

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра генетики

ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ *TRAPA*
NATANS L. В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ
ПОПУЛЯЦИЯХ ПРИ РЕИНТРОДУКЦИИ В САРАТОВСКОЙ
ОБЛАСТИ

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки 4 курса 422 группы

Направления подготовки бакалавриата 06.03.01 Биология

Биологического факультета

Тупицыной Ольги Евгеньевны

Научный руководитель:

доктор биол. наук, профессор

8.06.20



А.С. Кашин

Заведующий кафедрой:

доктор биол. наук, доцент

8.06.20



О.И. Юдакова

Саратов 2021

Введение

Бакалаврская работа Тупицыной О. Е. посвящена особенностям морфологической изменчивости *Trapanatans* L. в естественных популяциях и искусственных насаждениях при реинтродукции в Саратовскую область.

Данное растение относится к числу редких для Европы. Ему присвоена категория редкости А. Оно включено в Приложение 1 Бернской конвенции. Занесено в Красную книгу Российской Федерации и фактически всех регионов, где произрастает.

Исследования показали, что на состояние популяции водяного ореха влияют неблагоприятные условия в период вегетации, низкие температуры начала лета и продолжительные дожди в период цветения. Катастрофическое влияние оказывает антропогенный фактор. Актуальной экологической проблемой современного периода является сокращение популяций *T. natans*. На территории Саратовской области водяной орех исчез и нуждается в реинтродукции. С целью создания искусственных насаждений этого вида в рамках данной работы были осуществлены посевы плодов данного вида из донорных природных популяций в р. Хопер и Волга в границах Саратовской области.

Целью данной научно-исследовательской работы является изучение морфологической изменчивости *T. natans* L. в природных популяциях р. Хопёр и в искусственных насаждениях в реках Саратовской области. Выпускная квалификационная работа Тупицыной Ольги Евгеньевны изложена на 55 страницах и содержит следующие разделы:

Раздел 1 – Обзор литературы

Раздел 2 – Материалы и методы

Раздел 3 – Результаты и обсуждения

Основное содержание работы

Первый раздел выпускной квалификационной работы посвящен литературному обзору, в котором предоставлена информация о морфологических

характеристиках *T. natans*, его биологии и экологии, систематическом положении, ареале рода, использовании человеком, природоохранной значимости, а также внутривидовому и внутрипопуляционному полиморфизму.

Морфологическая характеристика *Trapanatans*

Trapanatans L., чилим или водяной орех. Корни водяного ореха прикреплены ко дну, другие, свободно торчащие в воду, так же имеются боковые корни. Стебель *T. natans* имеет сегментированное строение, может достигать длины 3-5 м. и полностью погружен в воду. Листья у водяного ореха образуют крупную розетку диаметром 10–30 см. На черешках имеются вздутия, которые заполнены воздухом, они выполняют функцию плавательного аппарата – удерживают розетку на водной поверхности. Цветки одиночные, небольшого размера и белого цвета. Чашелистики зеленые с красноватым оттенком у основания. Венчик в виде четырех не сросшихся лепестков. Плод-односемянная костянка. Сердцевина плода разрушается от контакта с водой и приобретает вид ореха темно-коричневого окраса, с 4, реже с 2 мощными выростами. *T. natans* предпочитает стоячие или водоемы со спокойным течением, неглубокие и хорошо прогреваемые, глубиной не более 2,5 м.

Биология и экология *Trapanatans*

Корни, отходящие от стебля вблизи проросшего плода, выполняют функцию прикрепления ко дну и всасывания питательных веществ со дна водоема из ила. Также растение может прикрепляться к субстрату с помощью придаточных корней.

Основополагающим фактором для развития водяного ореха является температура водоема 18–20°C. Так в холодные летние сезоны развивается чаще всего только одна розетка, а в теплые – на одном растении может формироваться от 6 до 8 розеток.

Неблагоприятные погодные условия, сказываются и на жизненном состоянии рогульника плавающего. Это проявляется в уменьшении размера розеток, снижении количества жизнеспособных плодов и увеличении доли не цветущих растений

Опыление происходит в толще воды. По окончании созревания, плоды погружаются на дно, прикрепляясь к грунту за счет своих острых выростов.

Систематическое положение

T.natans принадлежит к роду *Trapa* L. По причине морфологической variability внутриродовая систематика *Trapa* достаточно запутанна.

При этом в качестве основного критерия для выделения отдельных видов принимается форма плода водяного ореха.

В настоящее время данный род отнесён к семейству Дербенниковые (*Lythraceae*) в составе отдельного подсемейства *Trapoideae*. Ранее его выделяли в самостоятельное монотипное семейство Рогульниковые, или Водяноореховые – *Trapaceae*.

Ареал рода *Trapa*

Водяной орех плавающий (род *Trapa*) имеет обширный естественный ареал, который включает Африку, многие районы Азии (Турция, Азербайджан, Грузия, Казахстан, Китай, Вьетнам, Япония, Индия, Пакистан и др.).

В настоящее время водяной орех в Северной Америке можно найти в таких штатах США, как Нью-Йорк, Делавэр, Мэриленд, Массачусетс, Нью-Хэмпшир, Пенсильвания, Вермонт, Вирджиния и Вашингтон. Также это растение обнаруживается в бассейне Великих озер и в провинции Квебек в Канаде

Водяной орех широко распространен в центральной Европе и в меньшей степени в южной Европе. Не во всех европейских странах можно встретить водяной орех, он не встречается в Испании, Португалии,

Великобритании, Ирландии, Норвегии, Финляндии и др. Самые северные популяции распространены в Германии. В Швейцарии известна только одна популяция водяного ореха. В Швеции он относится к вымершим видам.

В странах восточной Европы *T. natans* внесен в Красные книги таких стран, как: Польша, Беларусь, Латвия и др. В Эстонии этого вида нет, а в Литве на сегодняшний день, также, как и в Швеции, водяной орех относят к вымершему виду. В северной Беларуси, напротив, наблюдается увеличения площади популяций и увеличение численности *T. natans*. Водяной орех обнаружен в озерах Витебской области, - северная граница Беларуси, - и на юге – в озерах Днепра, Сожа, Припяти, Уборти и Березины. (Тухфатуллина, 2013).

Напротив, на Украине этого растения в избытке и его численность необходимо ограничивать, так как им зарастают водоемы полностью.

В России ареал *T. natans* имеет дизъюнктивный характер. На территории России *T. natans* встречается в центральной европейской части, на юге Западной Сибири, в Забайкалье и на Дальнем Востоке

В Восточном Забайкалье отмечено несколько мест произрастания *T. natans*. Он обнаружен в бассейне р. Нерчи, в небольших озерах Куандийской котловины и в устье р. Аргунь. В Республике Башкортостан водяной орех до настоящего момента обнаружен только в расположенных рядом друг с другом озёрах Упканкуль (Упканныкуль, Упкан) и Бильгиляр (Бильгеляр) в Нуримановском районе.

На территории Саратовской области вид считается исчезнувшим.

Использование водяного ореха человеком

На сегодняшний день в России плоды водяного ореха не используют из-за проблемы сокращения численности вида.

В самом орехе содержится масса жиров, углеводов, клетчатки, белков, органических и минеральных веществ – кальция, фосфора, марганца, железа, магния, хлора. По вкусу он напоминает каштан, а по пищевым качествам

несколько не уступает зерновым. Его употребляли в сыром, жареном, варёном, запечённом, консервированном, глазированном виде.

Природоохранная значимость

На данный момент в Евразии ареал *T. natans* заметно сокращается. В соответствии с этим вид включен в Приложение I к Бернской конвенции об охране дикой фауны, флоры и природных сред обитания в Европе, Европейский Красный список МСОП, а также в Красные книги таких стран, как: Латвия, Литва, Польша, Украина, Беларусь.

В Российской Федерации водяной орех включен в Красные книги почти всех регионов, где встречается, на востоке страны – Читинской области и Агинского Бурятского автономного округа, на западе – Брянской, Смоленской, Псковской областях, на юге – Астраханской области. На территории Сибири рогульник распространен весьма нерегулярно. В большинстве Сибирских регионов рогульник включен в Красные книги. Это относится и к территории Байкальской Сибири, включающей Иркутскую область, Республику Бурятия и Забайкальский край.

Внутривидовой и внутрипопуляционный полиморфизм

До настоящего времени систематика рода *Trapa* остаётся проблемной. Для диагностики видов рода используются следующие признаки: форма листовой пластинки, цвет венчика, форма и размеры плода. До сих пор нет единого мнения о таксономическом положении *T. natans* и рода *Trapa* в целом. С помощью методов молекулярной генетики только индийские и китайские исследователи достигли небольших успехов по изучению генетического внутривидового полиморфизма местных популяций *Trapa* методами RAPD-анализа и AFLP-анализа. При RAPD-анализе с праймером AFK3 в серии экспериментов выявлено не менее семи четко различимых ампликонов, которые по размеру не отличались во всей анализируемой группе водяных орехов. RAPD анализ с праймером OPAI-05 тотальной ДНК водяного ореха

приводил к амплификации шести локусов разного размера. При этом среди 18 образцов водяного ореха не удалось выявить ни одного полиморфного локуса.

Химический состав

Химический состав *T.natans* разнообразен. Листья содержат флавоноиды (кемпферол, квертицин, неорутин, изоквертицин), тритерпеноиды, дубильные вещества (трапанин), фенолкарбоновые кислоты, антоцианы. Семена *T.natans* содержат углеводы и родственные им соединения:

Ядро семени *T.natans* содержит в большом количестве линолевую и α -линолевую кислоты.

Водяной орех содержит малое количество белка, жира, золы и меньше клетчатки, чем в других орехах. Значительно больше в нем безазотистых экстрактивных веществ, а также фосфора и железа.

Материалы и методы

Объектом исследования является растение *Trapanatans*, которое считается исчезнувшим на изучаемой нами территории Саратовской области.

Методы исследования

Исследование включало: выезд в 2019 г. в места произрастания *T. natans* в Хопёрском государственном природном заповеднике, проведение морфометрических измерений в природных популяциях; отбор образцов для камеральной обработки, отбор плодов для высева в реки Саратовской области, подбор в 2019 г. мест, подходящих для произрастания *T. natans* на реках Саратовской обл., и высев в эти места примерно по 50 плодов водяного ореха, а также мониторинг в 2020 г. искусственных насаждений в реках Саратовской обл.

Был использован материал *T. natans* из трёх донорских природных популяций, произрастающих в Хопёрском государственном природном заповеднике. Плоды *T. natans* были высеяны в 27 точках на реках Хопёр и Волга в пределах Саратовской области. В семи из них плоды не проросли, а в 12 - сформировалось менее 30 розеток

Донорными растениями для реинтродукции в Саратовскую область послужили образцы из Хопёрского природного государственного заповедника (Воронежская обл.), Посевы плодов были осуществлены в 17 точках, две из которых – на р. Волга и 15 – на р. Хопёр в границах Саратовской обл.

Для выявления морфологической изменчивости *T. natans* в каждой из природных популяций и каждом искусственном насаждении на 30 розетках (если позволяла выборка) был проанализирован полиморфизм по 25 диагностическим признакам, в том числе по 14 морфологическим признакам листовой пластинки. При камеральной обработке с использованием компьютерной программы ImageJ по каждой выборке определялись площади одного листа и всей розетки.

По каждому образцу выборок из природных популяций и искусственных насаждений были вычислены средняя арифметическая и её ошибка, а также определены лимиты морфологических признаков. Результатам описательной статистики были стандартизированы. Затем по результатам стандартизации был проведён факторный анализ, ординация точек методом главных компонент и построены диаграммы размаха признаков.

Для факторного анализа, ординации методом главных компонент и построения диаграмм размаха использованы параметры не всех популяций, а лишь тех, в которых насчитывалось не менее 30 розеток. Проанализированы 3 донорные популяции и восемь реципиентных искусственных насаждений, из них семь - хопёрских, одна – волжская.

Статистическую обработку данных осуществляли с помощью программ «MicrosoftExcel», «Statistica 6.0» и «Past 3.26».

Результаты и обсуждения

Показано, что по подавляющему большинству морфологических признаков минимальные показатели характерны для популяции ХЗ-3 из оз. Серебрянка Удельная. Вероятно, условия произрастания в данном местообитании *T. natans* менее благоприятны, чем в других двух местообитаниях. Максимальные значения большинства морфологических параметров отмечены в популяции ХЗ-1 из оз. Малое Голое, что указывает на более благоприятные, чем в двух других исследованных местообитаниях, условия для произрастания вида. Эта же закономерность отмечена и для семенной продуктивности исследованных популяций: По числу выполненных плодов и количеству цветков также выделяется популяция ХЗ1, а минимальные показатели числа выполненных плодов и количество цветков отмечены в популяции ХЗ3.

Искусственные насаждения 374 и 381 по большинству исследованных параметров уступают таковым по остальным искусственным насаждениям, что указывает на негативное воздействие какого фактора или факторов окружающей среды на рост и развитие растений в данных местообитаниях. Напротив, искусственные насаждения № 378 и 363 по многим морфологическим параметрам имеют максимальные показатели, что указывает на более благоприятные условия произрастания растений вида в данных местообитаниях.

Факторный анализ, проведённый по 19 морфологическим признакам, отобранным с помощью непараметрического коэффициента корреляции Спирмена, выявил, что максимальные по модулю значения факторной нагрузки (0,70–0,89) по первой компоненте имеют: площадь розетки, длина листовой пластинки, площадь листовой пластинки, длина черешка листа, длина черешка листа от пузыря, длина пузыря, диаметр розетки, число листьев, число незрелых плодов. По второй компоненте максимальные нагрузки (0,82) имеет: число следов и зрелых плодов. Суммарный объём

объяснённой дисперсии по двум компонентам составил 51,12%.

Ординация методом главных компонент демонстрирует, что большая часть точек, отвечающих розеткам донорных популяций из Хопёрского заповедника, расположена в нижней части области ординации и относительно хорошо обособлена от точек, отвечающих розеткам реципиентных насаждений. Сами донорские популяции хорошо обособлены друг от друга, в то время как облака рассеяния реципиентных насаждений фактически образуют единое облако рассеяния.

Общий вывод, который напрашивается из анализа ординации методом главных компонент следующий. Независимо от того из какой природной популяции (первой или второй) брались донорные образцы, они сходно вели себя в реципиентных искусственных насаждениях. При этом донорные популяции в значительно большей мере отличаются друг от друга по комплексу морфологических признаков, чем реципиентные искусственные насаждения. То есть различия по комплексу морфологических признаков вегетативной сферы, наблюдавшиеся между донорными природными популяциями, нивелировались при произрастании *T. natans* в реципиентных искусственных насаждениях, по крайней мере, в первый год их существования.

Диаграммы размаха по выделенным в ходе факторного анализа признакам, имеющим наибольшее значение нагрузок, подтверждают вышеизложенные закономерности,

Выводы

1. При реинтродукции *T. natans* в водоёмы Саратовской области из водоёмов, расположенных в пределах Хопёрского государственного природного заповедника, были получены положительные результаты.

2. Наиболее успешной донорской природной популяцией оказалась популяция ХЗ-2. Образцы из популяции ХЗ-2 имели высокие значения по всем измеренным морфологическим признакам, в том числе и по

сравнению с образцами из природной популяции ХЗ-1.

3. Наиболее успешными искусственными насаждениями оказались, насаждения 378, 372, 363, 365, 366, сделанные в пределах Саратовской области в заливах р. Хопёр.

4. Факторный анализ, выполненный по 22 отобраным признакам, выявил, что в целом определяющими, в большей степени связанными с другими признаками, для структурной формы растений *T. natans*, являются показатели листа и общих ростовых процессов розетки в целом.

5. Анализ ординации методом главных компонент показал, что независимо от того из какой природной популяции брались донорные образцы, они по морфологической изменчивости сходно вели себя в реципиентных искусственных насаждениях. При этом донорные популяции в значительно большей мере отличаются друг от друга по комплексу морфологических признаков, чем реципиентные искусственные насаждения.

6. Диаграммы размаха по выделенным в ходе факторного анализа признакам, имеющим наибольшее значение нагрузок, подтверждают, что большими значениями большинства морфологических признаков выделяются естественная популяция ХЗ-2 и искусственные насаждения 360 и 372.

