

"УТВЕРЖДАЮ"
ВрИО директора
ФГБУН Институт экологии
Волжского бассейна РАН
д.б.н., проф.

С.В. Саксонов
"12" апреля 2018 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию

Юдиной Полины Константиновны

«Структурно-функциональные параметры листьев степных
растений Северной Евразии», представленную
на соискание ученой степени кандидата биологических наук
по специальности 03.02.01 – ботаника

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Ботанический сад Уральского отделения Российской академии наук и содержит обширный фактический материал, полученный лично автором в результате полевых и лабораторных экспериментов.

Актуальность исследования. Наблюдаемые в последние десятилетия изменения климата и природной среды характеризуются глобальным потеплением и расширением площади засушливых районов. В связи с этим, актуальным направлением научных исследований является изучение биологии растений засушливых территорий и механизмов их адаптации к аридизации климата. Одним из аспектов таких исследований является исследование структурно-функциональных параметров листьев, отражающих приспособление фотосинтетической функции растений. Таким образом, изучение растений в широком диапазоне естественных условий, выявление наиболее информативных количественных параметров на разных уровнях организации фотосинтетического аппарата, позволяет получить не только новые знания о биологии растений, но и выявить изменения в структуре фотосинтетических органов под влиянием ведущих климатических факторов.

Диссертационная работа Юдиной П.К. посвящена изучению разнообразия параметров листьев и структуры мезофилла степных растений и выявлению

механизмов структурной адаптации листьев к аридности климата на примере степных растений Северной Евразии.

Структура и объем диссертации. Диссертация построена традиционно и состоит из введения, обзора литературы, описания объектов и методов исследований, результатов собственных исследований и их обсуждения, заключения, выводов и списка литературы. Работа изложена на 177 страницах машинописного текста, содержит 20 таблиц и 30 рисунков. Библиографический список включает 203 работы, в том числе 101 на иностранных языках.

Научная новизна работы П.К. Юдиной заключается в комплексном анализе параметров листа и структуры мезофилла степных растений Северной Евразии. Впервые выявлен набор характерных признаков структуры мезофилла, который может быть охарактеризован как «синдром» степного растения, а также определены пределы варьирования морфологических параметров листа и количественных параметров мезофилла, клеток и хлоропластов у степных растений. Проведена оценка влияния эндогенных (тип анатомии листа, систематическое положение вида) и экзогенных (географическое положение и климат) факторов на параметры структуры мезофилла листа. Полученные данные позволили выявить механизмы структурно-функциональной адаптации фотосинтетического аппарата степных растений к аридности климата на видовом уровне, изучить вклад видовой специфики и экологических условий обитания в варьирование листовых параметров растений.

Теоретическая и практическая значимость работы. Результаты диссертационной работы существенно расширяют имеющиеся в литературе представления об адаптационных механизмах к изменениям климата, а также дополняют сведения, необходимые для выделения и анализа функциональных типов растений.

Следует отметить и практическую значимость результатов исследования П.К. Юдиной, которые могут применяться для прогнозирования реакции растений на изменения климата.

Общая характеристика диссертации

Во «**Введении**» автор отмечает актуальность исследования, связанную с недостаточной изученностью вопроса о структуре фотосинтетических органов степных растений, выявлении механизмов структурно-функциональных параметров листьев в адаптации к условиям обитания. На основании этого

сформулированы основные цели и задачи исследования.

В главе «**Обзор литературы**» (стр. 11–42) приведена общая характеристика степей Северной Евразии, включая природно-географическое районирование степной зоны Северной Евразии, климат и почвы, охарактеризованы степи как тип растительности, приведены биологические особенности степных растений. Рассмотрены структурно-функциональные параметры листа и их связь с фотосинтезом. Отдельное внимание уделено описанию имеющихся данных о структуре листьев и пигментного состава у растений засушливых территорий и исследованиям структурно-функциональных параметров листьев вдоль природных градиентов. На основании проведенного анализа литературных данных сделан вывод о том, что для полной характеристики механизмов адаптации фотосинтетического аппарата степных растений существующих данных недостаточно. Это и определило основные цели и задачи рецензируемой диссертационной работы.

Во второй главе «**Районы, методы и объекты исследований**» (стр. 43–64) приводится климато-географическая характеристика районов исследования, список изученных видов и их описание. Подробно охарактеризованы количественные параметры мезофилла и схема метода анализа мезоструктуры. Приведены математические методы статистической обработки полученных результатов.

Главы 3–5 (стр. 65–146) посвящены описанию собственных результатов автора и их обсуждению. В главе 3 представлены количественные данные измерения параметров листьев, структуры мезофилла листа и содержания фотосинтетических пигментов степных растений, пределы их варьирования в зависимости от географического положения зонально-климатической трансекты. Установлено, что характерными особенностями листьев степных растений Северной Евразии являются высокие значения объемной плотности листа, большая концентрация клеток и хлоропластов в единице площади листа, высокие значения интегральных показателей структуры мезофилла – отношения общей поверхности клеток мезофилла и хлоропластов к площади листа. Выявлено, что географическое положение зонально-климатической трансекты влияет на параметры целого листа – площадь, толщину и плотность листовой пластинки, а также на параметры пигментного комплекса. Не обнаружено различий в основных параметрах мезофилла (размеры и количество клеток, хлоропластов, их интегральные характеристики) у растений степей Поволжья, Урала и Западного Забайкалья. В ходе исследования

установлено также значительное варьирование содержания хлорофиллов и каротиноидов в зависимости от географического положения трансекты. В этой же главе проведен сравнительный анализ мезоструктуры листьев степных растений с растениями других климатических зон. Показано, площадь листа степных растений среди всех изученных параметров отличалась наиболее сильным варьированием, а большая объемная плотность листа – важный адаптивный параметр, отличающий степные растения от растений других биомов. Наибольшие различия между растениями разных климатических зон проявлялись не в размерах фотосинтетических клеток и хлоропластов, а в их количестве в единице площади листа. В то же время размеры клеток степных растений и число пластид в клетке не отличаются от размеров клеток растений других климатических зон. Отдельная часть главы 3 посвящена исследованию взаимосвязи между параметрами целого листа и количественными показателями мезофилла у степных растений. Автором приведены корреляционные связи между показателями структуры фотосинтетического аппарата для 131 вида степных растений. К сожалению, последние результаты не нашли отражения в выводах.

В главе 4 автор уделяет внимание анализу факторов, влияющих на варьирование количественных показателей мезофилла листа всего массива исследованных степных растений. Проведен анализ мезоструктуры листьев у растений разного экологического, структурно-функционального и систематического положения вида. На основании этого сделан вывод о вкладе структурно-функционального типа листа и таксономического положения вида в варьирование параметров листьев и структуры мезофилла степных растений. Тип анатомии листа (граминоидный, дорзовентральный, изопалисадный, кранц-анатомия) на 70–80% определяет значения параметров целого листа (его толщины и плотности) и соотношение тканей в листе, в то время как количественные параметры мезофилла (число и размеры клеток и хлоропластов) мало зависят от структурно-функционального типа листа. Внешние параметры листовой пластинки и большинство количественных показателей мезофилла не зависели от систематического положения вида на уровне семейства.

На основании данных внутривидового варьирования параметров мезоструктуры листа и содержания пигментов в зависимости от экологических условий сделано заключение: общим направлением изменения параметров листьев при усилении аридности климата является увеличение плотности сложения листовых тканей, выраженной в значениях объемной плотности

листа, и снижение содержания пигментов в единице площади листа. Клеточные механизмы изменения содержания пигментов в листе и интегральных параметров мезофилла определяются свойствами вида.

В главе 5 исследуется зависимость структурно-функциональных параметров листьев степных растений Поволжья, Урала и Западного Забайкалья. Автором установлено, что основные механизмы структурной адаптации листьев изученных степных растений к увеличению аридности климата, выявленные в каждой из изученных зонально-климатических трансект, связаны не с изменением морфологических параметров целого листа, а с перестройкой мезофилла, а именно с увеличением интегральных показателей мезофилла, что обусловлено необходимостью увеличения внутрилистовой поверхности для диффузии CO_2 при усилении водного стресса. Обнаруженные закономерности не связаны с размерами клеток и хлоропластов, а определяются соотношением числа и размеров фотосинтетических элементов.

Следует подчеркнуть, что все полученные результаты обработаны с привлечением обширного математического аппарата, а потому их статистическая достоверность не вызывает сомнения.

Завершают работу **выводы**, которые полностью соответствуют поставленным целям и задачам исследования и отражают полученные автором результаты.

Оценивая работу, можно констатировать, что автором выполнена многоплановая работа с получением большого фактического материала; тема исследования актуальна; использованные подходы и методы современны; представленные результаты логически непротиворечивы; выводы соответствуют поставленным задачам. Результаты работы опубликованы с достаточной полнотой, в том числе в ведущих изданиях, рекомендованных ВАК РФ, а также апробированы на многочисленных региональных и международных конференциях и симпозиумах. Несомненным достоинством автора является публикация результатов в высоко рейтинговом журнале *New Phytologist*, импакт фактор которого составляет более 7.

Однако, как и в любой квалификационной работе, в диссертации П.К. Юдиной есть *моменты*, требующие пояснения автора.

Замечания к главе 1.

1. Обращает внимание, что в некоторых вопросах автор не знает (или не цитирует) современной литературы. Например, деление степей по широтно-

зональному градиенту (с. 11–12) приводится по Ф.Н. Милькову и Н.А. Гвоздецкому (1976); при характеристике степного типа растительности (с. 15) стоят ссылки на источники до 2000 г., хотя есть много современной литературы по степям Урала, Поволжья и Сибири. Не цитируются и обобщающие работы Ю.В. Гамалея о климатическом адаптогенезе жизненных форм растений. Однако эти замечания не принципиальны для рецензируемой работы.

2. Вероятно, излишней увлеченностью автора старыми источниками можно объяснить фразу, что в июле наблюдается максимум развития травостоя в степях европейской части СССР (с. 17). Здесь нужно пояснить в каких степях – в южной лесостепи это, в целом, соответствует действительности, однако в настоящих и опустыненных степях максимум развития травостоя приходится на более ранние месяцы.

Замечания к методической части.

1. На с. 47 в разделе «Объекты исследований» есть несогласование – вначале речь идет о полевых исследованиях автора, но затем автор подводит итог – «Всего было изучено 144 образца, принадлежавших к 113 видам высших наземных растений». Какие образцы имелись ввиду автором? Гербарные или какие другие?

2. Насколько репрезентативны данные с Поволжья, где автор отработал всего один полевой сезон, тогда как в других регионах исследование проводилось в течение двух – четырех сезонов? (с. 47).

3. Характеризуя «Поволжскую» трансекту автор упоминает лишь Нижнее Поволжье, тогда как описанный участок в Пензенской области относится к Среднему Поволжью (с. 44).

Замечания к главам 3–4.

1. Неудачно название раздела 3.2 «Разнообразие количественных показателей клеток мезофилла и хлоропластов среди степных растений Северной Евразии». Разнообразие количественных показателей зависит от желания и навыков исследователя. В данном разделе речь идет о количественной изменчивости ряда показателей, используемых автором.

2. Несколько спорным выглядит утверждение (с. 89): «У изученных нами степных растений принадлежность к определенной экологической группе лишь на 5–10% определяла варьирование размеров клеток и их числа в единице площади (Таблица 9, Рисунок 11И). Это связано с тем, что изученные нами растения относились к типичным степным растениям, и выборка не содержала

контрастных экологических групп. Всего 4% изученных видов были мезофитами, а все остальные характеризовались определенной степенью ксерофитизации. Таким образом, изученные нами виды были близки по своим экологическим свойствам, а разделение на экологические группы согласно литературным источникам было, в определенной степени, условным и субъективным (например, смешанные группы с условными границами – ксеромезофиты и мезоксерофиты), вследствие чего вклад фактора «экологическая группа» в варьирование параметров мезоструктуры оказался небольшим».

Принадлежность к той или иной экологической группе никак не определяет варьирование размеров клеток и их число в единице площади, скорее наоборот. И совсем не корректно выражение на с. 95: «Нами был проведен анализ влияния систематического положения на параметры листьев степных растений» и далее – «Значимого вклада систематической принадлежности видов на такие параметры как площадь и толщина листа обнаружено не было».

Замечания к выводам.

1. Выводы 2 и 3 частично дублируют друг друга.
2. Не отражены данные, приведенные в главе 3, о корреляционных связях между показателями структуры фотосинтетического аппарата.

Следует отметить, что в целом работа хорошо структурирована и вычитана. В тексте работы обнаружено лишь небольшое количество повторов и опечаток. Тем не менее, есть ряд замечаний, связанных с оформлением.

1. На рис. 7 и аналогичных не приводятся единицы измерений, а цифры в тексте не соответствуют данным рисунка.
2. Непонятны цифры внутри столбцов на рисунках 2–4, 13, 21, 27 и др.
3. Следовало бы привести более подробную легенду к рис. 30, в частности, обозначение символа I.

Несмотря на отмеченные недочеты, диссертационная работа П.К. Юдиной представляет собой завершенный научный труд. Основное направление исследований – изучение строения растительных организмов, их роста и развития, основ их жизнедеятельности, приспособления к условиям окружающей среды и совместному существованию, соответствует паспорту специальности «03.02.01. – ботаника». Результаты диссертации могут быть использованы для развития подобных исследований, как в ботаническом саду Уральского отделения РАН, так и в других научных учреждениях,

занимающихся исследованиями в области ботаники, физиологии растений и экологии. Они могут быть также использованы в учебном процессе при чтении курсов лекций по ботанике, сравнительной анатомии и экологической физиологии растений в ВУЗах.

Таким образом, диссертационная работа «Структурно-функциональные параметры листьев степных растений Северной Евразии», соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пп. 9–11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013г.), а ее автор **Юдина Полина Константиновна** заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.01 – ботаника.

Отзыв рассмотрен на заседании Ученого совета Института экологии Волжского бассейна РАН 03 апреля 2018 г., протокол № 4.

Главный научный сотрудник
лаб. экологической биохимии
Института экологии Волжского бассейна РАН,
доктор биологических наук
Почтовый адрес: 445003, г. Тольятти,
ул. Комзина, 10.
Тел.: +78482489209
e-mail:olgarozen55@mail.ru

О.А. Розенцвет

O.Роф

личную подпись *О.А. Розенцвет*

ЗАВЕРЯЮ *Ф.С.Ребров*
СЕКРЕТАРЬ ДИРЕКТОРА

С.А. Сенатор

С.А. Сенатор

личную подпись *С.А. Сенатор*

ЗАВЕРЯЮ *Ф.С.Ребров*
СЕКРЕТАРЬ ДИРЕКТОРА

Старший научный сотрудник
лаб. фиторазнообразия
Института экологии Волжского бассейна РАН,
кандидат биологических наук
Почтовый адрес: 445003, г. Тольятти,
ул. Комзина, 10.
Тел.: +78482489209
e-mail:olgarozen55@mail.ru

