

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

Кафедра генетики

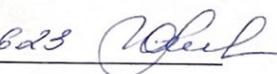
**ОНТОГЕНЕТИЧЕСКАЯ И ВИТАЛИТЕТНАЯ СТРУКТУРА
ПОПУЛЯЦИЙ *GLOBULARIA BISNAGARICA* И *GLOBULARIA
TRICHOSANTHA* В ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ АРЕАЛА**

Автореферат бакалаврской работы
студента 4 курса 422 группы
направления подготовки 06.03.01 Биология
биологического факультета
Сергутина Данила Александровича

Научный руководитель:

профессор, док. биол. наук 02.06.23  А.С. Кашин

Зав. кафедрой:

доцент, док. биол. наук 02.06.23  О.И. Юдакова

Саратов 2023

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Реликтовые растения – живые ископаемые, дошедшие до настоящего периода из древнейших эпох без существенных изменений, в составе современного растительного покрова. Являясь историческим компонентом флоры, растения обладают узким диапазоном расселения, из-за чего имеют низкую степень встречаемости и небольшие площади популяций. К таким растениям причисляется *Globularia bisnagarica* L. из семейства Plantaginaceae – редкий, исчезающий вид, занесенный в Красную книгу Российской Федерации. Это многолетнее травянистое, раноцветущее растение принадлежит к группе неогеновых реликтов. В экологическом плане растения этого вида причисляются к ксеромезофитам, гелиофитам, кальцефитам. Ареал вида дизъюнктивный с главной частью в Атлантической, Средней, Южной Европе и Средиземноморье. У данного вида обозначается жесткая приуроченность к условиям горной карбонатной злаковой степи, предпочтение к склонам южной и юго-западной экспозиции, скальным склонам с развитыми оползневыми процессами.

Актуальность заключается в изучении краснокнижных растений, которое имеет огромное значение, для сохранения биоразнообразия в естественных условиях среды, а также для разработки методов охраны и поддержания численности вида.

Цель работы: мониторинг онтогенитической структуры, виталитетного состояния популяций видов *G. bisnagarica* и *G. trichosantha*

Для достижения цели были поставлены следующие задачи: исследовать 25 популяций вида *G. bisnagarica* и 4 популяции *G. trichosantha*

1. Проанализировать онтогенетические спектры 25 *G. bisnagarica* популяций вида и 4 популяций вида *G. trichosantha*.
2. Произвести расчеты индексов возобновляемости, генеративности, старения, восстановления, общей возрастности.
3. Провести оценку виталитетного состояния особей в популяциях на основе морфологических данных.

Структура и объём. По данной теме рассмотрено 73 литературных источников, из них 30 на иностранном языке. Написан обзор литературы объемом 13 страниц. По методическому разделу рассмотрено 14 литературных источников о методах изучения онтогенетической структуры. Написана глава «Материал и методы» объемом 12 страниц. По практической части проведен мониторинг онтогенетического состояния популяций *Globularia bisnagarica* и *Globularia trichosantha* в восточно-европейской части ареала. Написана глава «Результаты и их обсуждение» объемом 23 страниц.

Научная новизна. Мониторинг и статистическая обработка онтогенетической и виталитетной структур дизъюнкта *G. bisnagarica* и *G. trichosantha* на территории европейской части России не проводилось, рассматривались лишь отдельные популяции в различных регионах РФ. Применение общепринятых методов оценки онтогенетической и виталитетной структуры популяций дизъюнкта европейской части России, позволили получить более точные и объективные результаты о действительном состоянии популяций. Это позволит выявить возможные изменения в онтогенетической и виталитетной структуре популяций со временем, что может иметь важные экологические и биологические последствия.

Публикации. По теме выпускной квалификационной работы опубликована 1 работа, которая была представлена на международной научной конференции «Исследования молодых ученых в биологии и экологии».

1 Характеристика рода *Globularia*. В данной главе представлен литературный обзор ботанико-географической характеристики рода *Globularia*.

2 Материал и методы. Всего было изучено 29 популяций из них 25 – *G. bisnagarica* и 4 – *G. trichosantha*. В данной работе использовались различные методы исследования, включающие в себя, как оценку популяций в целом, так и изучение отдельных особей видов.

Анализ виталитетной структуры популяции проводится в два этапа. На первом этапе устанавливается виталитет каждой из особей по репрезентативной выборке из популяций, на втором этапе на основании оценки доли особей разного виталитета вычисляется виталитетный тип популяции. Точность и объективность оценки состояния особей в виталитетном анализе обеспечивается использованием количественных морфометрических параметров с вычислением их основных статистик. Для оценки виталитетной структуры популяций *G. bisnagarica* и *G. trichosantha* использовались 16 количественных морфометрических параметров, полученных в результате полевых исследований. Для оценки виталитета особи использовали индекс *VI*. Ранжированный по индексу виталитета ряд особей разбивали на три класса – высший (*a*), средний (*b*) и низший (*c*). Установление границ класса *b* проводили в пределах границ доверительного интервала среднего значения ($x_{cp} \pm \sigma$). Виталитетный тип популяции определялся двумя способами. Первый из них был основан на использовании критерия *Q*. При этом выделялись процветающие – $Q = 1/2(a+b) > c$, равновесные – $Q = 1/2(a+b) = c$, и депрессивные – $Q = 1/2(a+b) < c$ популяции.

Онтогенетические состояния особей *G. bisnagarica* и *G. trichosantha* определялись на основе размеров, числа и соотношения надземных органов. Учёт особей разного онтогенетического состояния проводился на 10 площадках площадью 1 м².

3 Результаты и их обсуждения.

3.1 Виталитетная структура популяций.

3.1.1 Виталитетная структура популяций *G. bisnagarica*. Анализ корреляционной матрицы (рис. 6) морфометрических параметров наиболее репрезентативной выборки популяций *G. bisnagarica* показал, что высокую корреляцию имеют следующие пары признаков: длина розеточного листа – ширину розеточного листа; количество генеративных побегов у особи – количество генеративных побегов в розетке. Наибольшую величину факторной нагрузки на первые две главные компоненты морфологической изменчивости *G. bisnagarica* имели параметры: диаметр розетки, количество листьев в розетке, длина розеточного листа, ширина розеточного листа, количество генеративных побегов у особи, количество генеративных побегов в розетке, длина генеративного побега, диаметр генеративного побега, толщина листа генеративного побега, диаметр соцветия, высота соцветия.

Согласно значениям коэффициента вариации, наибольшей изменчивостью в год исследования отличались признаки: количество розеток, количество листьев в розетке, а также количество генеративных побегов у особи и в розетке. Таким образом, на основании величин коэффициентов вариации, корреляционной матрицы и итогов факторного анализа, признаками, детерминирующими виталитет особей *G. bisnagarica* Депрессивными оказались четыре популяции: Alb, Mur, Pch, Prb. По индексу IVC популяция Alb имела минимальный виталитет ($IVC = 0.74$), сходное значение индекса ($IVC = 0.78$) имела популяция Mur. В их виталитетных спектрах преобладали особи низшего класса виталитета при полном отсутствии особей высшего класса. Две других депрессивных популяции Pch и Prb, Slt. имели немногим более высокий показатель виталитета. В виталитетных спектрах данных популяций полностью отсутствовали особи высшего класса, а доля представителей низшего класса виталитета была при этом довольно значительной. Обращает на себя внимание тот факт, что

четыре из пяти депрессивных или близких к депрессивным популяциям (Prb, Mur, Alb и Slt) произрастают на крайнем юго-востоке исследованного фрагмента ареала. Это указывает на то, что на юго-восточной границе ареала вида складываются наиболее неблагоприятные условия для произрастания *G. bisnagarica*.

Максимальный показатель индекса виталитета был выявлен в популяции Bkv ($IVC = 1.24$) из Северного р-на Оренбургской обл. С очень близким к максимальному значению он был в популяции Abd ($IVC = 1.20$) из Ермекеевского р-на Р. Башкортостан. Двенадцать популяций (Bvl, Cha, Dem, Elh, Epf, Grm, Kms, Krb, Nkv, Nvm, Trm, Zay) имели показатель виталитета больше единицы, остальные шесть – значения около единицы (Bkm, Vin, Lhv, S_Ya, Skv, Тер). Эти популяции произрастают на Приволжской возвышенности, Сокских Ярах, севере Бугульминско-Белебеевской возвышенности и на Ставропольской возвышенности. При этом большая часть популяций Приволжской и северных популяций Бугульминско-Белебеевской возвышенности имели более высокие показатели жизненности, чем большинство популяций Сокских Яров. В целом для большей части исследованных популяций характерно преобладание в виталитетных спектрах особей среднего класса виталитета, что и обуславливает их принадлежность к процветающему типу популяций.

Индекс размерной пластичности популяций *G. bisnagarica* составил 1.66.

3.1.2. Виталитетная структура популяций *G. trichosantha*. Анализ показал, что наиболее скоррелированными парами морфологических параметров в популяциях *G. trichosantha* были количество розеток – количество генеративных побегов в розетке; ширина розеточного листа – диаметр соцветия; диаметр соцветия – высота соцветия (рис. 7).

Наиболее вариабельными признаками оказались: число розеток, число листьев в розетке, число генеративных побегов у особи, число генеративных побегов в розетке, длина генеративного побега, диаметр генеративного побега, толщина листа генеративного побега.

Морфологическими признаками, наиболее подходящими для оценки виталитета *G. trichosantha* оказались количество розеток, количество генеративных побегов у особи, длина генеративного побега, диаметр генеративного побега, толщина листа генеративного побега, диаметр соцветия.

Во всех исследованных популяциях *G. trichosantha* преобладали особи среднего класса виталитета солями участия от 60 до 90%. Таким образом, все популяции определены как процветающие со значениями индекса виталитета от 0.82 до 1.15.

Наиболее высокой жизненностью отличались крымские популяции Zel и Hds. Наиболее низким показателем отличалась кавказская популяция Arm, из-за отсутствия особей высшего класса виталитета (табл. 7). Доли участия групп высшего и низшего виталитета существенно различались в популяциях: в популяции Arm, например, полностью отсутствовали особи высшего класса виталитета, в то время как в крымских популяциях их доля составляла 13–20%. В популяции Zel отсутствовали особи низшего класса, тогда как в других популяциях они присутствовали с долей участия 10–22%.

Индекс размерной пластиности исследованных популяций *G. trichosantha* оказался ниже, чем для популяций *G. bisnagarica* и составил 1.41.

Таким образом, крымские популяции *G. trichosantha* в целом характеризовались более высокой жизненностью, чем популяция Кавказского биосферного заповедника. Изменчивость этого параметра на межпопуляционном уровне у *G. trichosantha* выражена в меньшей степени, чем у *G. bisnagarica*.

3.2. Онтогенетическая структура популяций *G. bisnagarica* и *G. trichosantha*.

3.2.1 Сравнительная характеристика онтогенетических спектров популяций *G. bisnagarica* из различных мест обитания. В онтогенетических спектрах подавляющего большинства популяций *G. bisnagarica* преобладают виргинильные особи (v). Среди них 8 из 10 популяций Приволжской возвышенности (Cha, Elh, Epf, Grm, Pch, Skv, Тер, Zay); 5 из 7 популяций Бугульминско-Белебеевской возвышенности (Abd, Bkv, Dem, Krb, Mur); 2 из 4 популяций Сокских Яров (Kms, Nkv); обе популяции Общего Сырта (Alb и Slt) а также популяции Ставропольской возвышенности (Nvm) и Зилаирского плато (Prb). Две популяции Приволжской возвышенности – Lhv и Trm имели пик на имматурной группе (im). В двух популяциях Бугульминско-Белебеевской возвышенности – Bun и Bvl, преобладали зрелые генеративные особи (g_2). В популяциях Bkm и S_Ya Сокских Яров доминирующей группой были старые генеративные растения (g_3).

Доминирующая тенденция в распределении особей по онтогенетическому состоянию в отдельных популяциях нашла отражение и в базовом онтогенетическом спектре. Спектр унимодальный, левосторонний с максимумом на виргинильных особях.

Проверка с помощью критерия c^2 выявила гетерогенность онтогенетических спектров учетных площадок в большинстве популяций *G. bisnagarica*. Условие однородности субвыборок соблюдалось лишь в 6-ти популяциях: Bun, Bvl, Kms, Nkv, S_Ya и Zay. Дальнейшее сравнение популяций по параметру средней возрастности, индексу восстановления и индексу старения (с учетом выявленной неоднородности площадок) показало, что по всем параметрам популяции достоверно различаются между собой. В связи с этим, значения параметров рассчитывались отдельно для каждой популяции с последующим проведением парных сравнений и определением уровня значимости выявленных различий.

Парные сравнения выявили, что по показателю средней возрастности наиболее отличными от других популяций являются две популяции Сокских Яров – Bkm и S_Ya. Они образуют максимальное число пар (22) с достоверным различием. Наблюдаемые различия обусловлены тем, что в данных популяциях отмечается наибольший показатель средней возрастности. Наименее отличной от остальных оказалась популяция Bkv из Северного р-на Оренбургской обл., образующая 5 пар, а также популяции Nvm со Ставропольской возвышенности и Slt из Александровского р-на Оренбургской обл., образующие по 7 пар. Наименьшая средняя возрастность была отмечена для популяций Trm и Тер.

По значениям индекса эффективности изученные популяции *G. bisnagarica* продемонстрировали довольно широкий спектр возрастных типов (табл. 5.1). Большинство (15 из 25 популяций) были охарактеризованы как молодые, среди них: 7 популяций Приволжской возвышенности – Cha, Epf, Grm, Lhv, Skv, Тер, Trm; 4 популяции Бугульминско-Белебеевской возвышенности – Abd, Bkv, Dem и Krb; обе популяции Общего Сырта – Alb и Slt; одна популяция Сокских Яров – Nkv; популяция Ставропольской возвышенности – Nvm. Переходный тип популяции был установлен для шести популяций, три из которых произрастают на Приволжской возвышенности (Elh, Pch, Zay), две – на территории Сокских Яров (Kms и S_Ya) и одна на Бугульминско-Белебеевской возвышенности. Популяции Bun и Prb определены как зреющие, популяция Bvl как зрелая, одна из популяций Сокских Яров (Bkm) – как стареющая.

При парном сравнении популяций по индексу восстановления, наибольшее количество достоверно различающихся пар образовали популяции Bvl, Тер, Trm – 21, 19 и 18 соответственно. Наименее отличными от других по данному показателю оказались популяции Bkv и Slt, они достоверно отличались только от 5 и 4 популяций соответственно.

При сравнении по индексу старения, популяция Bkv также проявила сходство с большинством изученных популяций и достоверно отличалась

только от одной из них – Bkm, которая в свою очередь показала достоверный уровень различия с 21-ой популяцией, что сделало ее максимально отличной от подавляющего большинства популяций по индексу старения (табл. Прил. 3.3). Оценка индекса восстановления показала, что большинство популяций *G. bisnagarica* находятся в удовлетворительном состоянии, т.к. значения индекса в 16-ти из них превышали 0.5 (табл. 9).

Низкие значения индекса восстановления были отмечены в 9-ти популяциях: Bkm, Bun, Bvl, Elh, Kms, Pch, Prb, S_Ya, Zay. Три из них принадлежат группе Сокские Яры (Bkm, Kms, S_Ya), также три популяции Приволжской возвышенности (Elh, Pch, Zay), две популяции Бугульминско-Белебеевской возвышенности (Bun, Bvl) и одна популяция Зилаирского плато (Prb). Для популяций Bkm, Bvl и S_Ya помимо этого характерны высокие значения индекса старения.

Таким образом, в результате исследования онтогенетической структуры, установлено, что большинство популяций *G. bisnagarica* являются неполночленными, молодыми или переходными с большой долей особей прегенеративного состояния (виргинильные, имматурные). При этом все молодые популяции находятся в удовлетворительном состоянии и определяются как способные к самовосстановлению и поддержанию численности.

Популяция Bkm из Красноярского р-на Самарской обл. – единственная популяция из исследованных, которая была отнесена к стареющему типу, что обусловлено преобладанием в онтогенетическом спектре растений старого генеративного состояния, а также большим количеством субсенильных и сенильных. Особого внимания также заслуживают переходные популяции Приволжской возвышенности, произрастающие на территории Национального парка «Хвалынский» (Хвалынский р-н, Саратовской обл.) – Elh, Pch, Zay, в онтогенетическом спектре которых присутствует большое количество старых генеративных особей. Среди популяций Бугульминско-Белебеевской возвышенности в неудовлетворительном состоянии находятся

популяции Bun и Bvl. Самая восточная из исследованных – популяция Prb также была определена как популяция с низкой способностью к самовосстановлению. Таким образом, по возрастной структуре популяций в наиболее неудовлетворительном состоянии находится ряд популяций Приволжской, – т.е. на юго-западной границе исследованного фрагмента ареала, – и Бугульминско-Белебеевской возвышенностей, – т.е. на восточной границе исследованного фрагмента ареала вида, а также южная популяция Сокских Яров. Именно эти популяции представляются наиболее уязвимыми с точки зрения их возрастной структуры.

3.2.2 Онтогенетическая структура популяций *G. trichosantha*. В результате изучения онтогенетической структуры популяций *G. trichosantha* установлено, что спектры трех крымских популяций центрированные, с пиками на генеративных особях. В популяциях Hds и Pro преобладали старые генеративные особи. Индекс восстановления в этих популяциях ≤ 0.1 (табл. 10). В популяции Zel молодые, зрелые и стареющие генеративные растения имели примерно одинаковую долю участия, а из прегенеративных групп онтогенетических состояний была представлена только группа виргинильных растений, причём в очень незначительной доле (менее 5 %). Онтогенетический спектр значительно удаленной кавказской популяций Arm существенно отличался от спектров крымских популяций. Доминирующей группой здесь были виргинильные растения при полном отсутствии старых генеративных особей. При оценке индексов восстановления и старения популяция Arm проявила наибольшую степень отличия от других популяций, и оказалась единственной популяцией с индексом восстановления больше 0.5, т.е. способной к самовосстановлению. По классификации «дельта-омега» популяции Pro и Hds определены как стареющие, популяция Arm как зреющая, а популяция Zel как переходная.

Обращает на себя внимание тот факт, что крымские популяции имеют высокий виталитет, но по онтогенетическим спектрам и индексу восстановления имеют крайне низкую способность к самовозобновлению, в

то время как популяция Северо-Западного Кавказа, напротив, характеризуется более низкой жизненностью, но высокой способностью к самовозобновлению.

ВЫВОДЫ

1. По критерию «дельта-омега» большинство популяций *G. bisnagarica* оказались молодыми. В них преобладает процветающий тип, лишь две популяции имели равновесный и депрессивный тип (Mur, Alb) соответственно.

2. Онтогенетический спектр популяций *G. bisnagarica* бимодальный, несимметричный, с максимумом на виргинильных особях. Индекс возобновления достаточно высок - 0.4–0.85. В большей части популяций также высок индекс генеративности - 0.4–0.64. Индекс восстановления в большинстве популяций превышает 0.5. Индекс старения в преобладающей части популяций находится в пределах 0.03–0.1.

3. В популяциях вида *G. trichosantha* все популяции имеют процветающий тип виталитета.

4. Онтогенетический спектр популяций *G. trichosantha* бимодальный, несимметричный, с максимумом на старых генеративных особях. Индекс возобновления в 3 из 4 популяций находится в интервале 0.04–0.12, лишь в популяции Arm равен 0.64. Индекс генеративности в большинстве популяций крайне высок - 0.84–0.93. Индекс восстановления в 75% популяций <0.5, в Arm - равен 0.8. Значения индекса старения различны и находятся в интервале 0–0.81. По критерию «дельта-омега» популяции Hds, Pro оказались стареющими, по причине преобладания в них субсенильных особей. Популяции Zel и Arm являются молодой и зрелой соответственно.