

Ю.В. Ибатулина, В.В. Козуб-Птица, М.Л. Орлатая

ОНТОГЕНЕЗ И ПОПУЛЯЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА *POLYGALA CRETACEA* КОТОВ В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОЙ СТЕПИ ДОНЕЦКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Донецкий ботанический сад»

В условиях искусственных степных фитоценозов Донецкого ботанического сада онтогенез *Polygala cretacea* Kotov – простой, продолжается в течение жизни одного семенного поколения. Выявлены 8 онтогенетических групп растений. Растения отмирают в старом генеративном и субсенильном состояниях. *Polygala cretacea* ежегодно проходит полный цикл развития побегов с образованием жизнеспособных семян и самосева. Интродукционные популяции этого вида являются нормальными, с одновершинными, центрированными онтогенетическими спектрами и стабильной плотностью особей, размещенных в пространстве контагиозно. По классификации «Δ–ω» популяции – зреющие и зрелые. Это дефинитивные системы, способные к самоподдержанию семенным путем. *Polygala cretacea* формирует надежный резерв раритетного генофонда и перспективен для сохранения в условиях *ex situ*.

Ключевые слова: *Polygala cretacea*, онтогенез, искусственный фитоценоз, интродукционная популяция, популяционные показатели

Цитирование: Ибатулина Ю.В., Козуб-Птица В.В., Орлатая М.Л. Онтогенез и популяционная характеристика *Polygala cretacea* Kotov в условиях искусственной степи Донецкого ботанического сада // Промышленная ботаника. 2026. Вып. 26, № 3. С. 15–27. DOI: 10.5281/zenodo.23498357

Введение

К настоящему времени исследованы биологические и экологические характеристики, определены особенности структуры популяций многих видов раритетной фракции флоры различных регионов, изучен их онтогенез под воздействием природных и антропогенных факторов [1–3, 5, 6, 18, 24, 35, 40]. Особое внимание уделяется видам растений, приуроченным к местообитаниям со специфическими эколого-эдафическими условиями произрастания [8, 17, 19, 20, 27, 28, 38, 40]. Но несмотря на то, что данные исследования способствуют разработке более эффективных природоохранных мер, этого недостаточно, поскольку они не охватывают все виды раритетной фракции, как правило, представленные малыми популяци-

ями. Поэтому для повышения эффективности методов охраны таких фитокомпонентов необходимо сочетание способов сохранения видов *in situ* и *ex situ*. Это может способствовать снижению степени угрозы их гибели, которая сохраняется в настоящее время, так как природная растительность, в том числе степная, сохранилась преимущественно на разрозненных равнинных и склоновых участках, образующих овражно-балочную систему со сложным рельефом (на «неудобьях»), или в границах особо охраняемых природных территорий. Но даже они испытывают хозяйственную нагрузку, поскольку граничат с объектами агропромышленного комплекса, населенными пунктами и т.д. Комплексный подход при изучении раритетных

видов способствует получению не только более развернутых данных об их эколого-биологических, онтогенетических особенностях, способах размножения [9, 22, 23, 35], но и созданию надежного резерва фитогенофонда благодаря формированию интродукционных популяций, в том числе в условиях искусственной степи [23], включая *Polygala cretacea* Kotov (Polygalaceae). Популяционные исследования при проведении интродукционного эксперимента являются источником материала, дополняющего информацию об успешности интродукции видов и их перспективности для выращивания в коллекциях и экспозициях открытого грунта [30, 32].

Цель и задачи исследований

Цель работы – изучение состояния интродукционных популяций *P. cretacea* в Донецком ботаническом саду (далее – ДБС) в условиях искусственной настоящей степи и ее эколого-эдафического варианта (участок растительности меловых обнажений экспозиции «Эдафические варианты степей Донбасса»). Задачи исследования: изучение плотности, возрастной структуры популяций, ряда демографических (интегральных) индексов, определение типа популяций, пространственного размещения особей; оценка успешности интродукции вида с учетом популяционных характеристик.

Объекты и методики исследований

Polygala cretacea – многолетнее травянистое растение высотой до 30 см (50 см в культуре) с мелкостержневым деревянистым корнем, ветвистым в верхней части. Побеги многочисленные, простые, приподнимающиеся, густооблиственные. Нижние листья эллиптические, туповатые; верхние – ланцетные или линейно-ланцетные, острые. Цветочные кисти верхушечные, сначала пирамидальные, затем удлинняющиеся, рыхлые. Крылья и венчик розовые, светло-пурпурные; венчик 10–12 мм, слегка превышает крылья. Цветет в июне–июле. Плод – коробочка. Размножение семенное.

Polygala cretacea произрастает в узком диапазоне эколого-фитоценологических условий – на хорошо освещенных каменистых, меловых

степных склонах и обнажениях материнской породы, в фитоценозах с неравномерным, разреженным травостоем (слабые конкурентные взаимоотношения): в тимьянниках, иссопниках, белополынниках. Обладает низкой конкурентоспособностью, что делает его уязвимым видом, который нередко характеризуется неполноценностью природных популяций. Ксеропетрофит. Эндемик меловых обнажений Среднего Дона, который также встречается в бассейне Северского Донца, на Донецком кряже, в Приазовье [24–27].

Основными факторами, влияющими на плотность природных популяций этого вида, являются эрозионные процессы во время снеготаяния, выпаса, разработка мела и прочие виды хозяйственной деятельности, уничтожающие его естественные местообитания. Но при отсутствии регулируемой антропогенной нагрузки из-за процессов «олуговления» *P. cretacea* вытесняется высокотравьем или кустарниковой растительностью [27]. Вид занесен в региональные Красные книги субъектов Российской Федерации: Нижегородской области (категория Д: неопределенный вид – малоизвестный, недостаточно изученный, для которого нет достаточных данных, чтобы конкретизировать его статус) [24], Республики Мордовия (категория редкости – 1, статус – исчезающий вид) [25]; Ростовской области (категория статуса редкости: 3в – редкий вид, имеющий узкую экологическую приуроченность, связанный со специфическими условиями произрастания с категориями статуса угрозы исчезновения У – уязвимый вид с природоохранным статусом – III) [26]. Может быть рекомендован к охране в Донецкой Народной Республике [33].

Изучение интродукционных популяций проводили стационарным способом в течение вегетационных периодов с 2017 по 2026 гг. В каждом искусственном растительном сообществе для учета особей всех онтогенетических состояний заложены по 15 пробных площадок размерами 1 м². Порядок их закладки (линейный или шахматный) зависел от занимаемой ценопопуляцией площади [5, 15]. Эколого-демографическую структуру популяционных

систем и пространственное размещение особей определяли согласно традиционным популяционно-онтогенетическим методикам [13, 15, 29, 46]. При оценке возрастной структуры популяций использована индексация возрастных состояний, предложенная Т.А. Работновым [36] и дополненная другими учеными [43, 46]: ювенильные (j), имматурные (im), виргинильные (v), молодые генеративные (g_1), зрелые (средневозрастные) генеративные (g_2), старые генеративные (g_3), субсенильные (ss). Для более детальной характеристики онтогенетической структуры популяций применили некоторые демографические показатели: I_j – индекс замещения, I_g – восстановления [13], I_c – старения [7]. Оценку состояния популяций также проводили по критерию «дельта-омега» Л.А. Животовского [11, 12], основанному на совместном использовании индексов возрастности (Δ) и эффективности (ω).

Тип виталитетной структуры устанавливали согласно методике Ю.А. Злобина [15]. Особей подразделяли на три класса по жизненному уровню: «а» – высший, «б» – средний, «с» – низший. На основании распределения растений популяции относили к трем типам по индексу качества – Q: процветающие – $> c$, равновесные – $= c$, депрессивные – $< c$, где: «а», «б», «с» – частоты особей соответствующих классов. Виталитетное состояние особей определяли в пределах определенной возрастной группы (зрелые генеративные) по высоте и количеству генеративных побегов, количеству листьев и цветков как одним из информативных признаков, измерение которых не приводит к уничтожению или повреждению раритетных растений. Определение типа пространственного размещения особей проводили согласно подходу, предложенному А.М. Гиляровым [4]: отношение дисперсии к среднему ($s^2/\bar{x}$), где s^2 – выборочная дисперсия (разброс в размерах или других характеристиках организмов), $\bar{x}$ (или «m») – средняя плотность (среднее арифметическое). Значение показателя, близкое к единице, свидетельствует о формировании контагиозного (группового) типа. Для установления корреляции между плотностью, долей молодых растений ($pl-v$), I_j , I_g и частным

проективным покрытием вида (ЧПП), общим проективным покрытием (ОПП) использовали коэффициент корреляции Спирмена (r_s). Доверительный интервал – $p = 0,05$ [14]. Для статистической обработки данных применяли программу MS Excel 2010: среднее « $\bar{x}$ », стандартная ошибка («mM» по Г.Н. Зайцеву), U-критерий Манна-Уитни (для определения достоверности разницы между двумя выборками, распределение которых отклоняется от нормального, особенно при обработке морфометрических параметров при установлении типа виталитетной структуры популяций: достоверность в условиях двух типов искусственных растительных сообществ не была установлена, за исключением средней плотности). Объем выборки (n) для определения типа виталитетной структуры составлял не менее 30 особей в каждом фитоценозе.

Оценка успешности интродукции *P. cretacea* основывалась на совместном использовании его популяционных характеристик и оригинальной 8-балльной шкалы [22]: от 1-го балла (особи не приживаются и погибают в первый год) до 8-ми баллов (полная натурализация вида, его самостоятельное расселение за пределы участков).

Названия видов приведены в соответствии с последним опубликованным обзором сосудистых растений региона [31].

Результаты исследований и их обсуждение

Исследования проводили на территории ДБС на основе нового фрагмента, формирующегося на площади 1790 м² с 2017 г. [16] и являющегося частью экспозиции «Экспериментальные степные участки», которая демонстрирует разнообразие настоящей (типичной) степи региона. Также использовали компонент экспозиционного комплекса «Эдафические варианты степей Донбасса» – участок «Растительность меловых обнажений», заложенный в 2004 г. (700 м²) с целью создания благоприятных эдафических условий для петрофитных видов растений Донбасса внесением в верхний слой почвы соответствующей горной породы (мела) [30, 34]. В настоящее время эти натурные модели подобны природным фитоценозам по основным характеристикам: 1) составу эдификаторов и основ-

ных доминантов, ассектаторов; 2) систематической, экологической, биоморфологической и фенологической структурам; 3) вертикальному сложению травостоя (три подъяруса: первый – 50–90 см, второй – 30–50 см, третий – 0–30 см); 4) ОПП; 5) семи-восьмикратной смене аспектов.

В разнотравно-типчаково-ковыльном растительном сообществе экспозиции «Экспериментальные степные участки» на обыкновенных черноземах, подстилаемых лессовой породой, доминируют ксерофитные плотнoderновинные злаки: *Festuca valesiaca* Gaudin – ЧПП 55 %, *Stipa grafiana* Steven – 25 %, *S. lessingiana* Trin. & Rupr. – до 15 %, *S. zalesskii* Wilensky – 10 % и др. Из разнотравья с ЧПП до 20 % преобладают *Achillea pannonica* Scheele и *A. nobilis* L., *Inula britannica* L. и *I. hirta* L., *Artemisia austriaca* L., *Fragaria viridis* Duchesne, *Pyrethrum corymbosum* (L.) Willd., *Securigera varia* (L.) Lassen, *Linum nervosum* Waldst. & Kit. ЧПП *Phlomis pungens* Willd., *Salvia tesquicola* Klokov & Pobed., *Galium ruthenicum* Willd., *Clematis integrifolia* L., *Veronica sclerophylla* Dubovik не превышает 10 %. Постоянными компонентами с ЧПП до 5 % являются *Koeleria cristata* (L.) Pers., *Stipa ucrainica* P.A. Smirn. – 5 %, *Chrysocyathus vernalis* (L.) Holub, *Thalictrum minus* L., *Leucanthemum vulgare* Lam. s.l., *Teucrium polium* L., *Viola ambigua* Waldst. & Kit., *Linum czernjaëvii* Klokov, *Crocus reticulatus* Steven ex Adams, *Hyacinthella pallasiana* (Steven) Losinsk. и др. В качестве незначительной примеси (ЧПП <5 %) отмечены представители рода *Elytrigia* Desv., *Bromopsis inermis* (Rehmann) Holub и *Poa angustifolia* L., *Jurinea arachnoidea* Bunge, *Marubium praecox* Janka, *Vicia tenuifolia* L., *Linaria vulgaris* L., *Plantago urvillei* Opiz, *Chrysocyathus wolgensis* (Steven) Holub, *Pulsatilla bohemica* (Scllický) Tzvelev, *Origanum vulgare* L., *Bellevallia speciosa* Woronow ex Grossh., *Tulipa gesneriana* L. и др. ОПП – 85 %. Данный искусственный фитоценоз является довольно молодым, и в будущем возможны изменения соотношения видов растений относительно друг друга. В настоящем процессы направлены на формирование их устойчивых интродукционных популяций, особенно ксерофитных плотнoderновинных зла-

ков – ценозообразователей степных фитоценозов, а следовательно, и искусственного сообщества.

На участке «Растительность меловых обнажений» сформировано сообщество, подобное фитоценозам на карбонатных породах. Здесь доля кальцепетрофильных растений составляет 42 %. Среди них много характерных для флоры меловых обнажений облигатных и факультативных видов: ЧПП *Polygala cretacea* составляет 25 %, *Artemisia salsoloides* Willd. – 10 %, *A. hololeuca* M. Bieb. ex Besser – 7 %. На такие постоянные, но не обильные виды как *Dianthus campestris* M. Bieb., *Galium tomentellum* Klokov, *Onosma tanaitica* Klokov, *Silene supina* M. Bieb., *Asperula tephrocarpa* Czern. ex M. Pop & Chrshan., *Astragalus albicaulis* DC., *Euphorbia cretophila* Klokov, *Astragalus cretophilus* Klokov приходится не более 5 %. ЧПП видов родов *Stipa* L. и *Festuca* L. составляет 5–15 %. ОПП – 70 %. В этом разнотравно-злаковом фитоценозе также осуществляются процессы возобновления интродукционных популяций видов, что является необходимым условием для их стабильного развития и формирования надежного резерва раритетного фитогеонофа, включая *P. cretacea*.

В условиях искусственной степи особи *P. cretacea* проходят восемь онтогенетических состояний развития (рис. 1) и отмирают в старом генеративном или субсенильном состоянии, сенильные растения не выявлены.

Прегенеративный период.

Проростки появлялись в середине июня – начале июля, высотой до $1,56 \pm 0,01$ см со слабо выраженным гипокотилем. Семядоли округлые, эллиптические, длиной $3,95 \pm 0,04$ мм и шириной $2,31 \pm 0,01$ мм, на коротких черешках. Первые листья цельные, эллиптической формы и без черешка, у которых четко прослеживается только центральная жилка. Корень длиной $2,72 \pm 0,24$ см, тонкий и неветвящийся.

Ювенильные растения высотой $2,86 \pm 0,43$ см представлены первичным побегом с овальными семядолями на коротких черешках и с закругленной верхушкой, 4–6 настоящими сидячими цельными эллиптическими листья-

ми с заостренной верхушкой (длиной до $0,47 \pm 0,02$ и шириной до $0,22 \pm 0,01$ см). Нарастание моноподиальное. Главный корень слабо ветвящийся, длиной $5,94 \pm 0,43$ см.

У имматурных особей высотой $6,40 \pm 0,66$ см развиваются ортотропные безрозеточные побеги (симподиальное ветвление), которые несут от 6 до 10 цельнокрайных эллиптических листьев, по размерам и форме подобных листьям взрослых растений ($0,76 \pm 0,03$ см в высоту и $0,33 \pm 0,02$ см в ширину). Главный корень достигает $12,03 \pm 0,21$ см. Характерной особенностью является формирование каудекса. В этом возрастном состоянии подавляющее количество растений уходит в зиму.

Виргинильные растения представлены первичным кустом из $4,8 \pm 0,37$ вегетативных побегов высотой $17,86 \pm 0,73$ см с густо посаженными сидячими линейно-ланцетными листьями длиной $0,81 \pm 0,03$ см. На 3–4-й год начинает формироваться стержнекорневая многоглаво-каудексовая структура: каудекс ветвится ($5,8 \pm 0,05$ см в длину, $1,9 \pm 0,03$ мм в ширину). Длина главного корня – $21,07 \pm 0,45$ см. В этом возрастном состоянии растения находились 1–2 года.

Генеративный период.

Молодые генеративные растения формируют $6,93 \pm 0,53$ репродуктивных (высота – $29,08 \pm 0,73$ см) и $2,2 \pm 0,45$ вегетативных побегов. Каудекс длиной до $3,55 \pm 0,04$ см и толщиной $2,41 \pm 0,01$ мм; главный корень тонкий, разветвленный, длиной $25,9 \pm 0,53$ см. Листья эллиптические, заостренные, длиной $2,82 \pm 0,04$ и шириной $0,54 \pm 0,02$ см, к верхушке становятся мельче. На верхушках побегов розово-лиловые цветки формируют соцветие – кисть. Цветение в первой половине июня, массовое – в начале июля, преимущественно в течение двух недель.

На 10–11 год растения переходят в средневозрастное (зрелое) генеративное состояние. У них образуется до $23,13 \pm 1,34$ генеративных побегов высотой $46,86 \pm 1,01$ см (участок «Растительность меловых обнажений») и $44,93 \pm 1,28$ см в высоту (экспозиция «Экспериментальные степные участки»). Статистическая обработка не показала достоверной разницы в значениях. Каудекс ветвится и состоит из тон-

ких, одревесневающих оснований надземных побегов с почками (резиды у травянистых поликарпиков со стержневой корневой системой).

У стареющих (старых) генеративных особей выражены процессы отмирания и разрушения, осуществляющиеся от центра к периферии. Снижается интенсивность возобновления и возрастает накопление старых побегов, вегетативные побеги преобладают над генеративными. В этом возрастном состоянии особи находились 3–4 года.

Постгенеративный период непродолжительный (не более 1 года): растения отмирают в субсенильном состоянии на 13–14-м году жизни. Особи образуют $4,3 \pm 0,44$ вегетативных безрозеточных побега высотой до $6,83 \pm 0,62$ см. Отмечена частичная партикуляция – продольное разделение каудекса на части из-за отмирания тканей в его центре.

Тип онтогенеза *P. cretacea* простой, осуществляется в течение жизни одной особи семенного происхождения.

В настоящее время интродукционные популяции *P. cretacea*, согласно классификации А.А. Уранова и О.В. Смирновой [43], являются нормальными, неполночленными. Они характеризуются одновершинными, центрированными, неполночленными возрастными спектрами (отсутствуют сенильные особи), в которых максимум приходится на группу средневозрастных генеративных растений (табл. 1). Это обусловлено существенной продолжительностью данного периода онтогенетического развития, что важно для стержнекорневых поликарпиков, размножающихся семенным путем, поскольку повышается эффективность реализации репродуктивной функции и пополнение популяций разнокачественными семенами, что повышает жизненное состояние популяционных систем [15, 38].

Согласно классификации «дельта-омега» (табл. 2), популяции *P. cretacea* относятся к зрелым ($\Delta < 0,35$ – $0,54$, $\omega > 0,700$): в возрастных спектрах среди генеративных особей преобладают средневозрастные (g_2). Несмотря на то, что индекс замещения не превышает 40 % (новые молодые особи способны заменить лишь часть растений взрослой фракции), эти



Рис. 1. Онтогенетические состояния особей *Polygala cretacea* Kotov: проросток (pl), ювенильное (j), имматурное (im), виргинильное (v), молодое генеративное (g₁), зрелое (g₂) и старое генеративное (g₃), субсенильное (ss) (рисунок Ю.В. Ибатулиной)

Fig. 1. Ontogenetic states of *Polygala cretacea* Kotov individuals: seedling (pl), juvenile (j), immature (im), virginal (v), young generative (g₁), mature (g₂) and old generative (g₃), subsenile (ss) (a drawing by Yu.V. Ibatulina)

популяционные системы мы не рассматриваем как нестабильные, приближающиеся к регрессивным и стоящие на грани выпадения из состава фитоценозов. В возрастных спектрах отмечены группы растений ранних онтогенетических состояний, что возможно при наличии ежегодного самосева, который лишь частично элиминируется в процессе развития. Меньшее участие в возрастном составе популяций молодых вегетативных растений связываем, в первую очередь, с непродолжительностью данных состояний и быстрым переходом особей в следующую возрастную группу, что возможно в результате формирования условий в ценозах, направленных на обеспечение возможности самоподдержания популяционных систем вида.

Динамика онтогенетической структуры, как и средней плотности этих популяций, флукту-

ационная (табл. 1). Происходит постепенное накопление генеративных растений на фоне регулярного чередования процессов омоложения за счет новых особей и старения. Данные популяции являются дефинитивными и не нуждаются в дополнительном внесении семян или посадочного материала. Следует отметить, что популяции *P. cretacea* в условиях настоящей искусственной степи характеризуются меньшей плотностью, что предположительно связано с его невысокой конкурентоспособностью и воздействием других видов растений, особенно со стороны эдификаторов степных фитоценозов – плотнодерновинных злаков; меньшим свободным пространством для появления молодых растений и их приживаемости из-за более плотного травостоя (ОПП 85 %), что ведет к обострению межвидовой конкуренции.

Таблица 1. Возрастной спектр, плотность интродукционных популяций *Polygala cretacea* Kotov

Год	Фитоценоз	Плотность, особей/1м ²	Возрастной состав, % от общего количества особей							
			pl	j	im	v	g ₁	g ₂	g ₃	ss
2010	Участок растительности меловых обнажений экспозиции «Эдафические варианты степей Донбасса»	9,90±0,31	2,4	4,8	8,5	8,2	21,7	30,5	20,9	3,0
2015		11,62±0,90	3,1	5,0	7,0	11,0	19,0	34,0	17,0	3,9
2026		11,22±0,73	2,5	2,8	5,0	8,5	17,0	40,0	18,1	6,1
2010	Участок экспозиции «Степные экспериментальные участки»	3,10±0,33	2,0	3,4	4,3	6,0	26,0	30,0	24,0	4,3
2015		3,90± 0,51	0,5	1,5	3,2	4,1	25,6	33,4	24,3	7,4
2026		3,63±0,34	1,4	1,6	5,3	5,5	23,0	36,1	23,3	3,8

Таблица 2. Демографические показатели интродукционных популяций *Polygala cretacea* Kotov

Год	Фитоценоз	I_c	I_g	I_s	I_z	ω	Δ
2010	Участок растительности меловых обнажений экспозиции «Эдафические варианты степей Донбасса»	73,10	24,64	23,90	28,26	0,706	0,405
2015		70,00	27,16	20,90	31,12	0,703	0,397
2026		75,10	20,02	24,20	20,07	0,749	0,445
2017	Участок экспозиции «Степные экспериментальные участки»	80,00	16,41	28,30	16,25	0,747	0,443
2022		83,30	10,04	31,70	9,70	0,782	0,485
2026		82,40	14,35	27,10	14,39	0,775	0,456

Примечание. I_c – индекс генеративности, I_g – возрастности, I_s – старения, I_z – замещения, ω – эффективности, Δ – возрастности ценопопуляции.

Подтверждением того, что сложилась благоприятная эколого-фитоценотическая среда для формирования, сохранения и воспроизводства раритетного фитогеофлоры, является и высокая оценка успешности интродукции вида с учетом популяционных характеристик, которая в настоящее время составила 7 баллов. *Polygala cretacea* ежегодно проходит полный цикл развития побегов с образованием жизнеспособных семян и самосева. Полагаем, что в настоящее время процесс возобновления в популяциях поддерживается на достаточном уровне для поддержания их стабильной плотности и структурно-функциональной организации.

Виталитетная структура является одной из ключевых популяционных характеристик, отражающих гетерогенность уровней жизнеспособности особей в пределах определенной возрастной группы. В комплексе с анализом демографической структуры она используется для оценки интенсивности напряженности конкурентных процессов и степени адаптации растений, что определяет стабильное развитие популяций видов, зависимое от разнообразия их виталитетного состава и условий произрас-

тания [15, 37, 39]. Наличие особей с различным жизненным уровнем, отражающим их энергетическое состояние и функциональную роль в фитоценозах, значительно повышает адаптационный потенциал популяционных систем. В качестве объектов анализа виталитета использовали растения онтогенетического состояния, которое в наибольшей степени влияет на самоподдержание популяций *P. cretacea* – зрелые генеративные, наиболее многочисленные и ответственные за функцию размножения. В искусственных степных растительных сообществах к 2026 г. отмечено увеличение доли особей первого виталитетного класса, формирующих функциональную группу, наиболее ответственную за реализацию репродуктивной функции (рис. 2).

Высокое жизненное состояние растений ассоциируется с повышенной продуктивностью, большей устойчивостью к внешним воздействиям и сохранением возможности семенного воспроизведения [15]. Как показали исследования, в течение длительного периода изменение жизненного состояния растений – величина очень лабильная, и тот факт, что популяции за

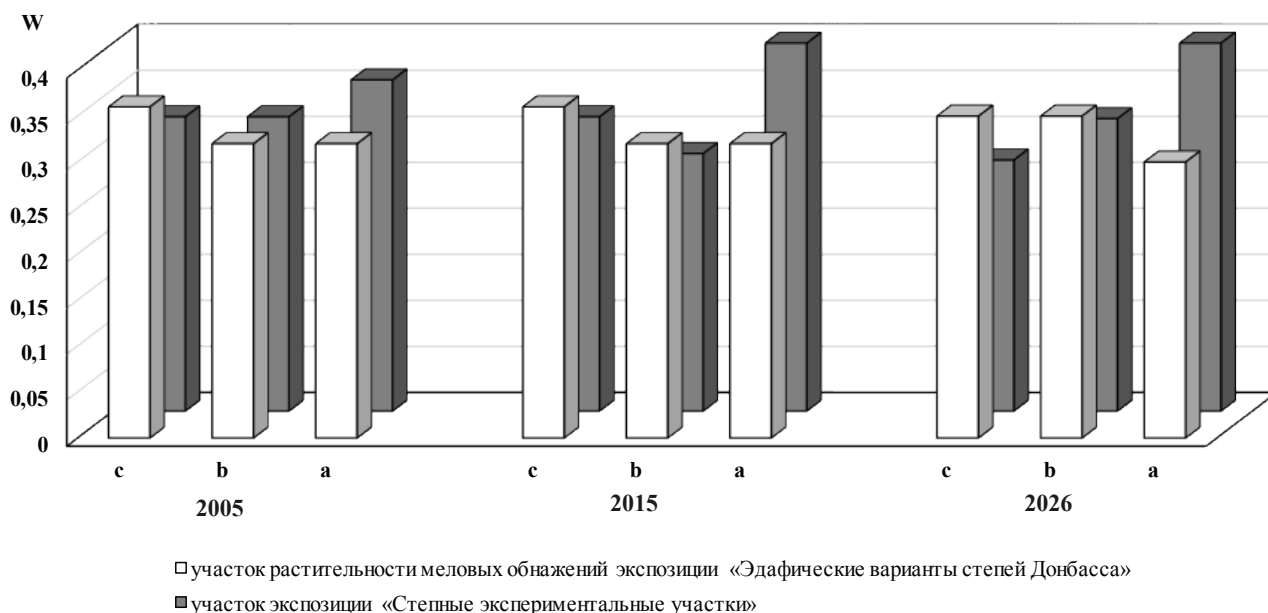


Рис. 2. Виталитетный состав интродукционных популяций *Polygala cretacea* Kotov в искусственных степных фитоценозах в Донецком ботаническом саду: W – встречаемость, «с» – низший класс, «b» – средний класс, «a» – высший класс

Fig. 2. Vitality composition of introduced populations of *Polygala cretacea* Kotov in artificial steppe phytocenoses in the Donetsk Botanical Garden: W – frequency, «c» – lower class, «b» – middle class, «a» – higher class

время исследований периодически являлись депрессивными (рис. 2), еще не свидетельствует об их нестабильном положении в фитоценозах. Особи, составляющие третий класс виталитета, выполняют функцию резерва, удерживая территорию, занятую видом: снижение их функциональной роли ведет к уменьшению энергетических затрат на самоподдержание, что способствует устойчивости популяционных систем. Растения с низким жизненным уровнем даже при небольших улучшениях условий произрастания стремятся улучшить свое состояние [15].

Динамика виталитетного состава, как и других популяционных характеристик, нуждается в продолжении наблюдений, особенно в фитоценозе типичной степи, поскольку он относительно молод, и, несмотря на сходство по флористическому составу и структуре с природными степными ценозами, в будущем возможно перераспределение соотношения (представленности) как доминирующих видов растений, так и асектаторов, что может повлиять и на положение *P. cretacea* в сообществе.

Статистический анализ не выявил достоверных корреляционных связей между морфологическими признаками, которые были использованы для определения жизненного уровня (высота растений, количество генеративных побегов, цветков в условиях искусственной меловой и типичной степи), и ОПП. Плотность травостоя оказала влияние только на среднюю плотность ($r_s = -0,671$; $p < 0,05$) и значения индексов, отражающих интенсивность процессов самоподдержания популяций: индексов возобновления (I_6) и замещения (I_3) (соответственно, $r_s = -0,589$ и $-0,679$; $p < 0,05$). То есть, чем выше ОПП и степень задерненности напочвенного покрова, тем меньше количество особей *P. cretacea* и тем более затруднен процесс семенного возобновления.

Тип пространственного размещения растений также является показателем состояния популяций вида, отражением его адаптивных возможностей [4, 6], определяющих устойчивость популяционных систем. Пространственное размещение особей *P. cretacea* носит контактиозный характер, что позволяет виду существовать в условиях сильной межвидовой конкуренции

благодаря ослаблению воздействия, особенно со стороны эдификаторов степных фитоценозов, за счет его перераспределения между особями раритетного вида. Использование ресурсов среды при контактиозном размещении может быть более эффективным, так как особи находятся в непосредственной близости друг от друга [15, 45]. Также повышается вероятность переноса пыльцы с цветков одного растения на другое за счет компактности их размещения в пространстве и привлечения насекомых-опылителей [47], что очень важно для существования малочисленных популяций видов-пациентов.

Популяционные системы *P. cretacea* занимают практически всю площадь фитоценозов: скопления особей расположены на различном расстоянии в зависимости от условий местообитания для данного вида. В натурной модели сообщества участка «Растительность меловых обнажений» экспозиции «Эдафические варианты степей Донбасса» отмечено формирование близко расположенных скоплений (расстояние не более 5–10 см). В самих образованиях нет выраженной дифференциации в размещении молодых вегетативных (на периферии образования) и генеративных растений, что предположительно, обусловлено слабо выраженной внутривидовой конкуренцией между растениями этих онтогенетических состояний. При формировании такого типа распределения особей снижается их дифференциация в процессе развития (ослабление внутривидовой конкуренции), сокращаются энергетические затраты на самоподдержание, что способствует стабилизации популяций. Осуществляется проявление «эффекта группы», действующего по принципу взаимоблагоприятствования, который может иметь некоторые ограничения. При достижении определенного возрастного состояния или при слишком высокой плотности популяции в центре группы растения начинают развиваться хуже, чем расположенные по периферии («эффект плотности»). В результате осуществляется самоизреживание [10, 41, 43], что в данном случае нами не было зафиксировано: или для данного вида характерна слабая внутривидовая конкуренция, или средняя плотность не приблизилась к критиче-

скому значению. В растительном сообществе настоящей степи экспозиции «Экспериментальные степные участки» растения (от 2 до 3 особей различных возрастных состояний) формируют скопления в локациях с разреженным травостоем на расстоянии 30–110 см.

Выводы

В условиях искусственной степи *P. cretacea* тип онтогенеза простой, продолжается в течение жизни одного семенного поколения, особи отмирают в старом генеративном или субсенильном состояниях. Выявлено 8 онтогенетических состояний растений. Они проходят следующие онтогенетические периоды и возрастные состояния: латентный (семена); прегенеративный (ювенильное, имматурное, виргинильное); генеративный (молодое, средневозрастное (зрелое), старое (стареющее) генеративное); постгенеративный (субсенильное состояние). Тип биоморфы – моноцентрический стержнекорневой поликарпик с побегами удлиненного типа и с многоглавым ветвистым каудексом. Формирование рыхлого куста (старые генеративные и субсенильные особи) сопровождается разрыхлением каудекса, но в течение всей жизни растения сохраняют целостность структуры, что позволяет говорить об их частичной поздней дезинтеграции (партикуляции).

Интродукционные популяции нормальные, с одновершинным, центрированным онтогенетическим спектром. В целом популяционные системы – нормальные, полночленные, стабильные. По классификации «Δ–ω» они относятся к зрелому типу.

В фитоценозе на участке «Растительность меловых обнажений» популяция *P. cretacea* характеризуется высокой плотностью особей, которые формируют близко расположенные скопления благодаря разреженному травостою, наличию свободного пространства для появления проростков и их эффективной приживаемости. В таких образованиях нет четко выраженной разреженности между молодыми вегетативными и генеративными особями (нет угнетения растений на ранних стадиях развития от центра к периферии). В искусственном фитоценозе на-

стоящей степи экспозиции «Экспериментальные участки» популяция малочисленная. Растения распределены неравномерно, образуют небольшие группы по 2–3 особи.

В целом, для *P. cretacea* характерна высокая интродукционная оценка успешности. Вид ежегодно проходит полный цикл развития побегов с образованием жизнеспособных семян и ежегодного самосева. Популяции являются дефинитивными, не зависящими от дополнительного внесения семян или посадочного материала. Для сохранения в условиях *ex situ* *P. cretacea* перспективен, поскольку в составе искусственных растительных сообществ формирует надежный резерв раритетного генофонда.

Работа выполнена в рамках госзадания ФГБНУ Донецкий ботанический сад по теме «Биоразнообразие естественных и антропогенно трансформированных экосистем Донбасса» (проект N 126020616723-6).

1. Асанова Г.К. Современное состояние популяций *Centaurea bipinnatifida* в горах Улытау (Карагандинская область) // Вестник Карагандинского университета. Серия: Биология. Медицина. География. 2022. Т. 105, N 1. С. 23–31.
2. Борисова С.З. Редкие, уязвимые и исчезающие растения Средней Лены (Якутия) // Труды по интродукции и акклиматизации растений. Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук. Ижевск, 2021. С. 306–308.
3. Гасымов Х.З., Гусейнли Ф.А. Оценка популяций *Centaurea pseudoscabiosa* Boiss. et Buhse (Ордубадский район, Азербайджан) // Бюллетень науки и практики. 2024. Т. 10, N 5. С. 80–83.
4. Гиляров А.М. Популяционная экология. М.: Изд-во МГУ, 1990. 191 с.
5. Глазкова Е.А., Ликсакова Н.С. Новые и редкие виды сосудистых растений с Курильских островов: распространение, экология и состояние популяций // Сибирский экологический журнал. 2021. Т. 28, N 2. С. 162–173.

6. Ветчинникова Л.В., Титов А.Ф. Пространственная и возрастная структура популяций березы повислой и карельской березы // Труды Карельского научного центра РАН. 2021. N 11. С. 22–38.
7. Глотов Н.В. Об оценке параметров возрастной структуры популяций растений // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Ч. 1. Йошкар-Ола, 1998. С. 146–149.
8. Егорова П.С. К изучению экологии ценопопуляций истода сибирского (*Polygala sibirica* L.) на территории природного парка «Ленские столбы» // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. N 3(125). С. 76–79.
9. Егорова П.С. Опыт интродукции *Polygala sibirica* L. (сем. Polygalaceae) в Якутском ботаническом саду // Вестник КрасГАУ. 2022. N 3. С. 71–78.
10. Жалдак С.Н. Экспериментальное изучение конкурентных взаимоотношений между растениями в сообществах однолетних эугаллофитов семейства Chenopodiaceae Vent // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». 2008. Т. 21(60), N 2. С. 28–34.
11. Животовский Л.А. Онтогенетическое состояние, эффективная плотность и классификация популяций // Экология. 2001. N 1. С. 3–7.
12. Животовский Л.А. О типизации ценопопуляций растений по онтогенетическим спектрам // Сибирский экологический журнал. 2023. N 3. С. 227–237.
13. Жукова Л.А. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола: РИИК «Ланар», 1995. 224 с.
14. Зайцев Г.Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М., 1990. 256 с.
15. Злобин Ю.А., Скляр В.Г., Клименко А.А. Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения. Сумы, 2013. 439 с.
16. Ибатулина Ю.В. Моделирование растительных сообществ: сохранение степных аборигенных видов флоры Донбасса и восстановление нарушенного растительного покрова // Степи Северной Евразии. Материалы VIII международного симпозиума (Оренбург, 10–13 сентября 2018 г.). Оренбург, 2018. С. 404–409.
17. Иванова Н.С., Борисова С.З. Ценопопуляции *Polygala sibirica* L. в окрестностях села Еланка (Центральная Якутия) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18, N 2–2. С. 377–380.
18. Ильина В.Н. Изменения базовых онтогенетических спектров популяций некоторых редких видов растений Самарской области при антропогенной нагрузке на местообитания // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2015. Т. 24, N 3. С. 144–170.
19. Ильина В.Н. Особенности структуры популяций и распространение *Polygala sibirica* L. (Polygalaceae) в Самарской области // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2017. Т. 26, N 3. С. 193–203.
20. Ильина В.Н. Онтогенетическая структура ценопопуляций *Polygala sibirica* L. (Polygalaceae) в местообитаниях с различной степенью антропогенного воздействия // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2018. N 1(33). С. 28–35.
21. Козырь И.В., Чернова О.Д., Катаева Т.Н., Енин Э.В., Молдавская Л.А. Мониторинг состояния популяций редких эндемичных видов растений Прибайкальского национального парка (Иркутская область) // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. 2025. Т. 51. С. 16–34.
22. Кондратюк Е.Н., Остапко В.М. Редкие, эндемичные и реликтовые растения юго-востока Украины в природе и культуре. К.: Наукова думка, 1990. 152 с.
23. Кондратюк Е.М., Чуприна Т.Т. Ковыльные степи Донбасса: современное состояние и перспективы восстановления. К.: Наукова думка, 1992. 171 с.

24. Красная книга Нижегородской области. 2-е изд., переработанное и дополненное. Т. 2: Сосудистые растения, моховидные, водоросли, лишайники, грибы. Калининград: Рост-ДООФК, 2017. 304 с.
25. Красная книга Республики Мордовия: в 2 т. Т. 1: Редкие виды растений и грибов. Изд. 2-е, переработанное. Саранск: Изд-во Мордовского университета, 2017. 409 с.
26. Красная книга Ростовской области. Том 2. Растения и грибы. Издание 3-е. Ростов-на-Дону; Белгород: Константа, 2024. С. 266–267.
27. Круглова Л.Н., Семенов П.С. *Polygala cretaea* Kotov на территории Волгоградской области // Научные исследования в заповедниках и национальных парках России. Тезисы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 25-летию юбилею биосферного резервата ЮНЕСКО «Национальный парк «Водлозерский» (Петрозаводск, 29 августа – 4 сентября 2016 г.). Петрозаводск, 2016. С. 118.
28. Круглова Л.Н., Семенов П.С. *Polygala sibirica* L. – охраняемый вид на территории Волгоградской области // Экологическое краеведение. Материалы III Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции (Ишим, 16 апреля 2016 г.). Ишим, 2016. С. 38–40.
29. Любарский Е.Л. Ценопопуляция и фитоценоз. Казань: Изд-во Казанского университета, 1976. 155 с.
30. Назаренко А.С. Экспозиция растительности меловых обнажений в Донецком ботаническом саду НАН Украины // Від заповідання до збалансованого природокористування. Матеріали Міжнародної наукової конференції (Донецьк, 20–22 березня 2013 р.). Донецьк, 2013. С. 31–32.
31. Остапко В.М., Бойко А.В., Мосякин С.Л. Сосудистые растения юго-востока Украины. Донецк: Ноулидж, 2010. 247 с.
32. Остапко В.М., Гнатюк Н.Ю. Экспозиции эдафических вариантов степных флорокомплексов в Донецком ботаническом саду // Изучение и сохранение биоразнообразия в ботанических садах и других интродукционных центрах. Материалы научной конференции с международным участием (Донецк, 8–10 октября 2019 г.). Донецк, 2019. С. 324–329.
33. Приказ Госкомэкополитики при Главе Донецкой Народной Республики № 225 от 21.04.2020 г. «О занесении (включении) в Красную книгу Донецкой Народной Республики объектов животного и растительного мира». Государственный комитет по экологической политике и природным ресурсам при Главе Донецкой Народной Республики [Электронный ресурс]. URL: <https://gkesopoldnr.ru/prikaz-n225-210420/?ysclid=lphy5td716267360523> (дата обращения 05.07.2026).
34. Приходько С.А., Остапко В.М., Муленкова Е.Г., Усманова Н.В., Ибатулина Ю.В., Гнатюк Н.Ю. Оценка успешности интродукции растений природной флоры Донбасса в Донецком ботаническом саду // Промышленная ботаника. 2022. Т. 22, № 3–4. С. 36–43.
35. Пучнина Л.В. Распространение и состояние популяций редких видов растений в Пинежском заповеднике // Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смидовича. 2021. № 28. С. 319–325.
36. Работнов Т.А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Труды БИН АН СССР. Сер. 3, Геоботаника. 1950. Вып. 6. С. 7–204.
37. Сарейкина А.В., Ильина В.Н. Состояние популяций редких видов растений степной флоры на коренном берегу реки Бол. Тарханки (Челно-Вершинский район, Самарская область, Россия) // Вопросы степеведения. 2022. № 4. С. 57–65.
38. Селютина И.Ю., Кониченко Е.С., Зибзев Е.Г., Игай Н.В. Демографическая структура и жизненность ценопопуляций редкого вида *Hedysarum sangilense* в условиях Нагорья Сангилен // Растительный мир Азиатской России: Вестник Центрального сибирского ботанического сада СО РАН. 2023. Т. 16, № 2. С. 117–129.

39. Сулейманова В.Н., Егорова Н.Ю. Виталитетная структура ценопопуляций *Iris sibirica* (Iridaceae) в условиях пойменных лугов реки Вятка и ее притоков // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2023. Т. 22, N 2. С. 357–360.
40. Терехина Л.Д., Масленников А.В. Эколого-биологическое состояние ценопопуляции истода сибирского (*Polygala sibirica* L.) на территории национального парка «Сенгилевские горы» // Природа Симбирского Поволжья. 2021. Вып. 22. С. 116–120.
41. Титов Ю.В. Эффект группы у растений. Л.: Наука, 1978. 151 с.
42. Титов Ю.В., Шереметьев С.Н. Пространственное размещение растений в ценопопуляциях некоторых видов // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 1984. Т. 89, вып. 6. С. 40–50.
43. Уранов А.А., Смирнова О.В. Классификация и основные черты развития популяций многолетних растений // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 1969. Т. 79, вып. 1. С. 119–135.
44. Уранов А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биологические науки. 1975. N 2. С. 7–34.
45. Фардеева М.Б., Исламова Г.Р., Чижикова Н.А. Анализ пространственно-возрастной структуры растений на основе информационно-статистических подходов // Ученые записки Казанского государственного университета. 2008. Т. 150, кн. 4. С. 227–240.
46. Ценопопуляции растений (Основные понятия и структура). М.: Наука, 1976. 216 с.
47. Ценопопуляции растений (Очерки популяционной биологии). М.: Наука, 1988. 184 с.

Поступила в редакцию: 15.07.2026

UDC 582.099:581.522.4:470.13

ONTOGENESIS AND POPULATION CHARACTERISTICS OF *POLYGALA CRETACEA* KOTOV IN THE ARTIFICIAL STEPPE CONDITIONS OF THE DONETSK BOTANICAL GARDEN

Yu.V. Ibatulina, V.V. Kozub-Ptitsa, M.L. Orlataya

Federal State Budgetary Scientific Institution «Donetsk botanical garden»

In the artificial steppe phytocenoses of the Donetsk Botanical Garden, the ontogenesis of *Polygala cretacea* Kotov is simple, it lasts for one seed generation. Eight ontogenetic groups of plants have been identified. Plants die in the old generative and subsenile stages. *Polygala cretacea* has a complete shoot development cycle annually, producing viable seeds and self-seeding. Introduced populations of this species are normal, have one-peak, centered ontogenetic spectra and stable density of individuals, distributed contagiously in space. According to the « Δ - ω » classification, the populations are maturing and mature. These are definitive systems capable of self-sustaining by seeds. *P. cretacea* forms a reliable reserve of rarity gene pool and has good prospects for *ex situ* conservation.

Key words: *Polygala cretacea*, ontogenesis, artificial phytocenosis, introduced population, population indicators

Citation: Ibatulina Yu.V., Kozub-Ptitsa V.V., Orlataya M.L. Ontogenesis and population characteristics of *Polygala cretacea* Kotov in the artificial steppe conditions of the Donetsk Botanical Garden // Industrial Botany. 2026. Vol. 26, N 3. P. 15–27. DOI: 10.5281/zenodo.23498357