

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Поповой Анастасии Сергеевны «Морфологическая структура и изменчивость листа *Betula pendula* Roth в градиентах техногенной трансформации почвы и погодных условий», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15. Экология (биологические науки)

Актуальность темы исследования. Аэротехногенное загрязнение окружающей среды оказывает стрессовое воздействие на разных уровнях организации биоты от клеточного до экосистемного. Изучение морфологической структуры ассимиляционных органов растений и их изменчивости под влиянием неблагоприятных факторов окружающей среды расширяет представление об адапционных возможностях растений, что несомненно является актуальным на современном этапе. К настоящему времени уже получены достаточно многочисленные данные о воздействии разнообразных типов техногенного загрязнения на морфологические признаки высших растений, в том числе и их ассимиляционных органов. В значительно меньшей степени изучено влияние климатических факторов на морфологию листа, и практически отсутствуют сведения о совместном действии этих факторов, что представляет особую сложность при проведении таких исследований, но в то же время позволяет получить наиболее интересные, с научной точки зрения, результаты. Целью данной диссертационной работы и было изучение морфологической структуры листа *Betula pendula* Roth и ее изменчивости в условиях техногенной трансформации почвы при изменяющихся погодных факторах.

Научная новизна. Впервые изучено изменение морфологических признаков листа *B. pendula*, произрастающей на территории г. Нижний Тагил и его окрестностей, в градиентах неблагоприятных погодных условий и техногенной трансформации почвы. Впервые дана количественная характеристика формы основания листа и вытянутости верхушки, выделено 12 морфотипов листовой пластинки. Выявлено изменение разнообразия морфотипов в градиенте техногенной трансформации почвы в разные по степени благоприятности погодных условий года. Впервые установлено, что морфологические признаки листа из группы эколого-биологических индикаторов адаптивной изменчивости в большей степени зависят от осадков и температуры, а из группы экологических индикаторов – от гидротермического коэффициента. Техногенная трансформация почвы повышает чувствительность растений по этим признакам к погодным факторам. Установлено, что независимо от природы действующего стрессового фактора для *B. pendula* на градиенте ухудшения условий характерна комбинированная стрессово-защитная онтогенетическая стратегия, что свидетельствует о неспецифичности реакции *B. pendula* на исследуемые экологические факторы. Сочетанное действие неблагоприятных

погодных условий и техногенной трансформации почвы усиливает защитную компоненту в данной стратегии.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные результаты вносят существенный вклад в наши знания о закономерностях воздействия абиотических факторов на растительные организмы и о специфичности или неспецифичности ответной реакции растений на экологические факторы.

Практическая значимость работы несомненна, в аттестационном деле соискателя имеется справка о внедрении результатов диссертационного исследования в учебный процесс в ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет» (филиал в г. Нижний Тагил), они используются при чтении учебных курсов «Ботаника: анатомия и морфология растений», «Общая экология», «Экологическая токсикология», «Региональная экология».

Положения, выносимые на защиту, отражают полученные результаты, выявленные закономерности и сформулированные на их основе выводы.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность полученных результатов обеспечена значительным объемом собранного апробированными методиками материала и анализируемых признаков, применением различных статистических методов анализа данных (факторный, дисперсионный, дискриминантный, корреляционный, регрессионный анализы), а также сопоставлением полученных результатов с данными в литературе.

За период 2017–2022 гг. материалы диссертации представлены на 6 международных и российских конференциях.

Личный вклад автора. Автор непосредственно принимал участие во всех этапах исследования, все измерения морфологических параметров листьев выполнены автором самостоятельно. Выносимые на защиту результаты и положения получены лично автором или при его непосредственном участии.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 9 работ, в том числе 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Структура и объем работы. Диссертация А.С. Поповой написана по традиционному плану и состоит из введения, 7 глав, заключения, выводов, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и приложения. Работа изложена на 261 странице, включает 41 таблицу и 33 рисунка. В списке литературы приведено 215 источников, в том числе 22 – на иностранных языках. Приложение представлено на 34 печатных страницах и содержит табличный материал.

В главе 1 «Обзор литературы» соискателем приведены различные трактовки понятия «изменчивость» и принципов ее классификации; описано влияние условий окружающей среды на изменение морфометрических параметров листа; рассмотрены уровни варьирования морфометрических

признаков и их индикаторные группы. Отдельный подраздел посвящен онтогенетическим тактикам и стратегиям. Приятно отметить, что соискатель в полной мере владеет литературными сведениями по исследуемой проблеме и достаточно подробно их анализирует и обобщает в обзоре.

В главе 2 очень детально описаны «**Материалы и методы исследования**». Приведена эколого-биологическая характеристика объекта исследования – березы повислой *Betula pendula* Roth, описана методика сбора и камеральной обработки материала; представлено определение интегрального показателя загрязнения почвы, степени благоприятности погоды, морфотипов листовой пластинки; приведены критерии оценки групповой изменчивости и ее морфологической структуры, а также методические подходы к выделению онтогенетических тактик и стратегий. В отдельном подразделе рассматриваются методы статистического анализа полученных результатов.

В главе 3 представлена подробная «**Физико-географическая и экологическая характеристика исследуемых территорий**», Свердловской области в целом и особенности Притагильской зоны; приведена характеристика пробных площадей, на которых проведены исследования.

В главах 4–7 представлены полученные результаты и выявленные закономерности.

Выделено 12 морфотипов листа на основании значений индексов листовой пластинки и вытянутости верхушки, а также угла между главной жилкой и первой от основания листа боковой жилкой первого порядка. Установлено, что в градиенте техногенной нагрузки изменяются признаки, определяющие форму листовой пластинки (индекс формы, индекс листовой пластинки, индекс вытянутости верхушки, форма основания), а в градиенте неблагоприятности погоды – только индекс формы и индекс вытянутости верхушки. Выявлены специфичность и неспецифичность ответной реакции растений в градиенте неблагоприятных экологических факторов. В целом техногенная трансформация почвы оказывает более сильное воздействие на морфологические признаки листа *B. pendula*, чем погода.

На основе измерений многочисленных морфологических признаков листа березы повислой, их статистической обработки и анализа данных выделены биологические, эколого-биологические, экологические и таксономические индикаторы, изменяющие или не изменяющие свою роль в градиентах отдельных неблагоприятных экологических факторов, а также при их сочетанном воздействии.

В соответствии с рекомендациями в научной литературе определение онтогенетических тактик морфологических признаков листа проведено соискателем на основе изменения коэффициента вариации, а онтогенетических стратегий – коэффициента детерминации. Установлено, что один и тот же признак в разных частях листа может характеризоваться разными тактиками. Типы тактик у одного и того же признака могут изменяться в зависимости от погодных факторов, но некоторые из них могут оставаться постоянными.

На всей исследуемой территории у *Betula pendula* проявляется либо защитный тип онтогенетической стратегии, либо стрессово-защитный. Неблагоприятные погодные условия приводят к усилению морфологической интеграции у растений, в то время как увеличение токсической нагрузки приводит вначале к морфологической дезинтеграции, а затем – к усилению морфологической интеграции. Защитная компонента в стрессово-защитной стратегии у вида наиболее выражена в неблагоприятный по погодным условиям год.

В «Заключении» подводятся итоги проведенного исследования, из которых логично вытекают обоснованные **«Выводы»**.

Задачи, поставленные автором исследования, полностью выполнены. Выводы соответствуют поставленным задачам. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации.

Замечания, вопросы и рекомендации по диссертационной работе.

1. В главе 1 «Обзор литературы» цитирование литературных источников представлено не единообразно, что несколько затрудняет сопоставление текста и списка литературы. Например, с. 16 «D. D. Ackerly et al. изучали изменение размера...», а ссылка на «Leaf size, specific leaf area and microhabitat distribution of chaparral woody plants ... , 2002». С. 20 «К. В. Кардашевская с соавт. (К. В. Кардашевская, В. Е. Кардашевская, Алексеева, 2020) изучали изменчивость...» и «Е. В. Пикалова и И. П. Стецук (2013) рассматривали...». Видовые названия растений следует приводить полностью, а не в сокращенном варианте (*O. palustris*, с. 34).

2. В главе 2 приводятся аббревиатуры ПГ, ТГ, ГТК (с. 46) без расшифровки при первом упоминании.

3. В главе 3 очень желательно было бы привести карту-схему расположения пробных площадей и фотографии растительных сообществ, в которых проводились исследования. Это дало бы более наглядное представление об их местоположении и общем виде растительных сообществ.

4. Не всегда единообразно представлены исследуемые факторы. Например, на рис. 4.1 по оси абсцисс: *a* – степень благоприятности погодных условий, балл; *b* – участок, хотя правильнее было «токсическая нагрузка, отн. ед.». Это же замечание касается рис. 4.2–4.4 (диссертация) и рис. 1, 3 (автореферат).

5. Объяснение «...снижения чувствительности березы повислой к погодным условиям по группе признаков биологических индикаторов на участке Импакт-2, по сравнению с Импакт-1, может быть обусловлена повышенной устойчивостью деревьев к загрязнению почвы тяжелыми металлами. Возможно, популяция *B. pendula* на этом максимально загрязненном участке сформирована более металлоустойчивыми особями» представляется несколько дискуссионным. Если судить по таксационным характеристикам древостоев березы на участках И-1 и И-2, приведенным в главе 3, на наиболее загрязненном участке (И-2) древостой существенно моложе, чем на участке И-1. И именно этим обстоятельством объясняются различия в чувствительности березы к погодным условиям. Кроме того, на

каком основании соискатель делает предположение о большей металлоустойчивости особей березы на участке И-2?

6. Местами автор отходит от строгих норм научной лексики:

С. 20: «...корреляционная связь...» – это тавтология, либо корреляция, либо связь.

С. 42: «...в пяти фитоценозах, произрастающих в пределах Притальгильской зоны...». Фитоценозы не могут произрастать.

Ошибочное использование аббревиатур: SE – это стандартная ошибка, а SD – это стандартное отклонение (с. 52, 75 и др.).

С. 154 «...автономизированность...» Что это такое?

7. В списке сокращений (с. 206) не все аббревиатуры, встречающиеся в тексте, раскрыты.

8. В качестве пожелания для дальнейших исследований можно рекомендовать изучение морфологических признаков листьев *Betula pendula* в зависимости от отнoгенетического состояния деревьев от имматурных до сенильных.

Высказанные замечания носят частный характер и не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования. К достоинствам рассматриваемой работы следует отнести скрупулезность проведенного исследования; очень детальное, иногда излишне подробное, описание использованных методов; тщательный, комплексный анализ полученных результатов, что позволило соискателю сформулировать строгие и корректные выводы. Диссертация и автореферат написаны грамотным литературным языком, практически без опечаток.

Диссертационная работа Поповой Анастасии Сергеевны «Морфологическая структура и изменчивость листа *Betula pendula* Roth в градиентах техногенной трансформации почвы и погодных условий» – законченное комплексное исследование, выполненное с использованием современных методических подходов и разнообразных методов статистической обработки результатов, которое вносит ощутимый вклад в познание морфологии ассимиляционных органов растений и ее изменение под воздействием неблагоприятных экологических факторов. Все исследования выполнены соискателем самостоятельно. Поставленная в диссертационной работе цель достигнута, а сформулированные задачи решены. Основные положения и выводы аргументированы и являются логическим итогом диссертационной работы. Результаты диссертации доложены на 6 российских и международных конференциях и нашли отражение в 5 научных публикациях из списка, рекомендованного ВАК при Минобрнауки РФ. Автореферат отражает содержание диссертационной работы. Результаты исследования полностью соответствуют паспорту специальности 1.5.15. Экология (биологические науки), конкретно области исследования – факториальная экология.

Заключение. По объему выполненного исследования, теоретической и практической значимости диссертация «Морфологическая структура и изменчивость листа *Betula pendula* Roth в градиентах техногенной трансформации почвы и погодных условий» полностью соответствует

требованиям пунктов 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Правительством РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменениями от 26.05.2020), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата биологических наук, а ее автор Попова Анастасия Сергеевна заслуживает присуждения ей искомой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15. Экология (биологические науки).

Доктор биологических наук (03.02.08 – Экология),
ведущий научный сотрудник
лаборатории экологии растительных сообществ
Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Ботанического института
им. В.Л. Комарова Российской академии наук

Лянгузова Ирина Владимировна

197022, г. Санкт-Петербург,
ул. Профессора Попова, 2
тел. +79112574879
E-mail: ILyanguzova@binran.ru

6 сентября 2023 г.

Подпись руки *Лянгузовой И.В.*
ЗАВЕРЯЮ *вер. с.н.ч. от*
ОТДЕЛ КАДРОВ
Ботанического института
им. В.Л. Комарова
Российской академии наук