

## ОТЗЫВ

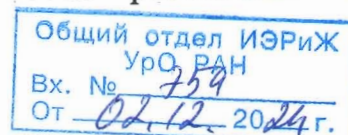
### Официального оппонента на диссертационную работу

Тумуржав Шинэхуу

**«Влияние климатических и антропогенных факторов на функциональное разнообразие растений степей Южной Сибири и Северной Монголии», представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15 – Экология (биологические науки)**

**Актуальность исследования, теоретическая и практическая значимость работы.** Расшифровка механизмов реагирования на изменения условий существования и адаптации к ним живых систем была и остается актуальной. В современных условиях важное значение имеют исследования, связанные с изучением адаптации растений к глобальным климатическим изменениям и антропогенным воздействиям. Совместное влияние этих факторов особенно актуально для растений зоны степей, которые испытывают как действие неблагоприятных факторов, включая водный дефицит, высокую инсоляцию, перепады температур, так и антропогенные воздействия, связанные с распашкой и выпасом скота. Работа посвящена выявлению разнообразия адаптивных признаков растений степей сразу на нескольких уровнях. Для этого был использован оригинальный подход - комплексный анализ функциональных признаков листьев, основанный на изучении структурных, физиологических и биохимических показателей, тесно связанных с основными функциями растений. Таким образом, актуальность данного исследования не вызывает сомнений.

В полевых и лабораторных исследованиях автором получен обширный экспериментальный материал, который был математически обработан и проанализирован. Полученные результаты позволили впервые выявить механизмы структурно-функциональной адаптации растений к изменению климата и антропогенной трансформации на уровне отдельных видов, функциональных групп, адаптированных к определенному экологическому фактору, а также на уровне сообществ, приспособленных к идентичным условиям существования. Кроме того, автором показана зависимость надземной фитомассы травяных сообществ Центрально-Азиатского региона от фотосинтетической способности и внутренней структуры листьев, доминирующих и преобладающих в сообществе видов. В теоретическом и практическом отношении материалы диссертации значительно расширяют существующие представления о связи продуктивности растительного





сообщества с функциональными показателями листьев растений, а также позволяют оценивать адаптационный потенциал видов и сообществ и прогнозировать возможную смену доминантов растительных сообществ. Полученные данные могут быть использованы в лекционных и практических курсах по широкому кругу дисциплин: ботанике, анатомии, морфологии, физиологии, биохимии и экологии растений.

### **Общая характеристика диссертации**

Диссертация Тумуржав Шинэхуу построена по традиционной схеме и состоит из введения, обзора литературы, описания объектов и методов исследования, трех глав с описанием результатов и их обсуждения, заключения, выводов, списка цитируемой литературы и двух приложений. Работа изложена на 185 страницах и содержит 41 рисунок и 10 таблиц. Список литературы включает 280 источников, из которых 119 представлены публикациями на английском языке.

**Первая** глава – «Литературный обзор» (стр. 11-46) состоит из 4-х частей, в которых приводится общая характеристика степных ландшафтов Южной Сибири и Северной Монголии; характеристика степи как типа растительности и особенности Центрально-Азиатских степей; биологические особенности степных растений. Более пристальное внимание уделено анализу литературных данных, касающихся исследований функциональных параметров листьев у растений семиаридного климата, значению структурно-функциональных параметров листьев для изучения механизмов адаптации растений, особенностям пигментной системы и фотосинтетической способности листьев степных растений и влиянию антропогенного воздействия на них.

На основании анализа литературных данных, были выявлены аспекты, которые, по мнению автора, требовали дополнительных исследований и которые были в дальнейшем определены в качестве ориентиров для основной цели данной работы.

**Вторая** глава, озаглавлена как «**Районы, методы и объекты исследований**» (стр. 47-74). Действительно районы исследования описаны с исчерпывающей полнотой, необходимой для их характеристики в главе «Материалы и методы». Что касается описания объектов исследования, то эту информацию в данном разделе считаю излишней, поскольку она представляет собой не только перечисление видов, но и их систематический и экологический анализ (рис. 2 -б), который вполне мог бы представлять отдельную главу в разделе «Результаты». Описание методов исследования включает: сбор растительного материала; измерение морфологических



параметров и количественных характеристик мезофилла листа, физиологических и биохимических показателей. Подробно приведены математические методы обработки данных. Методы, применяемые в данной работе, соответствуют поставленным целям и задачам.

**Третья глава «Разнообразие параметров листьев степных растений Южной Сибири и Северной Монголии»** (стр. 75-100) состоит из нескольких разделов, в которых приведены собственные результаты автора. Результаты приводятся по единой схеме, а именно: описываются морфологические признаки, физиологические показатели, показатели пигментного комплекса, количественные показатели мезофилла, а также функциональные показатели мезофилла и хлоропластов и представляются в виде гистограмм частотного распределения различных признаков. Функциональные показатели листьев растений были исследованы в пяти регионах Южной Сибири и Северной Монголии, различающихся по среднегодовым климатическим факторам. Варьирование измеряемых параметров листьев позволило прийти к заключению, что максимальное межвидовое варьирование обнаружено для таких показателей как толщина листа и размеры клетки мезофилла, а минимальный уровень различий между видами отмечен для показателей хлоропластов и отношения форм пигментов. Климат района исследований в большей степени влиял на интегральные показатели структуры мезофилла и фотосинтетическую способность растений, чем на морфологические параметры целого листа и размеры клеток.

Сравнительный анализ функциональных параметров растений, выделенных по фактору увлажнения, подтвердил обнаруженные ранее различия между мезофитами и ксерофитами.

**Глава 4** посвящена исследованию **«Влияния климатических и антропогенных факторов на внутривидовое варьирование функциональных параметров»** на примере 36 образцов, принадлежавших к 9 видам (стр. 101-121). Автор установил, что такие структурные признаки как толщина листа, размеры клеток мезофилла и число хлоропластов в клетке мало изменялись внутри вида в зависимости от условий среды, в то время как число и поверхность клеток и хлоропластов в единице площади листа отличались высоким варьированием. Внутривидовой уровень варьирования фотосинтетической способности и содержания пигментов превышал межвидовые различия.

С помощью корреляционного анализа установлены связи между параметрами мезофилла и физиологическими показателями. Внутривидовое варьирование максимальной интенсивности фотосинтеза как на уровне



целого листа, так и на уровне хлоропластов, не зависело от содержания фотосинтетических пигментов, а было обусловлено диффузионными процессами внутри листа - скоростью переноса  $\text{CO}_2$  через поверхность клеток мезофилла и хлоропластов. Полученные данные показывают, что диффузия  $\text{CO}_2$  внутри листа, а не первичные световые реакции, является основным лимитирующим фактором максимального фотосинтеза степных растений в проведенных исследованиях.

Исследованиями влияния антропогенной трансформации сообщества на внутривидовые изменения функциональных показателей растений показано, что функциональные признаки листьев имеют различную значимость для межвидовых различий и условий произрастания. Если толщина листа, объем клетки и число хлоропластов в клетке мало изменяются внутри вида при изменении условий, то меньшее содержание хлорофилла в одном хлоропласте характерно для разреженного травяного покрова сильно нарушенной степи.

**Глава 5. «Анализ факторов, влияющих на функциональные показатели степных растений на уровне сообщества» (стр. 122-148).**

В этой части измеряемые параметры были рассчитаны только для наиболее обильных видов в 23 сообществах. Сравнение проводилось по средним арифметическим и средневзвешенным значениям функциональных показателей для сообществ. Согласно полученным данным, функциональные свойства сообщества зависят от условий произрастания и антропогенного нарушения, которые могут влиять и на суммарное проективное покрытие (СПП).

Отдельно проанализировано влияние таких факторов как высота над уровнем моря, влияющего на климат Центрально-Азиатском региона, и доля ксерофитных видов в сообществе. Для всех сообществ, сообществ с одинаковой высотой над уровнем моря, сообществ с одинаковым СПП выявлена тесная связь надземной фитомассы с абсолютными значениями внутрилистовой ассимиляционной поверхности и максимального уровня фотосинтеза.

Увеличение степени антропогенной трансформация растительного покрова приводило не только к снижению количества видов в сообществе и их суммарного проективного покрытия, но и к появлению видов с другими функциональными свойствами, а именно, преобладанию видов с большей толщиной листа, большей площадью поверхности мезофилла и более высокой интенсивностью фотосинтеза.

В разделе «**Заключение**» выявлены факторы, влияющие на варьирование параметров листьев на межвидовом и внутривидовом уровнях. Завершают работу выводы, которые соответствуют поставленным задачам.

Подводя итог общей характеристике работы, следует добавить, что полученные результаты в достаточной степени обсуждены с привлечением большого количества литературных источников. Автор продемонстрировал хорошее знание современной литературы по выбранной теме исследований- количество литературных источников, опубликованных за последние 15 лет составляет более 60%. Личный вклад автора не вызывает сомнений, поскольку он принимал участие в сборе растительного материала в составе Совместной Российско-Монгольской комплексной биологической экспедиции РАН и Академии наук Монголии, им лично изучено 214 образцов по более чем 30 функциональным показателям, текст диссертации написан самостоятельно. Автор принимал непосредственное участие в подготовке всех публикаций, а также в апробации результатов исследований на конференциях. Особо следует отметить высокое качество иллюстративного материала.

Оценивая работу в целом, можно констатировать, что тема исследования актуальна; существующая литература проанализирована с достаточной глубиной; использованные автором подходы и методы оригинальны и современны; результаты, представленные автором, статистически достоверны и логически непротиворечивы; выводы, приведенные в диссертации, адекватны поставленным задачам. Результаты работы опубликованы с достаточной полнотой, в том числе в ведущих рецензируемых научных журналах из перечня ВАК при Министерстве образования и науки РФ и индексируемых Web of Science, а также апробированы на многочисленных региональных и международных конференциях и симпозиумах. Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Однако, как и в любой большой квалификационной работе, в диссертации Тумуржав Шинэхуу есть **недостатки и спорные моменты**, которые соискатель должен прояснить в своем ответе.

1. Прежде всего, соискателю следует уточнить, что подразумевается под такими понятиями как функциональное разнообразие растений и разнообразие функциональных параметров?



2. Чем вызван выбор степных растений в качестве объекта исследования среди других типов растительности, характерных для Центрально-Азиатского региона?
3. В отношении полученных результатов возникает несколько вопросов. Варьирование структурных и функциональных признаков листа в ответ на изменения условий обитания хорошо известный факт. Какова специфика в абсолютных показателях и степени варьирования признаков для растений изученного региона?
4. Растения отбирались в течение одного полевого сезона. Какова вероятность сохранения выявленных закономерностей при изменении погодных условий?
5. Название главы 3 выбрано неудачно и не соответствует приведенным данным. На самом деле в главе речь идет об особенностях количественных признаков листьев у растений степей, а разнообразие или иными словами спектр измеряемых величин задан самим автором.
6. В части 3.1 результаты исследования приводятся в виде гистограмм частотного распределения различных признаков листьев. Однако ссылка на исходные данные, которые приведены в конце диссертации в виде приложения, отсутствует.
7. На стр. 90 сказано, что показатель  $Car/M$  в наибольшей степени зависел от района исследования. Следует пояснить, по какому критерию проведена данная оценка.
8. К сожалению, нет информации о том, как оценивались локальные климатические условия.
9. Следует уточнить разницу между показателями  $M \pm SE$  и  $CV\ inter, \%$ .

Несмотря на в целом хорошо выверенный текст, есть небольшое количество замечаний технического характера.

1. Стр. 14. «Процессы аридизации являются преобладающими и определяют многие катастрофические явления, в частности пожары и деградацию почв [Бурдакова,2019]. Для решения этих проблем необходимо разработать комплексные стратегии адаптации, направленные на повышение устойчивости экосистем к климатическим изменениям». Следует напомнить, что стратегии адаптации формируются растительными объектами, а исследователям остается только их изучение и разработка мер по повышению устойчивости экосистем.
2. На стр. 40 в предложении «Например, при оптимальной температуре 20–25°C максимальная потенциальная фотосинтеза...» пропущено слово интенсивность, а на стр. 43 в предложении «Устойчивые виды к выпасу были

ниже по высоте и имели более мелкие, более нежные листья с более высоким площади единицы массы листьев» пропущено слово «отношением».

3. Повторы текста на стр. 60/61 и 86/87.

4. В списке литературы под номерами 182 и 217 не указан год издания.

Отмеченные недостатки не снижают основных достоинств работы – оригинальность, обширность фактического материала, научную и практическую значимость.

На основании изложенного считаю, что по актуальности, новизне, обоснованности научных положений, теоретической и практической значимости, объему материала, обобщению полученных данных и их интерпретации, количеству публикаций диссертационная работа Тумуржав Шинэхуу «Влияние климатических и антропогенных факторов на функциональное разнообразие растений степей Южной Сибири и Северной Монголии», соответствует критериям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013г. №842, а ее автор Тумуржав Шинэхуу заслуживает присуждения степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15 – Экология (биологические науки).

Главный научный сотрудник  
лаборатории исследования экосистем  
Института экологии Волжского бассейна РАН –  
филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Самарского Федерального исследовательского центра РАН,  
доктор биологических наук по специальностям  
03.00.16 – Экология, 03.00.12 – Физиология и биохимия растений  
Розенцвет Ольга Анатольевна

Почтовый адрес: 445003, г. Тольятти,  
Ул. Комзина, 10.  
Тел.: +78482489209  
e-mail:olgarozen55@mail.ru



25.11. 2024г.