и с помощью РБФ-карбоксилазы/оксигеназы включается в цикл Кальвина.

Таким образом, в клетках САМ-растений содержится как ФЕП-карбоксилаза, так и РБФ-карбоксилаза/оксигеназа. Синтезируемые в дневные часы в цикле Кальвина углеводы используются как источник метаболитов, необходимых для повторения цикла. Реакции карбоксилирования ФЕП и декарбоксилирования дикарбоновых кислот в клетках САМ-растений разграничены во времени.

САМ-фотосинтез является одним из наиболее важных адаптивных признаков суккулентов и эпифитов в аридных условиях произрастания. На всех этапах фотосинтетического цикла промежуточные продукты могут претерпевать различные превращения в зависимости от внешних и эндогенных факторов. Возможна смена и типов первичной фиксации CO_2 , а суточный расход малата является важным показателем этого процесса, характеризующегося удивительной пластичностью.

В исследованиях Н. Motomura et al. [21] на примере представителей эпифитных орхидей рода *Phalaenopsis* показано, что первичная фиксация CO_2 в фотосинтезирующих органах растений (листья, воздушные корни) может осуществляться по любому из трех вариантов: 1) как *типичный* САМ-фотосинтез с высоким содержанием малата в конце ночного цикла и низким – в конце дневного; 2) как *латентный* САМ-фотосинтез с постоянно высоким содержанием малата в конце обоих циклов; 3) как C_3 -модель с постоянно низким содержанием малата в конце обоих циклов. Оказалось, что не только виды в пределах рода использовали различные модели САМ, но это обнаружилось и у отдельных растений в пределах вида (*P. amabilis* и *P. cornu-cervi*), а также на разных отрезках листа и фотосинтезирующих воздушных корней одного и того же растения.

Нами обнаружены признаки кранц-анатомии листа у гибридных форм *Phalaenopsis amabilis*, наиболее близкие паникоидному типу, характерному для тропических подсемейств (полевищковые и просовые): наличие внутренней склеренхимной обкладки проводящего пучка, наружной обкладки из сильно вакуолизованных клеток паренхимы и плотно окружающих ее клеток хлоренхимы. Это позволяет нам предположить возможность функционирования в зрелых листьях фаленопсиса кооперативного фотосинтеза (C_4 -путь фикса-

ции CO₂), основанного на кооперации клеток хлоренхимы и паренхимных обкладок, выполняющих разные функции. В данном случае реакции карбоксилирования ФЕП и декарбоксилирования дикарбоновых кислот в листьях, в отличие от типичного САМ строго компартиментированы: ФЕП-карбоксилазная реакция происходит в клетках хлоренхимы, а декарбоксилирование малата – в клетках обкладки.

Таким образом, полученные нами данные позволяют предположить возможность осуществления в листьях *Phalaenopsis*, кроме рассмотренных выше, еще одну модель фиксации CO₂ эпифитными орхидеями – по C₄-модели.

Эти данные подтверждают, что CO₂-метаболизм у тропических эпифитов более сложный, комплексный и пластичный, чем предполагалось ранее, а орхидея *Phalaenopsis* представляется интересным объектом для будущих исследований по регуляторному механизму экспрессии САМ.

Дифференциация клеток мезофилла с возрастом листа возрастает и направлена на увеличение доли шарнирной и водоносной тканей за счет уменьшения доли хлоренхимы и межклетников. Это уменьшает объем ассимиляционной ткани в листе по сравнению с листьями с дорсовентральной анатомией, что приводит к замедлению синтетических процессов и экономному расходованию ассимилятов и воды в растении.

Что касается определения функциональной нагрузки на каждый тип ткани, которая выражается ее долей (%) в объеме структуры зрелых и молодых листьев фаленопсиса [23], то, как видно из результатов, представленных на рис. 4.6, соотношение тканей в листе фаленопсиса изменяется в зависимости от возраста листа. Наиболее выражена дифференциация тканей в зрелых листьях, где увеличено доленое содержание шарнирной и водоносной тканей, по сравнению с молодыми листьями. У молодых листьев место шарнирной и водоносной ткани занимает недифференцированная хлоренхима и межклетники.

Плотность расположения клеток и объем межклетного пространства в разных частях паренхимы листа не одинаковы. Межклетники, которые сформированы клетками мезофилла, примыкающего к проводящим пучкам, запол-

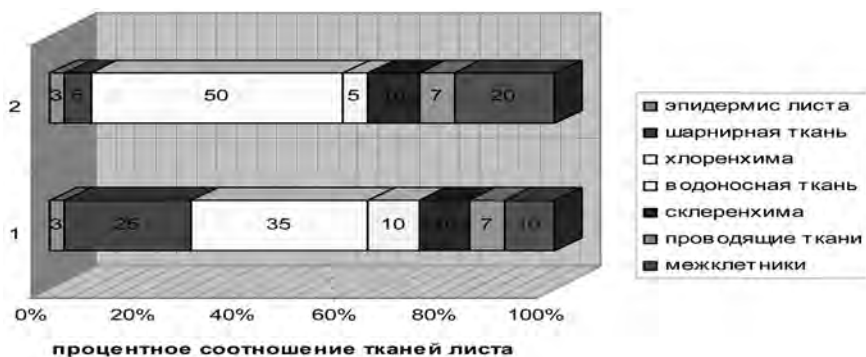


Рис. 4.6. Соотношение тканей в зрелом (1) и молодом (2) листьях фаленопсиса

нены жидким содержимым. Свободными для воздухообмена остаются межклеточные пространства, расположенные в наружном слое мезофилла листа. У фаленопсиса по всему объему тканей листа обнаруживаются идиобласты, включая клетки эпидермиса, мезофилла и проводящей системы. Наличие их свойственно суккулентам и другим растениям с признаками кранц-анатомии, обитающим в условиях засухи и недостатка влаги [19]. Диффузное распределение идиобластов и слизевых клеток способствует удержанию воды в тканях листа. У фаленопсиса встречаются три типа кристаллов – друзы, рафиды и мелкие простые прозрачные кристаллы, имеющие ромбовидную форму (рис. 4.7, см. цв. вклейку). Кристаллы ослабляют интенсивность света и повышают осмотическое давление в мезофилле листа. Это позволяет удерживать влагу в условиях ее недостатка и экономно расходовать органические вещества.

Проводящая система листа фаленопсиса характеризуется значительным количеством механических элементов, что обеспечивает ему высокую прочность. На фоне слабой дифференциации мезофилла в листьях фаленопсиса механические структуры представлены внутренней склеренхимной обкладкой проводящих пучков, которая образована склереидами и склеренхимными волокнами, собранными в продольные тяжи.

В просветах зрелых проводящих пучков ксилемы обнаруживаются тиллы – выросты паренхимных клеток, прилегающих к сосудам и трахеидам. Если в тиллах откладываются друзы, сосуды полностью закупориваются (рис. 4.8, см. цв. вклейку). Данная особенность может служить одной из причин преждевременного отмирания листа при избыточном минеральном питании, когда в результате закупорки в проводящем пучке остается недостаточно сосудов со свободным пространством для движения воды и растворенных в ней минеральных солей. Положительная роль этих структур заключается в повышении механической прочности волокон, а в итоге – и листовой пластинки.

Вызывают интерес секреторные структуры, расположенные среди клеток эпидермиса листа фаленопсиса, которые служат для экскреции избытка солей (против градиента концентрации) на поверхность растения. Это литоцисты – разросшиеся клетки эпидермиса, в которых образуются цистолиты – образования, содержащие карбонат кальция [17, 18]. Эти образования выполняют выделительную функцию. При высыхании листа солевые выделения кристаллизуются на его поверхности.

Анатомическое строение корней и цветоносов фаленопсиса отражает его эпифитный образ жизни. Как и в листьях, в них осуществляются процессы фотосинтеза, они обладают высокой водоудерживающей и регенерирующей способностью, и у них хорошо развита механическая и водоносная ткань. Как и наземные растения, орхидеи данного рода – автотрофные, но в отличие от них они механически зависимы. Чтобы достигнуть света, эпифиты используют другие растения в качестве опоры. Используя готовые питательные вещества в виде растворенных в воде минеральных и органических соединений, корни вместе с тем являются фотосинтезирующими органами и участвуют

в автотрофном питании. В целом корневая система состоит из многочисленных воздушных придаточных корней, которые образуются на укороченном стебле и направлены не только вниз, но горизонтально и вверх. Как представитель однодольных фаленописис имеет первичное строение корня.

Анатомическое строение воздушных корней фаленописиса связано с эпифитным образом жизни [24]. Они покрыты толстым слоем кутикулы, что характерно для надземных структурных органов наземных растений. Большую часть объема тканей корня занимает веламен – многослойный эпидермис, важнейшей функцией которого является водо- и газообмен между растением и внешней средой обитания; его пористая структура увеличивает всасывательную поверхность корня. Обмен между клетками эпидермиса и внешней средой обеспечивают пропускные каналы. Клетки коры фаленописиса содержат хлоропласты, в результате чего они участвуют в процессе фотосинтеза. Структурный состав клеток коры способствует удержанию воды в клетках корня даже при ее недостатке во внешней среде, что осуществляется в основном за счет идиобластов, повышающих осмотическое давление в корне. Ксилема корня фаленописиса полиархного типа, в центральном цилиндре она расположена радиально в виде лучей. Высокая прочность корня фаленописиса обеспечивается колленхимой и склеренхимой, а количественное соотношение этих тканей зависит от возраста корня [24].

Воздушные корни эпифита фаленописиса, таким образом, характеризуются наличием веламена – многослойного эпидермиса, важнейшей функцией которого является водо- и газообмен между растением и внешней средой обитания, а также наличием хлоропластов в клетках коры и участием их в процессе фотосинтеза, мощным развитием колленхимы и склеренхимы, обеспечивающих прочность корням, фиксирующим растения на опоре, и наличием идиобластов, повышающих осмотическое давление в корне.

Цветонос фаленописиса – генеративный побег, который формируется в пазухе листа. Пазушные почки закладываются позже кроющих их листьев. В период образования и развития цветоноса листья у фаленописиса в условиях оранжереи умеренного климата не формируются, и в отличие от других растений этот период занимает достаточно длительное время [25].

Цветонос фаленописиса совмещает выполнение функций как генеративного, так и вегетативного органа. В нем осуществляются процессы фотосинтеза, он обладает высокой регенерирующей и водоудерживающей способностью за счет плотного слоя кутикулы, идиобластов и водоносных клеток коры. Наличие большого объема межклетников в коре способствует интенсивному газообмену. Проводящие пучки в цветоносе фаленописиса отличаются промежуточным переходным типом (рассеянно-сосудистым и пучковым), что характерно как для однодольных, так и для двудольных растений.

Формирование цветоносов и листьев у фаленописиса разграничено в пространстве. При образовании цветоноса на верхушке вегетативного побега из апикальной меристемы цикл развития растения завершается, а при фор-

мировании цветоноса в латеральной части апекса в зоне локализации интеркалярной меристемы развивается новое самостоятельное растение со своей апикальной меристемой. В условиях оранжереи формирование цветоносов и листьев у фаленопсиса разграничено во времени: листья образуются между периодами цветения [26].

Таким образом, особенностями структуры цветоноса эпифитной орхидеи *Phalaenopsis* Blume являются мощное развитие покровных тканей (эпидермис и кутикула); наличие функционально активных хлоропластов в клетках коры; наличие значительной доли водоносной ткани и идиобластов, заполненных кристаллами, обеспечивающих продолжительный период цветения, в том числе и изолированному цветоносу; большой объем механической ткани, немалую часть которой занимают волокна перицикла, обкладки вокруг проводящих пучков, образованные колленхимой и склеренхимой, создающих упругость и прочность генеративному побегу, а разобщенность в пространстве проводящих пучков цветоноса позволяет сохранить его жизнеспособность при механических повреждениях.

Предпринятое нами изучение анатомической структуры вегетативных и генеративных органов фаленопсиса – основа для будущих исследований особенностей функционирования физиологических процессов у эпифитных орхидей в искусственно созданных условиях, отличных от естественной среды обитания, что полезно при разработке оптимальных технологических приемов их культивирования в оранжереях и других помещениях с искусственным климатом.