

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 избранной темы. Для диагностики состояния окружающей среды и в настоящее время широко используются биоиндикационные методы. Ботаническими индикаторами часто выступают древесные растения. Тестируемой системой при этом может быть организм целиком или отдельный орган – чаще всего лист. Неблагоприятные экологические факторы окружающей среды различной природы могут приводить к отклонению морфологической структуры тестируемой системы от нормы. Успешная реализация таких фитоиндикационных методов возможна на основе глубокого изучения адаптационных механизмов растений в условиях действия неблагоприятных факторов окружающей среды. В связи с этим диссертационная работа Поповой А.С., направленная на изучение морфологической структуры листа *Betula pendula* Roth и ее изменчивость в условиях техногенной трансформации почвы при изменяющихся погодных факторах, является актуальной.

Основные положения, выносимые на защиту, отражают основные результаты работы.

Научная новизна. Впервые для Нижнетагильского региона на примере *B. pendula* в градиенте двух факторов (неблагоприятных погодных условий и техногенной трансформации почвы) изучено изменение морфологических признаков листа; дана количественная характеристика формы основания и вытянутости листа. Выделено 12 морфотипов пластинки листа и показано изменение разнообразия морфотипов в градиенте исследуемых факторов. Выявлено, что признаки, относящиеся к группе эколого-биологических индикаторов адаптивной изменчивости локализованы преимущественно в верхней части листа, а признаки, относящиеся к экологической группе индикаторов – в нижней. Впервые установлено, что морфологические признаки листа из группы эколого-биологических индикаторов 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, усиливая межгодовую изменчивость последних. Выявлено, что независимо от природы действующего стрессового фактора для *B. pendula* в градиенте ухудшения условий характерна комбинированная стрессово-защитная онтогенетическая стратегия, что является отражением неспецифичности реакции вида на исследуемые экологические факторы. Сочетание стрессирующего действий двух экологических факторов (неблагоприятных погодных условий и техногенной

трансформации почвы) усиливает защитную компоненту в жизненной стратегии *B. pendula*.

Практическая значимость работы. Несомненна практическая значимость работы, которая заключается в возможности приложения ее результатов в практике долгосрочного экологического мониторинга среды и прогнозирования последствий техногенного загрязнения окружающей среды с использованием листьев древесных растений.

Материалы диссертации используются в учебном процессе при чтении курсов в ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет» (филиал в г. Нижний Тагил).

Степень достоверности и апробация работы. Степень достоверности результатов обусловлена большим объемом фактического экспериментального материала. Измерения всех параметров проведены одним оператором (диссертантом). Достоверность полученных данных доказана результатами статистической обработки с применением факторного, дисперсионного, дискриминантного, корреляционного, регрессионного анализов.

Выдвинутые в работе цель и задачи базируются на обобщении имеющихся в литературе сведений по обсуждаемой проблеме. Основные положения диссертации доложены и обсуждены на 6 научных и научно-практических конференциях разного уровня (международных, всероссийских и региональных). Список публикаций включает 9 работ, в т.ч. 5 статей в реферируемых журналах из перечня ВАК.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 7 глав (к каждой главе дано резюме), заключения, выводов, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и приложения. Диссертационная работа изложена на 261 странице машинописного текста, включает 41 таблицу и 33 рисунка. В списке литературы 215 источников, в т.ч. 22 – на иностранных языках. Приложение представлено на 34 печатных страницах и содержит табличный материал и справку о внедрении результатов диссертационного исследования в практику деятельности Нижнетагильского государственного социально-педагогического института (филиала) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный профессионально-педагогический университет».

В главе 1 «Обзор литературы» автор анализирует имеющиеся на сегодняшний день данные, касающиеся темы диссертационной работы. Рассматривается понятие «изменчивость» и принципы ее классификации; представлен характер влияния условий окружающей среды на изменение морфометрических признаков листа; на примере различных видов растений подробно анализируются уровни варьирования и индикаторные группы морфологических признаков; обсуждаются онтогенетические тактики и стратегии различных экологических и таксономических групп растений на градиентах действия факторов окружающей среды. Показано, что стратегия защиты позволяет адаптироваться растениям в условиях стресса.

В главе 2 «Материалы и методы исследования» дан обзор и условия применения лабораторных и полевых методов исследования; методы сбора растительного материала; методы статистической обработки первичных материалов (факторный, дисперсионный, дискриминантный, корреляционный, регрессионный анализы).

В главе представлена ботаническая и экологическая характеристики объекта исследования *B. pendula*. Объем выборки большой и составил 4000 листьев в пяти фитоценозах. В исследование вовлечено 19 парных и 5 непарных морфологических признаков, отражающих структуру листа.

Введены и апробированы такие количественные характеристики листа как форма основания и вытянутость верхушки. Для комплексной оценки погодных-климатических условий исследуемых периодов наблюдений предложен и апробирован интегральный показатель – степень благоприятности погоды, выраженный в баллах по пятибалльной шкале (Жуйкова, Мелинг, Попова, 2022).

Глава 3 «Физико-географическая и экологическая характеристика исследуемых территорий», даны физико-географические характеристики Свердловской области, г. Нижний Тагил и Притагильской зоны. В главе даны характеристики 5 пробных площадок (фон, буфер-1, буфер-2, импакт-1, импакт-2): географическое положение, техногенная нагрузка, фитоценотическое описание.

Глава 4 «Влияние погодных факторов и техногенной трансформации почвы на морфологические признаки листа *Betula pendula* Roth и их изменчивость» самая объемная, состоит из 4 подглав. Все разделы исследования выполнены с применением современных статистических методов анализа, что подтверждает достоверность полученных результатов.

В главе проанализировано изменение в градиентах погоды и техногенной трансформации почв, морфологических признаков, определяющих форму и размеры листа. Автором установлено, что в большей степени на размер и форму листа *B. pendula* оказывает эдафический фактор, в меньшей степени - погодный. В фоновых популяциях в градиенте погодных факторов форма пластинки листа сохраняется. В градиенте техногенной трансформации почв пластинка листа изменяется – округляется, верхушка вытягивается, основание выпрямляется, широкая часть смещается к основанию. При сочетанном действии неблагоприятных факторов (погодных и техногенных) размерные характеристики листа уменьшаются.

На основании анализа количественных показателей формы пластинки листа *B. pendula* проведена дифференциация и выделено 12 морфотипов листа. Автором делается интересный вывод о формах неспецифической и специфической реакции растений в ответ на разные действующие факторы. Показано, что на фоновом и загрязненных участках в популяциях существуют доминирующие морфотипы, в градиентах факторов может меняться соотношение содоминантных форм. Установлено, что изменчивость признаков в градиенте погодных факторов возрастает, а в

градиенте техногенной трансформации – снижается. Выделены морфологические признаки, вносящие наибольший вклад в изменчивость листа и определяющие его размер и форму.

Глава 5 «Структура морфологической изменчивости и изменение индикаторной роли признаков листа *V. pendula* в градиентах погодных условий и техногенной трансформации почвы» состоит из 3 подглав. На основе анализа общей и согласованной изменчивости Поповой А.С. выделены группы признаков листа *V. pendula*, относящиеся к биологическим, таксономическим, экологическим и эколого-биологическим индикаторам. Автором на результатах анализа большого фактического материала установлено, что у *V. pendula* в структуре листа доминируют таксономические и биологические индикаторы. Наименее детерминированными и изменчивыми (по терминологии Н. Ростовской (2002) таксономические индикаторы) признаками являются углы между центральной и первыми пятью боковыми жилками первого порядка слева и справа. К эколого-биологическим индикаторам (высокие уровни детерминированности и изменчивости) отнесены признаки, связанные с верхушкой листа, к экологическим индикаторам (высокий уровень детерминированности и низкий уровень изменчивости) – признаки, связанные с нижней частью листа. Автор приходит к выводу, что в исследуемых градиентах факторов индикаторную роль изменяют одни и те же признаки: длина боковой жилки первого порядка, расстояние между основаниями и концами жилок, длина черешка и индекс листа. Однако направление изменения индикаторной роли у этих признаков в исследуемых градиентах противоположное: в градиенте техногенной трансформации почвы изменение индикаторной роли признаков направлено в сторону снижения общей и согласованной изменчивости; в градиенте погодных факторов – в сторону возрастания.

В главе 6 «Зависимость морфологических признаков листа *V. pendula*, произрастающей в градиенте техногенной трансформации почвы, от погодных факторов», состоящей из 2 подглав, проанализирована реакция признаков разных индикаторных групп системы «лист» на погодные условия. С применением дискриминантного анализа Поповой А.С. показано, что признаки листа из разных индикаторных групп по-разному реагируют на изменения погодных факторов. Установлено, что техногенная трансформация почвы повышает чувствительность признаков эколого-биологических и экологических индикаторных групп к погодным условиям. Признаки листа из эколого-биологической индикаторной группы в большей степени зависят от осадков и температуры, а из экологических индикаторов – от гидротермического коэффициента.

Глава 7 «Онтогенетические тактики морфологических признаков листа и стратегии вида» состоит из двух подглав. Для каждого признака листа *V. pendula* показана определенная онтогенетическая тактика в градиентах погодных факторов и токсической нагрузки. Описаны признаки листа, сохраняющие свои онтогенетические тактики в благоприятные и неблагоприятные по погодным условиям годы, а также признаки, меняющие

тип онтогенетических тактик в зависимости от погодных условий. Доказано, что неблагоприятные погодные условия приводят к усилению морфологической интеграции признаков у растений *B. pendula* в различных условиях обитания и способствуют проявлению защитного или стрессово-защитного типа онтогенетической стратегии.

Замечания и вопросы по диссертационной работе.

1. В главе 2 «Материалы и методы исследования» логичным было бы представление карты-схемы с расположением пяти участков, где был собран материал для исследования.

2. В диссертационной работе Поповой А.С. отсутствуют рекомендации, которые могли бы быть использованы при организации долгосрочного экологического мониторинга и проведении аутидикационных методов исследований в фитоиндикационной практике.

3. Почему для характеристики структуры доминирования морфотипов листа не использован индекс выравненности Симпсона?

4. Как влияет положение листа в структуре кроны дерева на выявленные закономерности?

Однако отмеченные недостатки и замечания не затрагивают ценности и научной значимости полученных научных результатов. В целом, диссертация Поповой А.С. – это завершенное комплексное исследование. Все этапы исследования выполнены соискателем на современном методическом уровне с привлечение широко спектра биологических, экологических и статистических методов. Поставленная в диссертационной работе цель достигнута, а сформулированные задачи решены. Основные положения и выводы аргументированы и отражают основные результаты диссертационной работы. Выводы соответствуют поставленным задачам. Диссертационная работа изложена хорошим научным языком.

Заключение о соответствии диссертации требованиям Положения о порядке присуждения ученой степени кандидата биологических наук. Диссертационная работа Поповой Анастасии Сергеевны «Морфологическая структура и изменчивость листа *Betula pendula* Roth в градиентах техногенной трансформации почвы и погодных условий», представленная на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15 Экология (биологические науки), является завершенным исследованием на актуальную тему, представляющее научный и практический интерес. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Основные результаты диссертационной работы изложены в 9 научных публикациях, 5 из которых в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. Материалы диссертационного исследования были представлены на международных, всероссийских и региональных научных и научно-практических конференциях.

По объему выполненного исследования, актуальности, новизне, теоретической и практической значимости, достоверности полученных

результатов представленная работа соответствует критериям, установленным в пунктах 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденному Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (в редакции от 11 октября 2021 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Попова Анастасия Сергеевна заслуживает присуждения ей искомой ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15 Экология (биологические науки).

Официальный оппонент,
профессор кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»,
доктор биологических наук
(1.5.9. – Ботаника (биологические науки)),
профессор



Ишмуратова Майя Мунировна

Республика Башкортостан,
г. Уфа, 450076,
ул. Заки Валиди, д.32, 89173498643,
ishmuratova@mail.ru

4 сентября 2023 г.

