

УДК 581.84

## ПРОТИВОРЕЧИВОСТЬ ПОНЯТИЙ «ЭКЗОДЕРМА» И «ЭНДОДЕРМА» В УЧЕБНИКАХ БОТАНИКИ И ПУТИ ЕЁ ПРЕОДОЛЕНИЯ

<sup>1</sup>Соконова Л.И., <sup>2</sup>Соломонова Е.В., <sup>3</sup>Трусов Н.А.

<sup>1</sup>ГОУ ВПО «Российский университет дружбы народов», Москва, e-mail: sozonovalara@mail.ru;

<sup>2</sup>ГОУ ВПО «Московский государственный университет прикладной биотехнологии», Москва, e-mail: solomonova\_k@mail.ru;

<sup>3</sup>Учреждение Российской академии наук Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва, e-mail: n-trusov@mail.ru

В статье обсуждаются тенденции рассмотрения экзодермы и эндодермы как тканей и как анатомо-топографических зон органа, проявляющиеся в учебниках ботаники, которые изучаются в российских вузах. Для устранения противоречий при анализе и описании кортекса авторы предлагают ввести топографические понятия «экзокортекс», «мезокортекс» и «эндокортекс», квалифицировать экзодерму и эндодерму как ткани растений, проводить анализ и описание срезов по предложенному авторами плану.

**Ключевые слова:** экзодерма, эндодерма, кортекс

## THE CONTRADICTIONARY CONCEPTS «EKZODERM» AND «ENDODERM» IN THE TEXTBOOKS OF BOTANY AND THE WAYS TO OVERCOME IT

<sup>1</sup>Sozonova L.I., <sup>2</sup>Solomonova E.V., <sup>3</sup>Trusov N.A.

<sup>1</sup>Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, e-mail: sozonovalara@mail.ru;

<sup>2</sup>Moscow State University of Applied Biotechnology, Moscow, e-mail: solomonova\_k@mail.ru;

<sup>3</sup>Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin, Moscow, e-mail: n-trusov@mail.ru

The tendencies of examination of ekzoderm and endoderm as cloths and as organs anatomical-topographical zones, that are manifested in botany textbooks, which use in Russian Institutes of Higher Education, are discussed in the article. The authors propose to introduce for eliminating the contradictions with analysis and description of «korteks» topographic concepts «ekzokorteks», «mezkorteks» and «endokorteks», to qualify the ectoderm and endoderm as the cloths of plants, to conduct analysis and description of shear through the proposed by the authors plan.

**Keywords:** ekzoderm, endoderm, korteks

Отечественные вузовские курсы ботаники, программы которых весьма близки, обязательно включают материал о закономерностях внутреннего строения вегетативных органов растений, о разнообразии анатомии органов у растений различных таксонов. При обучении ряду специальностей (биология, агрономия, фармация и др.) одной из задач курса ботаники является выработка у студентов навыков самостоятельного анализа срезов вегетативных органов на лабораторных занятиях.

Излагая теоретический материал по анатомии вегетативных органов растений, преподаватель, в частности, должен давать представления об эндодерме и экзодерме. Трудность заключается в том, что названные понятия трактуются в учебной ботанической литературе неоднозначно.

Целью настоящей работы явился анализ соответствующих (объясняющих термины «экзодерма» и «эндодерма») глав учебников ботаники, используемых в отечественных вузах. Всего было проанализировано 15 учебников разных авторов, изданных в разные годы, предназначенных

студентам различных специальностей. В настоящей статье в качестве примеров, отражающих выявленные тенденции в интерпретации рассматриваемых понятий, приводятся учебники для биологических [3, 4], сельскохозяйственных [1] и медицинских специальностей [6], а также общеизвестный и авторитетный учебник ботаники, подготовленный на основе учебника Э. Страбургера с соавторами – П. Зитте с соавторами [2], который в отношении адресации может считаться универсальным.

Нами установлено, что в трактовке экзодермы и эндодермы просматриваются две тенденции.

Часть авторов склонны рассматривать эндодерму и экзодерму как особые ткани растений, слагающие слои первичной коры [2, 4].

Другая точка зрения заключается в том, что экзодерма и эндодерма считаются анатомо-топографическими зонами органа.

Немалую роль в существовании последней трактовки экзодермы и эндодермы играют универсальные части слов: экзо- и эндо-. Экзо- (от греч. eho – вне, снаружи) и эндо- (от греч. endon – внутри) – части сложных

слов, соответственно означающие: внешний, наружный, указывающий на связь с внешней средой, и внутренний [5]. Всё это позволяет утверждать, что слои первичной коры, расположенные между экзодермой и эндодермой, можно именовать мезодермой. Мезо- (от греч. *mesos* – средний, промежуточный) – часть сложных слов, означающая: занимающий среднее, промежуточное положение или характеризующийся средней, умеренной величиной [5]. Дерма – от греч. *derma* – кожа [5].

И.И. Андреева и Л.С. Родман [1], рассматривая классификацию растительных тканей и характеризуя их группы, экзодерму и эндодерму в числе тканей не называют. Описывая строение корня, они разделяют первичную кору на экзодерму, мезодерму и эндодерму, никак их не квалифицируя. Упоминается также и экзодерма стебля, по выражению авторов, представленная колленхимой. Таким образом, экзодерма и эндодерма явно трактуются как топографические зоны органов.

Зачастую авторы, придерживающиеся указанной (второй) точки зрения, при описании анатомических препаратов не называют ткани, составляющие топографические зоны экзодерму, мезодерму и эндодерму, а описывают клетки (например: клетки мезодермы крупные, тонкостенные и пр.).

К сказанному выше следует добавить, что авторы учебников не всегда последовательно и чётко придерживаются одной из перечисленных точек зрения. Например, Л.И. Лотова [4] и Т.И. Серебрякова с соавт. [3] именуют экзодерму тканью и относят её к покровным тканям. Эндодерма же тканью определённно не называется. При характеристике сразу описываются признаки её клеток и местоположение на срезах вегетативных органов. П. Зитте с соавторами [2] тканью называют эндодерму, которую причисляют к группе пограничных тканей. Экзодерму эти авторы в качестве ткани не рассматривают. Г.П. Яковлев, В.А. Челомбитко и В.И. Дорофеев [7] описывают экзодерму и эндодерму как топографические зоны, поскольку используют, наряду с терминами «экзодерма» и «эндодерма», сугубо топографический термин «мезодерма». Однако вместе с названием «мезодерма» приводят в качестве синонима название «паренхима» – наименование ткани.

На наш взгляд, устранить имеющиеся трудности и противоречия в определении понятий «экзодерма» и «эндодерма» вполне возможно. Для этого достаточно ввести некоторые новые универсальные понятия и формализовать начальные этапы анализа анатомических срезов. Первичную кору

(кортекс) целесообразно трактовать как топографическую зону органа (среза), имеющую подзоны: наружную кору (экзокортекс), промежуточную, или срединную, кору (мезокортекс), внутреннюю кору (эндокортекс). Подчёркиваем, что экзокортекс, мезокортекс и эндокортекс – понятия только топографические. Однако местоположение этих подзон, даже без рассмотрения слагающих их тканей, уже указывает на обязательное различие функций. Экзокортекс и эндокортекс – пограничные области, которые должны обеспечивать взаимодействие первичной коры с соседними тканями и тканевыми комплексами – покровной тканью или покровным комплексом и стелой. Характер этого взаимодействия, да и само назначение первичной коры, различны в корне и в стебле и на протяжении корня и стебля. Поэтому ткани, составляющие подзоны кортекса корня и стебля, также должны быть различными.

Эндодерму и экзодерму, по нашему мнению, следует квалифицировать как ткани. Причём, не столь важно, составляют ли они некую группу, например, пограничных тканей, или это – различные виды паренхимы. Решение данного вопроса зависит от классификации растительных тканей, которая принимается за основу в преподаваемом курсе. Как известно, единой классификации тканей в современной ботанике не существует.

Признаки экзодермы и эндодермы, свойственные им как растительным тканям, приводятся ниже. В общих чертах они характеризуются в учебниках более или менее одинаково, вне зависимости от того, рассматриваются ли экзодерма и эндодерма как ткани либо как топографические зоны.

Экзодерма и эндодерма имеют плотно сомкнутые клетки со специфическими утолщениями клеточных стенок. У эндодермы первоначально формируются утолщения в виде поясков Каспари. Впоследствии у ряда растений утолщения стенок клеток эндодермы приобретают иную конфигурацию. Пояски Каспари не пронизываются плазмодесмами, лигнифицируются, инкрустируются липофильными веществами и перекрывают радиальный апопластный транспорт через эндодерму. Перемещение веществ в таких условиях возможно лишь по симпласту, поэтому становится регулируемым. П. Зитте с соавторами [2] указывают, что клетки экзодермы также имеют пояски Каспари. Вследствие описанных особенностей строения, а также топографии, экзодерме и эндодерме присущи определённые функции, которые наиболее ярко проявляются у этих тканей в зоне

поглощения корня. Экзодерма корня, располагающаяся на периферии первичной коры, пропуская растворы минеральных солей из эпиблемы в первичную кору, препятствует их обратному току, а эндодерма корня, выстилающая первичную кору изнутри, пропуская минеральные соли в стелу, препятствует выходу их из центрального цилиндра. Таким образом, развитие экзодермы и эндодермы с описанными выше особенностями строения клеток свидетельствует о наличии поглощения органом веществ извне и их регулируемого радиального транспорта в толще органа.

Мы считаем необходимым пояснить студентам, что характеристики тканей часто не являются статичными и зависят от того, в теле какого растения, в каком органе и в какой части органа они располагаются, а также от степени зрелости («степени зрелости») органа. Так, эндодерма корня может проходить три стадии развития:

- формирование поясков Каспари;
- суберинизация клеточных стенок;
- значительное утолщение стенок большинства клеток (кроме пропускных клеток), сопровождающееся гибелью их протопластов.

П. Зитте с соавторами [2] именуют эндодерму на перечисленных стадиях развития соответственно первичной, вторичной и третичной эндодермой. Это, на наш взгляд, неудачно, поскольку термины «первичная» и «вторичная» в ботанике указывают на происхождение тканей из первичных или вторичных меристем. Следует говорить именно о стадиях развития эндодермы. Экзодерма корня может проходить две стадии развития. На первой она состоит из клеток с поясками Каспари, что свидетельствует о выполнении ею функции регулирования радиального транспорта воды и минеральных солей, на второй – приобретает утолщенные опробковевшие клеточные стенки и становится защитной покровной тканью.

В проанализированных нами отечественных учебниках ботаники пояски Каспари у клеток экзодермы не описываются, барьерная функция экзодермы не обсуждается, а констатируется лишь её роль в качестве механического покрова корня. Как указывалось выше, Л.И. Лотова [4] даже относит экзодерму корня к покровным тканям. П. Зитте с соавторами [2] в некоторых случаях именуют периферическую ткань кортекса корня гиподермой.

Пояски Каспари, просматривающиеся под микроскопом как характерные утолщения клеточных стенок, – внешнее свидетельство перекрывания апопласта и наличия регуляции радиального транспорта веществ.

Но перекрывание апопласта происходит не за счёт утолщения как такового, а вследствие особенностей структуры (отсутствия плазмодесм, плотного смыкания с плазмалеммой), а также лигнификации и суберинизации этих утолщенных участков клеточных стенок. Как указывает К. Эзау [6], перечисленные признаки могут обнаруживаться в радиальных и поперечных участках стенок клеток экзодермы, не имеющих специфических утолщений в виде поясков Каспари.

Эндодерму и экзодерму в учебниках следовало бы анализировать на серии поперечных срезов корня в зоне всасывания и в зоне проведения, что позволило бы дать представления обо всех стадиях их развития. Однако в рассматриваемых отечественных учебниках описывается лишь строение корня ириса, эндодерма и экзодерма которого находятся на завершающих стадиях своего развития.

Внутренний слой первичной коры стебля часто описывается как «крахмалоносное влагалище», поскольку в его клетках обнаруживаются многочисленные крахмальные зёрна. Пояски Каспари и прочие характерные утолщения клеточных стенок здесь не обнаруживаются. Крахмалоносному влагалищу приписывается функция обеспечения определённого положения стебля в пространстве, т.к. крахмальные зёрна в его клетках играют роль стаголитов. В отечественных учебниках названия «крахмалоносное влагалище» и «эндодерма» обычно приводятся как синонимы. В контексте нашей трактовки экзодермы и эндодермы как тканей, имеющих вполне определённые функции, и введения понятий «экзокортекс» «мезокортекс» и «эндокортекс» крахмалоносное влагалище следует рассматривать как особую, отличную от эндодермы, ткань, составляющую эндокортекс стебля. Что касается эндодермы, то в некоторых стеблях (например, в стеблях корневищ) она может развиваться, что свидетельствует о наличии в таких стеблях радиального симпластного транспорта веществ между кортексом и стелой. Экзодерма для стебля не характерна.

При трактовке эндодермы и экзодермы как растительных тканей введение топографического понятия «мезодерма» лишено смысла и его нужно избегать.

При анализе и описании среза органа удобно сначала формально различать подзоны кортекса. Далее следует обозначать ткани, их слагающие. В заключение необходимо устанавливать и описывать особенности каждой ткани, её клетки.

Например, структура описания кортекса корня в зоне поглощения может быть сле-

дующей: «Кортекс дифференцирован на экзокортекс, мезокортекс и эндокортекс. Экзокортекс составлен экзодермой, мезокортекс – основной паренхимой, эндокортекс – эндодермой. Экзодерма однослойная, первой стадии развития. Клетки её удлинены в радиальном направлении, их радиальные стенки имеют пояски Каспари. Основная паренхима многослойная, с большими межклетниками. Клетки крупные, тонкостенные. Эндодерма однослойная, первой стадии развития, клеточные стенки с поясками Каспари на радиальных участках».

Пример краткой характеристики кортекса стебля травянистого растения: «В первичной коре различимы экзокортекс, мезокортекс, эндокортекс. Экзокортекс представлен колленхимой, мезокортекс – основной паренхимой, эндокортекс – крахмалоносным влагалитом. Колленхима пластинчатая, многослойная. Основная паренхима из 3-4-х слоёв крупных клеток. В некоторых клетках обнаруживаются друзы. Клетки крахмалоносного влагалита расположены одним слоем, они таблитчатой формы, с многочисленными крахмальными зёрнами».

#### Выводы

1. Для преодоления имеющихся в учебниках разночтений и удобства анализа срезов вегетативных органов растений в понятийный аппарат курсов ботаники полезно ввести топографические понятия «экзокортекс», «мезокортекс» и «эндокортекс», обозначающие подзоны кортекса (первичной коры).

2. Целесообразно квалифицировать экзодерму и эндодерму не как анатоми-топографические зоны органов, а как ткани, проходящие в процессе своего развития и функционирования различные стадии, характери-

зующиеся определёнными структурными и функциональными особенностями.

3. Оптимальная последовательность анализа и описания кортекса на срезах органов должна заключаться в различении топографических подзон – экзокортекса, мезокортекса, эндокортекса, обозначении слагающих подзоны тканей, детальной характеристике тканей и их клеток.

#### Список литературы

1. Андреева И.И., Родман Л.С. Ботаника. – М.: Колосс, 2010. – 583 с.
2. Ботаника: В 4 т.: учебник для вузов (на основе учебника Э. Страсбургера и др.). Т.1: Клеточная биология. Анатомия. Морфология / П. Зитте и др. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 368 с.
3. Ботаника с основами фитоценологии: Анатомия и морфология растений: учеб. для вузов / Т.И. Серебрякова, Н.С. Воронин, А.Г. Еленевский и др. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 543 с.
4. Лотова Л.И. Морфология и анатомия высших растений. – М.: Книжный дом «Либроком», 2010. – 510 с.
5. Новый словарь иностранных слов: Более 60 000 слов и выражений / глав. ред. В.В. Адамчик. – М.: АСТ, 2005. – 1152 с.
6. Эзау К. Анатомия семенных растений: В 2 кн. – М.: Изд-во «Мир», 1980. – 558 с.
7. Яковлев Г.П., Челомбитко В.А., Дорофеев В.И. Ботаника. – СПб.: Изд-во «Специальная Литература», 2008. – 687 с.

#### Рецензенты:

Коровкин О.А., д.б.н., профессор, профессор кафедры ботаники ФГОУ ВПО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» Министерства сельского хозяйства российской Федерации, г. Москва;

Бессчетнов В.П., д.б.н., профессор, зав. кафедрой лесных культур ФГОУ ВПО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия» Министерства сельского хозяйства РФ, г. Нижний Новгород.