

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Храмовой Елены Петровны «Род *Pentaphylloides* Hill (Rosaceae) Азиатской России (фенольные соединения, элементный состав в природе и культуре, хемотаксономия)», представленной к защите на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальностям: 03.02.01 – «Ботаника», 03.02.08 – «Экология» (Биологические науки)

Актуальность темы диссертационного исследования и теоретическая значимость объясняются недостаточной изученностью и высокой научной значимостью вопроса о роли морфофизиологических и биохимических механизмов адаптации растений на организменном и популяционном уровнях к условиям среды (естественным, в культуре и при действии антропогенного стресса) и связанного с ним хемотаксономического аспекта проблемы. В связи с этим к числу наиболее перспективных подходов относится исследование изменчивости высоко пластичного пула фенольных соединений и элементного состава растений. Эти вопросы успешно раскрываются в диссертации Е. П. Храмовой.

Научная новизна. Впервые проведена работа по изучению состава и содержания фенолов, а также химических элементов, у представителей рода *Pentaphylloides* Hill (*Rosaceae*) Азиатской России с использованием современных высокоточных методов исследования. Это позволило впервые выделить и идентифицировать два не описанных ранее у *P. fruticosa* флавонолгликозида, а также измерить содержание 19 химических элементов. Впервые установлена степень видовой специфичности фенольного комплекса и, на примере *P. fruticosa*, изучены связи содержания фенольных соединений и элементного состава с эколого-географическими и техногенными факторами, сезонно-возрастными особенностями развития, условиями культуры. Полученные данные о внутривидовой изменчивости состава и содержания фенольных соединений у *P. fruticosa* свидетельствуют о их участии в приспособительных реакциях как на уровне отдельных

растений, так и ценопопуляций. Полученные на примере *P. fruticosa* результаты существенно развивают представления о роли фенольных соединений и химических элементов в адаптационных процессах растений. Данные о влиянии радиационного и аэропромышленного загрязнения свидетельствуют о наличии у *P. fruticosa* фитоиндикационного потенциала.

Цель и задачи исследования.

Целью работы явилось установление особенностей состава и содержания фенольных соединений и химических элементов в растениях рода *Pentaphylloides* Hill (Rosaceae) Азиатской России в связи с видовой специфичностью, эколого-географическими факторами, онтогенезом и техногенным воздействием.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

1. Исследовать состав и содержание фенольных соединений и химических элементов у азиатских представителей родового комплекса *Pentaphylloides* для выявления видовой специфичности.
2. Провести сравнительный анализ морфологических и биохимических признаков *P. Fruticosa* на эндогенном, индивидуальном и межпопуляционном уровнях в природных и интродукционных популяциях.
3. Изучить внутривидовую изменчивость *P. Fruticosa* по содержанию фенольных соединений и химических элементов в процессе развития в зависимости от стадии вегетации, онтогенетического состояния, времени суток, экологической природы и органа растения.
4. Проанализировать воздействие техногенных факторов на состав и содержание фенольных соединений и элементов в растениях *P. Fruticosa* в условиях промышленно-транспортного и радионуклидного загрязнения.
5. Определить перспективные направления изучения растений рода *Pentaphylloides*.

Выполнение поставленных цели и задач четко отражено в структуре и выводах работы.

Содержание диссертации. Диссертации Е. П. Храмовой состоит из введения, 7 глав, выводов, списка используемой литературы и 19 приложений. Работа изложена на 437 страницах, иллюстрирована 112 рисунками и 57 таблицами. С списке литературы 383 работы, из них 120 — на иностранных языках.

Во **Введении** изложены актуальность, научная новизна, значимость работы, сформулированы цель и задачи исследования, защищаемые положения, сведения об апробации работы и отражен личный вклад автора.

Ввиду многообразия изучавшихся автором аспектов проблемы литературный обзор распределен по главам, что облегчает восприятие излагаемых данных и их анализа.

После введения следует **Глава 1**, где автором дана характеристика объектов, методов и районов исследования. В частности, детально проанализировано таксономическое положение видов рода *Pentaphylloides* Hill, описаны ареал и экологическая приуроченность видов этого рода, приведены сведения о практическом использовании *Pentaphylloides fruticosa* (целебные свойства и химический состав, декоративные свойства), описаны конкретные природные условия естественных местообитаний и районов интродукции изучаемого объекта, а также материал и методы исследования.

Глава 2 посвящена результатам изучения фенольных соединений (ФС) *Pentaphylloides fruticosa*. В ней дана подробная характеристика ФС и их функциональной роли в жизни растений, описан фенольный состав *Pentaphylloides ofruticosa*. К числу наиболее значимых полученных автором результатов следует отнести наряду с обнаружением и идентификацией в надземных органах известных ранее у данного вида ФС также двух новых (флавонолгликозиды изокверцитрин и астрагалин). Кроме того, установлено, что фенольный состав надземных органов у дикорастущих и интродуцированных растений идентичен.

Глава 3 посвящена изложению и анализу результатов хемотаксономического исследования видов рода *Pentaphylloides* Hill Азиатской России. Приведены данные о фенольном составе у пяти исследованных видов рода и его таксономическом значении, позволившие сделать очень важный вывод о том, что каждый исследованный вид имеет свой фенольный профиль, который при переносе растений в условия культуры сохраняется. Кроме того, установлена видоспецифичность состава ФС, определяемая по комплексу параметров: по наличию отдельных агликонов, по максимальному содержанию ФС (суммарному и по группам), по суммарному содержанию эллаговых веществ и по содержанию рамнетина, кверцитрина, астрагалина и компонента 12. Описаны результаты сравнительного изучения у них элементного состава, который относительно стабилен и на уровне видов достоверно не отличается, однако установлен интересный и важный в научном и прикладном аспектах факт — у растений видов *P. fruticosa*, *P. mandshurica* и *P. gorovoi* повышен уровень аккумуляции ряда элементов (Mn, Fe, Zn, Cu, Br, Cr, Sr и Mo).

В **Главе 4** приведены результаты исследования внутривидовой изменчивости *P. fruticosa* по содержанию ФС. Автором изучены эндогенная и индивидуальная изменчивость как по содержанию ФС, так и по морфологическим показателям. В условиях культуры выявлены особенности эндогенной и индивидуальной изменчивости 11 морфологических и 16 биохимических признаков. При этом качественный состав ФС в пределах особи не изменяется, а большинство количественных признаков характеризуются высокой эндогенной изменчивостью. На индивидуальном уровне наблюдается значительное снижение вариабельности изучаемых признаков. Уровень изменчивости большинства морфологических признаков между особями оценивается как очень низкий и низкий. Исследования межпопуляционной изменчивости по содержанию ФС включают анализ данных об изменчивости в высотном пояском и широтном градиентах при интродукции (т. е. при выращивании в культуре образцов, взятых из конкретных природных условий). Результаты

проведенных исследований позволили сделать важный вывод о высоких уровнях внутри- и межпопуляционной изменчивости по изученным показателям. Кроме того, высокое значение коэффициента наследуемости по содержанию флавонолов в листьях ($H^2 > 0.6$) свидетельствует о существенно более высокой генотипической изменчивости по сравнению с экотипической.

Очень большое по объему и количеству данных исследование выполнено автором при изучении сезонных изменений фенольного состава. Такое внимание безусловно оправдано, так как сезонно-возрастные изменения высокочувствительных к внешним факторам характеристик являются ключевыми при анализе данных о составе и содержании вторичных метаболитов, участвующих в адаптационных процессах. Несмотря на очень высокую лабильность фенольного состава в надземных органах автору удалось установить его связь с эколого-географическими условиями естественного произрастания вида, периодом развития, и климатическими факторами. Это позволило сделать важный вывод о сбалансированности процессов обмена в конкретной экологической обстановке и о том, что фенольный состав, по-видимому, является одной из сторон приспособительной изменчивости вида. Наряду с сезонными изменениями были исследованы суточные колебания в накоплении ФС. Это, безусловно, важно как для выяснения их метаболической роли, так и для установления оптимальных сроков сбора лекарственного сырья. Анализ литературных и полученных автором данных подтверждает высказанные ранее идеи о том, что колебания в накоплении ФС в течение суток связаны с выполнением ФС различных функций в растении – запасного энергетического материала в темное время суток и защиты от вредного воздействия УФ-облучения в дневное время. Наиболее объективным критерием возрастных изменений в организме является фаза развития. В связи с этим в ходе исследований была изучена изменчивость содержания фенольных соединений в онтогенезе. Установлено, что у растений *P. fruticosa* в ходе онтогенеза содержание ФС (в сумме, по группам и отдельным компонентам) подвержено вполне

определенным возрастным колебаниям при неизменном качественном составе. Например, полученные результаты убедительно показывают наличие минимума содержания гликозидов в середине развития с последующим возрастанием, тогда как содержание свободных агликонов увеличивается в онтогенезе, достигая максимума у средневозрастных генеративных особей.

В заключительной части главы приведены результаты сравнительного анализа состава и содержания ФС у вида в природе и культуре. Из рассуждений автора диссертации можно сделать вывод, что полученные *ex situ* данные подтверждают и дополняют основные выводы, сделанные в предыдущих главах. При этом результаты детального анализа закономерностей в составе и содержании ФС у растений *P. fruticosa* представляются перспективными для использования в качестве рабочей гипотезы в исследованиях других видов рода *Pentaphylloides*.

В **Главе 5** приведены результаты изучения элементного состава растений *P. Fruticosa*. Исследованы состав и содержание макро- и микроэлементов в растениях из природных ценопопуляций Горного Алтая, в листьях разных возрастных состояний и при интродукции. Кроме того, приведена обобщенная модель распространенности ряда химических элементов. В качестве последней, по-видимому, автор рассматривает результаты математико-статистического анализа данных о связях содержания изучавшихся химических элементов в почве и растениях. Наиболее важные научные результаты получены при изучении связей с условиями местообитания, накопления в органах растений и возрастным состоянием.

Глава 6 посвящена исследованиям техногенного влияния на биохимический состав растений *P. fruticosa*, включая: влияние промышленно-транспортного загрязнения на растения (макро- и микроэлементный состав, состав и содержание ФС в течение вегетационного сезона, интегральная оценка влияния на морфологические и биохимические показатели) и влияние радиационного воздействия на

растения (особенности накопления ФС, анализ влияния радиационного фактора на содержание ФС и морфометрические показатели, особенности накопления химических элементов). Автором установлено, что оба вида воздействий приводят к статистически значимому уменьшению поверхности листа и конечной доли, прироста годичного побега и длины черешка листа. Кроме того, наряду с ожидавшимся фактом накопления загрязняющих веществ (общим и избирательным) в органах растений, установлено, что количественные изменения ФС при радиационном воздействии в большей мере проявлялись в листьях по сравнению с репродуктивными органами и стеблями (преобладающими являются гликозиды кверцетина), а при аэропромышленном - суммарное содержание ФС (в сумме и по группам) в листьях и цветках снижалось, а в плодах повышалось. Следует отметить, что несмотря на статистически незначимые различия по средним значениям между некоторыми морфометрическими и биохимическими характеристиками, автором с помощью метода опорных векторов установлено, что в зависимости от уровня облучения выборки различаются по совокупности морфометрических показателей и содержанию ФС. При этом каждой особи соответствует определенный комплекс морфометрических и биохимических параметров, определяющий принадлежность к одной из исследованных выборок. Из анализа вариационных кривых распределения изученных признаков сделан важный вывод об адаптационном характере их изменений.

Глава 7 посвящена рассмотрению перспектив использования растений рода *Pentaphylloides* Hill. Описано использование *P. fruticosa* в пищевой и фармацевтической промышленности и приведены результаты оригинальных исследований антимикробной активности ряда видов, свидетельствующие о высокой практической значимости этого растительного ресурса. При этом автором разработан и запатентован способ получения концентрата – заменителя чая из побегов курильского чая кустарникового.

Результаты работы обобщены и отражены в **Выводах**, которые соответствуют поставленным задачам и целям диссертационного исследования. Текст автореферата полностью соответствует содержанию диссертации.

Замечания к рецензируемой работе.

1. В разделе 1.5 (материал и методы) и главе 5 не указано, почему при изучении состава и содержания макроэлементов были взяты только Са и К и чем объясняется выбор микроэлементов.
2. В главе 5 (с. 232) автор упоминает, но не объясняет факта наблюдения противоположной зависимости между накоплением Mn взятыми из разных отличающихся по режиму увлажнения ценопопуляций растениями *P. fruticosa* в культуре и наблюдаемым накоплением (по литературным данным) у растений в естественных условиях. Аналогичный факт отмечен, но не объяснен для накопления Си у растений, отличающихся происхождением по высоте над уровнем моря.
3. В разделе 6.1 главы 6 не указано, на каком расстоянии от автомагистрали по ул. Фабричной были расположены исследуемые растения. Известно, что максимальное загрязнение от автотранспорта и применения противогололедных материалов приходится на ближайшие к дорожному полотну 3-5 м. Кроме того, не ясно - учитывалось ли автором отличие по составу и свойствам верхнего слоя грунта возле дороги и почвы в контроле.
4. В выводе 8 диссертации указано, что значения содержания химических элементов могут «быть включены в базу данных уровня содержания элементов в растениях». Автору необходимо пояснить, какая база данных имеется ввиду.
5. Выводы 2, 4 и 6 содержат отдельные стилистические неточности.

Заключение.

Таким образом, диссертационная работа Храмовой Елены Петровны «Род *Pentaphylloides* Hill (Rosaceae) Азиатской России (фенольные соединения, элементный состав в природе и культуре, хемотаксономия)», представленная к

защите на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальностям: 03.02.01 – «Ботаника», 03.02.08 – «Экология» (Биологические науки) является научной квалификационной работой, в которой содержится значительный вклад в решение проблемы, имеющей существенное значение для отраслей знаний «Ботаника» и «Экология», и обеспечивающее решение важных прикладных задач, что соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней (пп.9 – 14), а ее автор заслуживает присуждения степени кандидата биологических наук по специальностям 03.02.01 – Ботаника и 03.02.08 — Экология (Биологические науки).

Доктор биологических наук, (03.02.08 – «Экология», 03.00.12 - «Физиология растений»), профессор,

ведущий научный сотрудник Шавнин Сергей Александрович

Лаборатория Экологии древесных растений

ФГБУН Ботанический сад Уральского отделения РАН

630144, Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202 а

Телефон: +7 (343) 210-55-97

E-mail: sash@botgard.uran.ru

Сайт: <http://botgad.uran.ru>

«_10_» _ноября_ 2016 г.


(подпись)


М.П.

Собственноручную подпись С.А. Шавнина удостоверяю:

Специалист по персоналу БС УрО РАН _____


Соколова А.С.