

ВЕСЦІ НАЦЫЯНАЛЬнай АКАДЭМІІ НАВУК БЕЛАРУСІ

СЕРЫЯ БІЯЛАГІЧНЫХ НАВУК 2011 № 4

ИЗВЕСТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ

СЕРИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК 2011 № 4

ЗАСНАВАЛЬНІК – НАЦЫЯНАЛЬНАЯ АКАДЭМІЯ НАВУК БЕЛАРУСІ

Часопіс выдаецца са студзеня 1956 г.

Выходзіць чатыры разы ў год

ЗМЕСТ

Рупасова Ж. А., Яковлев А. П., Лиштван И. И., Жданец С. Ф. Особенности развития вегетативной сферы таксонов рода <i>Vaccinium</i> в опытной культуре на вырубке из промышленной эксплуатации торфяном месторождении севера Беларуси.....	5
Павловский Н. Б. Сохраняемость плодов разных сортов и видов голубики, интродуцированных в Беларуси.....	15
Корнеева Г. И. Анатомия корня гибридных форм рода фаленопсис (<i>Phalaenopsis</i> Blume).....	20
Жудрик Е. В. Особенности онтогенеза <i>Strelitzia reginae</i> banks при культивировании в Беларуси.....	26
Корень Л. В., Орловская О. А., Хотылева Л. В. Генетический анализ формирования хозяйственно ценных признаков у отдаленных гибридов пшеницы (<i>Triticum aestivum</i>).....	35
Ермишина Н. М., Кременевская Е. М., Гукасян О. Н., Бушгевич В. Н., Гриб С. И., Лемеш В. А. Использование ДНК-маркеров для создания D/R-замещенных форм тритикале с оптимальным аллельным составом локуса <i>Glu-D1</i>	41
Кудряшова О. А., Водчиц М. П., Глеб Е. П., Гук Е. С., Вологович А. А. Стимуляция роста и развития листопадных форм <i>Rhododendron</i> in vivo с использованием установки освещения на основе светодиодов.....	46
Дремук И. А., Шальго Н. В. Окислительные процессы и проницаемость клеточных мембран в проростках ячменя (<i>Hordeum vulgare</i>) при совместном действии низкотемпературного и водного стресса.....	52
Важинская И. С., Купцов В. Н., Коломиец Э. И., Новик Г. И., Кантерова А. В. Криоконсервация как эффективный способ хранения фитопатогенных грибов.....	57

PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS

BIOLOGICAL SERIES 2011 N 4

FOUNDER IS THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS

The Journal has been published since January 1956

Issued four times a year

CONTENTS

Rupasova Zh. A., Yakovlev A. P., Lishtvan I. I., Zhdanets S. F. Peculiarities of development of vegetative sphere taxons of genus <i>Vaccinium</i> in practiced culture on the opencast peat fields of the north of Belarus	5
Pavlovski N. B. Safety of different taxa berry blueberry introduced into Belarus.	15
Karneyeva H. I. The root anatomy of hybrid forms of genus <i>phalaenopsis</i> (<i>Phalaenopsis blume</i>).	20
Zhudryk E. V. Features of ontogenesis <i>Strelitzia reginae</i> banks at cultivation in Republic of Belarus	26
Koren L. V., Orlovskaya O. A., Khotyleva L. V. Genetic analysis of agronomic traits formation in remote wheat hybrids (<i>Triticum aestivum</i>)	35
Yermishina N. M., Kremenevskaya E. M., Gukasian O. N., Bushtevich V. N., Grib S. I., Lemesh V. A. Use of DNA-markers for development of D/R-substituted forms of triticale with optimal allele composition of <i>Glu-D1</i> locus	41
Kudryashova O. A., Vodchic M. P., Gleb E. P., Guk E. S., Volotovich A. A. Stimulation of growth and development of <i>Rhododendron</i> deciduous plants in vivo using of emplacement of illumination on the basis of light-emitting diodes	46
Dremuk I. A., Shalygo N. V. Oxidative processes and cell membrane permeability in barley (<i>Hordeum vulgare</i>) seedlings under combined action of low temperature and flooding	52
Vazhynskay I. S., Kuptsov V. N., Kolomiets E. I., Novik G. I., Kanterova A. V. Cryoconsequence as an effective method of preserving phytopathogenic fungi.	57
Vereshchako G. G., Goroch G. A., Fedosenko O. L., Gunkova N. V. The effects of phenoboline on some indicators of the blood, reproductive system and level of hormones in rats-males of serum blood	63
Vinogradov V. V., Tumanov A. V., Vinogradov S. V., Matsyuk Ya. R., Andreyev V. P., Smykovskaya T. Yu., Yarotsky Yu. V. Stress and thycocyte genetic trigger at rats	68
Grin'ko V. N., Yakimovich N. N., Bildyukevich A. A., Yakimovich I. V. Influence of structures of a nutrient medium on biosynthesis L-leucine by culture <i>Corynebacterium glutamicum</i> AC-L	77
Ramanouskaya T. V., Severin I. N., Kosmacheva S. M., Potapnev M. P., Grinev V. V. Development of new lentiviral transfer vector for ectopic expression of single-chain insulin-coding gene in human mesenchymal stem cells.	82
Vladimirskaya T. E., Shved I. A., Kryvorot S. G., Veyalkina N. N., Adamovich A. V. Determination of the estrous cycle phases of white rats according to cellular makeup of vaginal smears	88

УДК 581.8+582.592

Г. И. КОРНЕЕВА

**АНАТОМИЯ КОРНЯ ГИБРИДНЫХ ФОРМ РОДА ФАЛЕНОПСИС
(PHALAENOPSIS BLUME)**

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, loreley68@mail.ru

(Поступило в редакцию 30.05.2011)

Введение. Род *Phalaenopsis Blume* объединяет тропические моноподиальные орхидеи – эпифиты и литофиты (65 видов и 7 межвидовых природных гибридов) [7, 11]. Листья блестящие, мясистые, крупные, сидячие, удлинненно-эллиптической формы. Соцветия кистевидные от мало до многоцветковых на наклонном цветоносе длиной до 80 см, располагающиеся в пазухах листьев. Цветки разной величины, обычно ярко окрашенные, оригинальные и многообразные по форме, высоко декоративные с продолжительным периодом цветения. По типу роста все они являются розеточными растениями, родина – Австралия (штат Квинсленд), Новая Гвинея, Индонезия и Филиппины [7, 15, 16].

Фаленопсис – самая популярная орхидея среди горшечных растений, самая первая тропическая орхидея викторианских коллекций. С появлением тетраплоидных гибридов практическое значение этой культуры возросло. Как оказалось, они хорошо адаптируются и способны расти в домашних условиях на протяжении всего времени, пока удастся обеспечить режим, максимально приближенный к естественному. Эти орхидеи с успехом используются в Америке, Японии и ряде стран Европы в качестве промышленной культуры, что потребовало серьезных разработок по их ускоренной и эффективной репродукции [9, 12, 17].

Цель наших исследований – изучение особенностей формирования анатомической структуры вегетативных и генеративных органов фаленопсиса как основы для разработки оптимальных технологических приемов при культивировании их в оранжереях умеренного климата. В данной статье приводится анализ анатомического строения воздушных корней фаленопсиса в условиях оранжереи Центрального ботанического сада НАН Беларуси.

Морфологические особенности органов растений и характерные для них структурные различия обусловлены их физиологической специализацией [8, 13]. 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 фаленопсис имеет первичное строение корня.

Объекты и методы исследования. В качестве объектов исследования послужили образцы 19 гибридных форм рода *Phalaenopsis*, полученные из Германии, культивируемые в оранжерее ЦБС НАН Беларуси. Исследования проводили согласно методическим рекомендациям [1, 6].

Результаты и их обсуждение. Как показали результаты, наружный слой корня фаленопсиса представлен веламеном (рис. 1). Это многослойный эпидермис, который состоит из 3–4 слоев плотно сомкнутых мертвых клеток с утолщенными клеточными стенками. Снаружи покрыт кутикулой, благодаря наличию которой он сходен с обычным однослойным эпидермисом. Кутикула

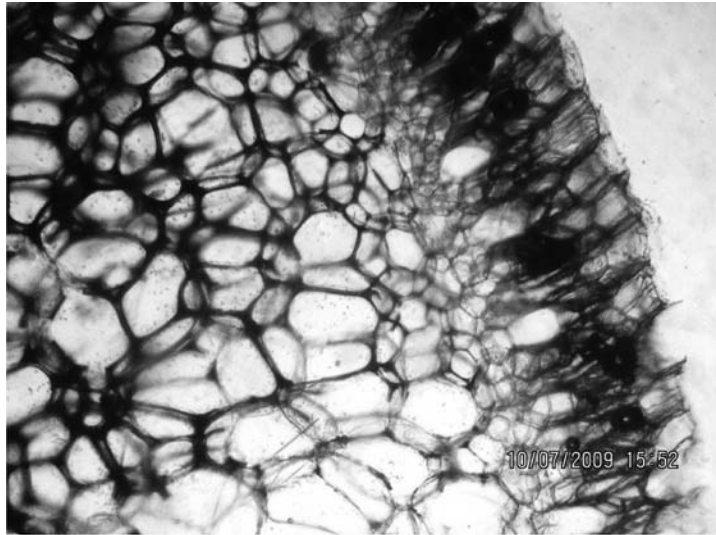


Рис. 1. Наружная часть поперечного временного среза корня фаленопсиса

расположена веерообразно, повторяя форму наружного края клеток веламена, и имеет пропускные каналы между клетками эпидермиса и внешней средой. Клетки внешнего слоя веламена бокаловидной или трапециевидной формы, направлены перпендикулярно продольной оси корня. По размеру данные клетки больше, чем клетки внутренних слоев веламена, которые повторяют форму наружных, либо являются ромбовидными или многоугольными. Содержимое клеток связано между собой посредством каналов, которые обнаруживаются в кутинизированных клеточных стенках. В клетках имеется большое количество микротрубочек, ориентированных перпендикулярно оси корня, особенно их много во внутренних слоях.

Клетки эпидермиса фаленопсиса в условиях дефицита влаги могут образовывать корневые волоски, хотя в оптимальных условиях для них это не свойственно. Появление волосков позволяет увеличить всасывающую поверхность в местах контакта корней с питательной средой.

Корневой чехлик у фаленопсиса защищен от высыхания толстым слоем кутикулы. Эпидермис корневого чехлика представлен живыми клетками, которые делятся и формируют внутренние слои, в результате чего и образуется веламен.

Кора корня характеризуется наличием большого количества межклетников как схизогенного, так и лизогенного происхождения. На участках с большим количеством межклетников она приобретает вид аэренхимы и выполняет соответственно функцию газообмена. Паренхиму коры корня фаленопсиса можно условно разделить на три слоя клеток: экзодерму, мезодерму и эндодерму (рис. 1).

Непосредственно под веламеном находятся клетки экзодермы, которые ближе к корневному чехлику образуют несколько слоев. Среди них выделяется один ряд клеток овальной формы с толстыми клеточными стенками. При расположении ближе к основанию корня ряд клеток экзодермы с толстыми стенками образует сплошное кольцо. Участки клеточных стенок экзодермы, расположенные со стороны веламена, утолщены больше по сравнению с внутренними и имеют пропускные каналы. В старых корнях стенки клеток этого слоя опробковывают и выполняют механическую и защитную функцию. В молодых участках корня между названными клетками экзодермы и слоем клеток веламена расположены мелкие клетки с тонкими стенками. Вероятно, из этих клеток образуются внутренние слои веламена. Внутреннюю сторону слоя клеток экзодермы с толстыми стенками окружают несколько слоев рыхло расположенных мелких тонкостенных клеток, содержащих хлоропласты. Слой этих клеток наиболее интенсивно окрашен в зеленый цвет, что придает соответствующий оттенок воздушным корням фаленопсиса. На срезах молодых корней или фрагментов корня возле корневого чехлика видно, что клетки экзодермы с толстыми стенками не соединены между собой и не образуют сплошного кольца. Между

ними находится несколько (3–5) слоев тонкостенных клеток с хлоропластами. Слой клеток экзодермы с утолщениями, напоминающими пятна Каспари, функционально и по структуре сходен с эндодермой.

Наибольший слой среди клеток коры корня занимает мезодерма. Это совокупность клеток паренхимы, расположенных между экзодермой и эндодермой. От периферии корня к центру клетки мезодермы варьируют по форме и размерам. На периферии корня они имеют округлую форму, меньшие по размеру и расположены плотнее, чем клетки, находящиеся ближе к центру. В центральной части коры клетки наиболее крупные, расположены рыхло и имеют большие межклетники. Ближе к центральному цилиндру размер клеток уменьшается, они располагаются более плотно и принимают вытянутую форму в направлении к центральному цилиндру.

Клетки коры корня фаленопсиса имеют живое содержимое и единичные хлоропласты. Оболочки указанных клеток образуют уголковую колленхиму. Это механическая ткань первичного происхождения, состоящая из живых клеток с утолщенными по углам стенками. Колленхимные клетки упруги и пластичны, приспособлены для выполнения опорной функции для растущего корня. Особенности роста колленхимной ткани не препятствует его удлинению, а ее пластичность меняется с возрастом корня [5, 8, 13]. Ближе к корневому чехлику у фаленопсиса преобладает колленхима, а ближе к стеблю – склеренхима. В процессе старения корня колленхимные волокна склерифицируются, и корни становятся очень прочными на разрыв. После образования склеренхимы на месте колленхимы корни больше не удлиняются. Неравномерное утолщение клеточных стенок, связанное с развитием склеренхимы в старых корнях, придает прочность им при изгибе и скручивании, что препятствует разрывам и изломам корней, закрепляющих растение на опоре.

В слоях клеток коры обнаружены включения, характерные для растений, произрастающих в засушливых условиях. Они представлены идиобластами – клетками, в которых формируются кристаллы. Среди них преобладают рафиды – кристаллы в форме игл, заостренных с обеих сторон. При повреждении стенок идиобластов рафиды рассыпаются в образовавшуюся лизогенную полость. Идиобласты имеют более крупные размеры по сравнению с клетками паренхимы корня, и в зрелом состоянии идиобласты лишены протопласта, представляя собой мертвые структуры. Все свободное пространство вокруг рафидов внутри идиобластов заполнено слизью, способной к набуханию [10]. Рафиды представляют собой отложения минеральных веществ, образованных оксалатом кальция [5, 8]. Наличие структур, содержащих соли, повышает осмотическое давление в корне.

В клетках коры обнаружены гифы гриба, представляющие эндомикоризу орхидных (рис. 2). Фаленопсис, как и другие представители семейства, в естественных условиях является

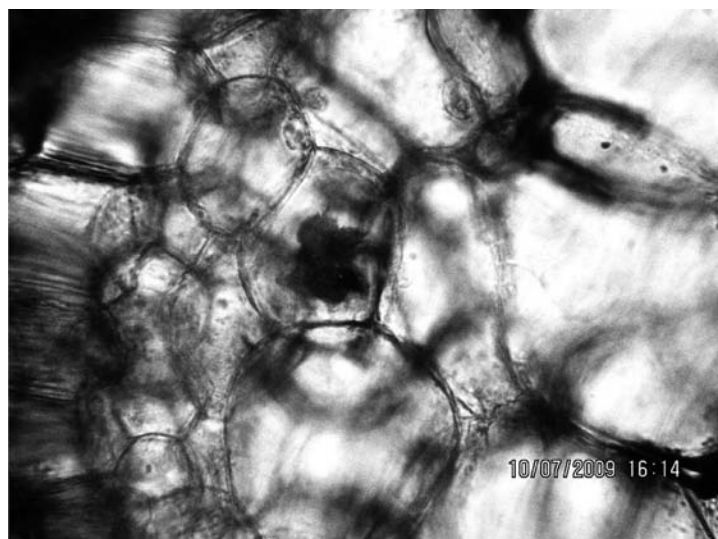


Рис. 2. Наружная часть поперечного временного среза корня (эндомикориза)

облигатно-микотрофным растением. Гифы гриба проникают из субстрата в клетки коры корня, где образуют клубки, которые впоследствии перевариваются клетками растения-хозяина. Этот процесс напоминает явление фагоцитоза [2, 3]. В отличие от эктотрофной микоризы микориза орхидных не образует грибного чехла вокруг корней и при недостатке влаги и питательных веществ корни фаленопсиса способны формировать корневые волоски.

Внутренний слой клеток коры фаленопсиса представлен эндодермой, которая образована одним слоем клеток квадратной или прямоугольной формы, окружающих центральный цилиндр (рис. 3). Клетки эндодермы имеют живое содержимое, но отличаются элементами структуры их оболочек. В местах соединения кольца эндодермы клеточные стенки имеют утолщения – пояски Каспари, представляющие собой полосу, опоясывающую радиальные и поперечные стенки, и образованную из материала клеточной оболочки. В старых корнях фаленопсиса в клетках эндодермы обнаруживаются утолщения клеточной оболочки, расположенные неравномерно. Чаще всего они обнаруживаются с внутренней стороны кольца эндодермы. Наиболее толстостенные клетки эндодермы примыкают к флоэме. Среди плотного кольца клеток эндодермы обнаружены пропускные клетки, размещенные на участках контакта с лучами ксилемы (рис. 3). В отличие от остальных клеток эндодермы в зрелых корнях на оболочках пропускных клеток выделяются только пятна Каспари, а утолщений оболочек не наблюдается. Через эти клетки осуществляется связь между корой и центральным цилиндром. Они обеспечивают условия для транспорта воды из коры в центральный цилиндр, так как одна из функций эндодермы заключается в регулировании поступления тока воды в горизонтальном направлении от клеток коры к центральному цилиндру корня, где расположены проводящие ткани. Транспорт воды на уровне эндодермы осуществляется путем смены быстрого апопластного тока на медленный симпластный, так как диаметр стели, куда через эндодерму поступает вода, в 5–6 раз меньше диаметра поверхности коры и всасывающей поверхности корня [4]. Кольцо из толстостенных клеток эндодермы особенно четко выделяется на поперечных срезах старых корней.

Центральный цилиндр состоит из проводящих тканей, перемежающихся с паренхимой. От коры корня он ограничен кольцом дифференцированных клеток эндодермы.

Плотное примыкание элементов проводящей ткани и радиальное расположение лучей ксилемы указывает на первичное строение корня фаленопсиса [14]. Нами было обнаружено, что протоксилема расположена на периферии центрального цилиндра, а метаксилема – ближе к его центру. Ксилема корня у фаленопсиса полиархного типа. Она занимает центральное положение и образует 10 радиально расположенных лучей, и на поперечном срезе имеет форму звезды. Элементы ксилемы на периферии центрального цилиндра имеют меньший диаметр по сравне-

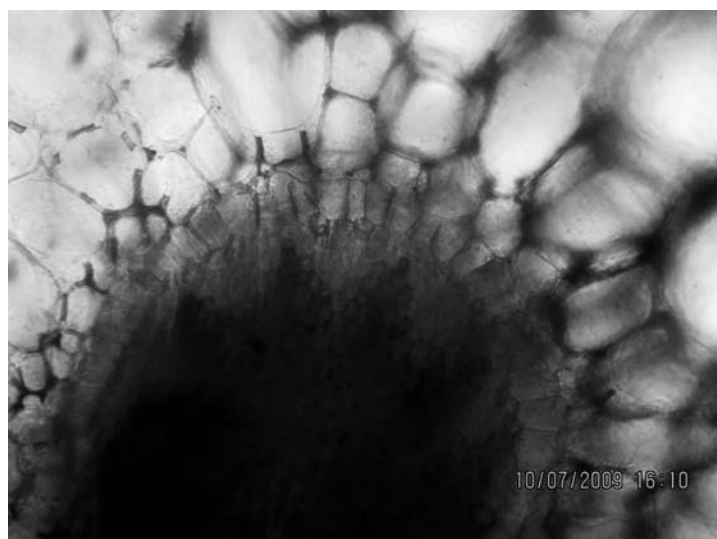


Рис. 3. Центральная часть поперечного временного среза корня (центральный цилиндр, слой эндодермы с пропускными клетками напротив лучей ксилемы).

нию с теми, которые расположены ближе к центру. Переход от узких элементов ксилемы к широким постепенный. На поперечных срезах корней в центральной части центрального цилиндра между сосудами ксилемы различимы клетки сердцевинной паренхимы. В процессе старения корня клетки паренхимы разрушаются, а стенки сосудов ксилемы склерифицируются.

В корнях фаленопсиса со стороны центрального цилиндра к клеткам эндодермы примыкает слой более мелких и тонкостенных, по сравнению с клетками эндодермы, паренхимных клеток. Они представляют собой меристематическую ткань – перицикл, в котором происходит образование боковых корней [8]. На меристематическую активность перицикла оказывают влияние некоторые факторы. Так, например, на здоровых, неповрежденных корнях фаленопсиса боковые корни обычно не образуются, но при их повреждении на участках, расположенных выше повреждения и ближе к основанию корня, боковые корни иногда образуются. Их возникновение связано с функциональной активностью перицикла. Клетки перицикла, расположенные против участков флоэмы, меньшие по размеру и образуют более узкий слой по сравнению с клетками перицикла, примыкающими к лучам ксилемы. В периферической части центрального цилиндра в промежутках между лучами ксилемы и перициклом расположена флоэма (рис. 3). Более подробное описание этой структуры пока не проведено в связи с необходимостью усовершенствования методических подходов к ее исследованиям.

Заключение. Анатомическое строение корней фаленопсисов связано с эпифитным образом жизни. Наиболее характерные особенности их структуры заключаются в следующем.

Воздушные корни 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 фаленопсиса 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 фаленопсиса полиархного типа, в центральном цилиндре она расположена радиально в виде лучей. Высокая прочность корня фаленопсиса обеспечивается колленхимой и склеренхимой, а количественное соотношение этих тканей зависит от возраста корня.

Литература

1. Еремин В. М., Шкуратова Н. В. Выпускные квалификационные работы по структурной и экологической анатомии растений: Методические рекомендации к выполнению ВКР. Южно-Сахалинск: РАН, Дальневосточное отделение, 2008.
2. Жизнь растений: В 6 т./ Под ред. А. Л. Тахтаджян. М., 1982, т. 5. С. 15–20.
3. Мишустин Е. Н., Емцев В. Т. Микробиология. М., 1970.
4. Полевой В. В. Физиология растений. М., 1989.
5. Гутаяк В. Х. Анатомия и морфология растений. 2-е изд. М., 1980.
6. Фурст Г. Г. Методы анатомо-гистохимического исследования растительных тканей. М., 1979.
7. Черевченко Т. М. Тропические и субтропические орхидеи. Киев, 1993.
8. Эсау К. Анатомия семенных растений: Пер. с англ. М., 1980. С. 142.
9. Cha-um S., Ulzibat B., Kiridmanee C. // Australian Journal of Crop Science. 2010. Vol. 4. I. 9. P. 750–756.
10. Cheavin W. H. S. // Brit. Jour. Micros. and Photomicrogr., 1938. Vol. 2. P. 155–158.
11. Christenson E. A. Phalaenopsis: A Monograph. Portland, Oregon: Timber Press, Inc., 2001.
12. Cui G. R. // Journal of Tropical and Subtropical Botany. Beijing: Science Press, 2010. Vol. 18. P. 696–706.
13. Esau K. // Hilgardia. 1936. Vol. 10. P. 431–476.
14. Guttenberg H. Der primäre Bau der Angiospermenwurzel // K. Linsbauer: Handbuch der Pflanzenanatomie. 1940. Bd 8 P. 39.
15. Као Y. Y. Molecular cytogenetic study of Phalaenopsis orchids. Associate Professor Institute of Molecular and Cellular Biologie, National Taiwan University [Electronic resource]. 2008. Mode of access: [http:// cell.lifescience.ntu.edu.tw/english/.%5Cfaculty_en%5Ckao_yy_en_.htm](http://cell.lifescience.ntu.edu.tw/english/%5Cfaculty_en%5Ckao_yy_en_.htm). – Date of access: 17.07.2008.

16. Sweet H. R. Genus Phalaenopsis. USA: Orchid Digest Inc., 1980.
17. Zhang J. X., Wu J. X., Tian L. N. // Acta Physiologiae Plantarum. Berlin: Springer-Verlag GmbH, 2011. Vol. 33. P. 409–417.

H. I. KARNEYEVA

THE ROOT ANATOMY OF HYBRID FORMS OF GENUS PHALAENOPSIS BLUME

Summary

The anatomical structure of aerial roots of the Phalaenopsis, reflects the life form of it as a epiphyte. Multi-layered epidermis with crossing channels provides water and gas exchange. A thick layer of cuticle on the epidermis, water-bearing cells and crystals in the cells of the cortex contribute to water retention. Thanks to the chloroplasts contained in the cortical cells, roots of Phalaenopsis are involved in the process of photosynthesis. The mechanical structure of the fibers in the roots increases their strength to consolidate on a pedestal.