

ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ И ГЕОБОТАНИКА

УДК 574.34

ОСОБЕННОСТИ МЕЖПОПУЛЯЦИОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ *DELPHINIUM PUBIFLORUM* (DC.) TURCZ. EX HUTH) НА ТЕРРИТОРИИ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. Н. Ермолаева, А. С. Кашин, Н. А. Петрова, И. В. Шилова

*Саратовский национальный исследовательский государственный
университет им. Н. Г. Чернышевского*
Россия, 410010, Саратов, Академика Навашина, 1
E-mail: dike08@rambler.ru

Поступила в редакцию 19.12. 2016 г.

Особенности межпопуляционной изменчивости *Delphinium pubiflorum* (DC.) Turcz. ex Huth) на территории Саратовской области – Ермолаева Н. Н., Кашин А. С., Петрова Н. А., Шилова И. В. – Оценена межпопуляционная изменчивость растений трех ценопопуляций (ЦП) *D. pubiflorum* из Красноармейского, Хвалынского и Татищевского р-нов Саратовской обл. Они произрастают в довольно богатых во флористическом отношении травянисто-кустарниковых сообществах, значительно различающихся по видовому составу. Увлажнение в ЦП соответствует лугово-степному или сухолуговому, умеренно-переменному. Почвы под сообществами чернозёмовидные или чернозёмные на карбонатной основе, богатые и довольно богатые. По соотношению размера популяционного поля и численности особей состояние всех трёх популяций вида однозначно плохое. В онтогенетическом отношении ЦП являются левосторонними или близкими к централизованной с пиком на молодых генеративных особях, что указывает на их способность к самовозобновлению, хотя в год исследования индексы восстановления в них были на уровне 0 – 15%. По критерию «Δ-ω» ЦП являются зреющими или переходными между зрелой и молодой. Являются депрессивными со средней степенью депрессивности. Популяции нуждаются в принятии срочных мер по их сохранению и восстановлению численности.

Ключевые слова: *Delphinium pubiflorum*, Ranunculaceae, ценопопуляция, экологические шкалы, онтогенетический спектр, морфологические параметры, виталитет, изменчивость.

ПОПУЛЯЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ *DELPHINIUM PUBIFLORUM*

Some results of variation between population *Delphinium pubiflorum* (DC.) Turcz. ex Huth in Saratov region. – Ermolaeva N. N., Kashin A. S., Petrova N. A., Shilova I. V. – The article assesses the inter-population variability of three cenopopulations of *D. pubiflorum* located in Krasnoarmeysk, Khvalynsk and Tatishchev districts of Saratov oblast. The cenopopulations grow in the fairly rich grass and shrub communities of considerable species variety. The precipitation pattern of the cenopopulations is the one typical of the meadow-steppe or dry-meadow, temperate and changeable climate. The soils are chernozem-like or carbonate chernozem, either rich or fairly rich. The correlation between the size of the population field and the number of plants demonstrates that the present state of all the three cenopopulations is unequivocally poor. The ontogenetic structure is left-handed and close to centred, with a peak on young generative plants which points to the strong self-reproduction capabilities of the cenopopulations, though the study year's reproduction indexes were mere 0 – 15 %. In terms of « $\Delta-\omega$ » criterion, the cenopopulations are either maturing or in the transition between the maturing and maturity stages. They appear depressive with the average level of depressiveness. The cenopopulations are in the great need of immediate action for their preservation and restoration of population.

Key words: *Delphinium pubiflorum*, Ranunculaceae, cenopopulation, ecological scales, ontogenetic spectrum, morphological parameters, vitality, variability.

DOI: 10.18500/1682-1637-201715-1-14-33

Живокость пушистоцветковая (*Delphinium pubiflorum* (DC.) Turcz. ex Huth) является очень редким на территории Саратовской области видом. В «Красной книге Саратовской области» (2006) указания на нахождение растений вида в пределах области отсутствуют. Судя по литературным данным, единственной находкой растений данного вида в пределах области за последнее время была популяция, произрастающая в окрестностях с. Красноармейское Энгельского района (Еленевский и др., 2008; Харитонов, Березуцкий, 2008). Популяция насчитывала всего шесть особей на площади 200 м² (личн. сообщ. А. Н. Харитонova). Нами обнаружено еще три ценопопуляции (ЦП) *D. pubiflorum* на территории Саратовской области.

Очевидно, что в такой ситуации исследования особенностей биологии, экологии и состояния популяций этого вида в естественных условиях крайне важны. Наличие такой информации необходимо для организации работ по сохранению и увеличению численности его особей и популяций на территориях их естественного произрастания.

Цель данной работы – провести сравнительный анализ состояния

ЦП *D. pubiflorum* на территории Саратовской области. Для этого были решены следующие задачи: проведено фитоценологическое описание, определены пространственная структура и онтогенетический спектр, исследована изменчивость морфологических признаков растений.

Материалы и методы

В вегетационный период 2015 г. были обследованы три ЦП *D. pubiflorum*: в окрестностях с. Каменка Красноармейского района, окр. с. Акатная Маза Хвалынского района и окр. д. Ильиновка Татищевского района Саратовской области.

Исследования проводились в фазу цветения. Фитоценологическое описание и измерения проведены: в Татищевском и Хвалынском р-нах на площади 300 м², в Красноармейском – на площади 50 м² (площадь всей ЦП).

Оценка местообитаний по растительному покрову проведена В. И. Гориним с использованием экологических шкал (Раменский и др., 1956; Горин, Болдырев, 2013) по оригинальной компьютерной программе.

Состояние ЦП оценивалось по следующим параметрам: пространственная структура, соотношение возрастных групп, жизненность, изменчивость морфометрических параметров. Кроме того, отмечалась окраска цветков.

Плотность ЦП определяли прямым учетом особей в связи с их малочисленностью и неравномерностью распределения по площади.

Для характеристики пространственной структуры ЦП руководствовались рекомендациями Г. И. Дохман, А. М. Якшиной, О. В. Шаховой (Воронов, 1973), а именно: измеряли расстояние от одного экземпляра (выбранного случайным образом), который принимали за центр, до четырех ближайших экземпляров того же вида. Провели сто таких измерений в ЦП из Татищевского и Хвалынского р-нов, а в ЦП из Красноармейского р-на – лишь 80, из-за малочисленности особей в ней. Данные промеров, выраженные в сантиметрах, разбивали на классы (по 30 см). При построении кривой по горизонтальной оси наносили классы расстояний, а по вертикальной – число расстояний между экземплярами данного вида, относящихся к тому или иному классу.

Возрастные состояния выделялись по общепринятым методикам, исходя из размеров и количества вегетативных и генеративных орга-

ПОПУЛЯЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ *DELPHINIUM PUBIFLORUM*

нов, исключая уничтожение растений (Заугольнова, 1976, Остапко, 2005). В описании возрастных состояний использовали общепринятую классификацию возрастных групп (Злобин, 1989).

Распределение особей по возрастным группам представлено в виде онтогенетического спектра.

Вычисляли нижеперечисленные индексы, разработанные И. Н. Коваленко (Злобин и др., 2013).

Индекс возобновляемости:

$$I_{\text{возобн.}} = \sum_{i=1}^{p-v} n_i / \sum_{i=1}^{p-s} n_i * 100,$$

где $\sum_{i=1}^{p-v} n_i$ – совокупность растений прегенеративного периода развития, $\sum_{i=1}^{p-s} n_i$ – совокупность всех растений в исследуемой популяции (от проростков до семенных растений).

Индекс генеративности:

$$I_{\text{генер.}} = \frac{\sum_{i=1}^{g_1-g_2} n_i}{\sum_{i=1}^{p-s} n_i} * 100,$$

где $\sum_{i=1}^{g_1-g_2} n_i$ – совокупность всех растений генеративного периода развития, $\sum_{i=1}^{p-s} n_i$ – совокупность всех растений в исследуемой популяции (от проростков до семенных растений).

Индекс старения популяции:

$$I_{\text{старен.}} = \frac{\sum_{i=1}^{g_2-s} n_i}{\sum_{i=1}^{p-s} n_i} * 100,$$

где $\sum_{i=1}^{g_2-s} n_i$ – совокупность растений от стареющих до семенных, $\sum_{i=1}^{p-s} n_i$ – совокупность всех растений в исследуемой популяции (от проростков до семенных растений).

Индекс общей возрастности популяции:

Н. Н. Ермолаева, А. С. Кашин, Н. А. Петрова, И. В. Шилова

$$I_{\text{возр.}} = I_{\text{стар.}}/I_{\text{возобн.}} \text{ (Злобин и др., 2013).}$$

Кроме того, определяли индекс возрастности (таблица) по формуле, рекомендованной А. А. Урановым (1975):

$$\Delta = \sum K_i m_i / \sum K_i$$

где $\sum K_i$ – сумма растений всех возрастных состояний, m_i – возрастность особей.

Онтогенетические состояния и их характеристики

Периоды и этапы	Возрастное состояние	Индексы	Возрастность (Δ)	Эффективность (ω)
I. Латентный	Семена	<i>se</i>	0.0025	0.0099
II. Прегенеративный	Проросток	<i>p</i>	0.0067	0.0266
	Ювенильное	<i>j</i>	0.0180	0.0707
	Имматурное	<i>im</i>	0.0474	0.1807
	Виргинильное	<i>v</i>	0.1192	0.4200
III. Генеративный	Молодое генеративное	<i>g₁</i>	0.2700	0.7864
	Зрелое генеративное	<i>g₂</i>	0.5	1.0
	Старое генеративное	<i>g₃</i>	0.7310	0.7864
IV. Постгенеративное	Субсенильное	<i>ss</i>	0.8808	0.4200
	Сенильное	<i>s</i>	0.9529	0.1807
	Отмирающее	<i>sc</i>	0.9819	0.0707

Индекс восстановления I определяли по формуле, рекомендованной Л. Б. Заугольной с соавт. (1976):

$$I = \sum j \rightarrow v / \sum g_1 \rightarrow g_3,$$

где $\sum j \rightarrow v$ – сумма растений всех возрастных состояний прегенеративного периода, $\sum g_1 \rightarrow g_3$ – сумма растений всех возрастных состояний генеративного периода. Популяция, способная к самовозобновлению, характеризуется индексом восстановления >1 .

ПОПУЛЯЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ *DELPHINIUM PUBIFLORUM*

Среднюю энергетическую эффективность популяции (ω), или индекс эффективности как средневзвешенное значение величин e_i , рассчитывали по формуле:

$$\omega = \sum n_i e_i / \sum n_i,$$

где n_i – это абсолютное число растений i -го возрастного состояния, e_i – эффективность растений i -го возрастного состояния, $\sum n_i$ – общее число растений (см. таблицу). При определении типа популяции использовали классификацию «дельта–омега» для нормальных популяций (Животовский, 2001).

Для изучения морфологических признаков измеряли высоту (H) и диаметр (D) куста; длину генеративного побега (L); длину междоузлия (I) и диаметр стебля в середине междоузлия (d) под наиболее развитым листом; длину (L_{fol}), ширину (Wh_{fol}) и толщину (S) наиболее развитого листа; длину (L_{fl}), высоту (h_{fl}) и ширину (Wh_{fl}) цветка; длину (L_{pet}) и ширину (Wh_{pet}) чашелистика; длину шпорца (L_{in}); подсчитывали число побегов в кусте (B), а также число листьев (N_{fol}) и цветков (N_{fl}) на побеге.

Виталитетная структура ЦП оценивалась по методике Ю. А. Злобина (2013). Для оценки виталитета особи использовался индекс IVI (индекс виталитета особи), который рассчитывался по формуле (Ишбирдин, Ишмуратова, 2004):

$$IVI = \frac{\sum_{i=1}^N X_i^1 / X_i^2}{N},$$

где X_i^1 – значение i -го признака особи, X_i^2 – среднее значение i -го признака для всей выборки, N – число признаков. Ключевые признаки для расчетов индекса IVI устанавливались с применением корреляционного анализа.

Ранжированный по индексу виталитета ряд особей разбивался на три класса виталитета: высший (a), средний (b) и низший (c). Установка границ класса b проводилась в пределах границ доверительного интервала среднего значения ($x_{cp} \pm \sigma$). Результаты представлены в виде виталитетных спектров ЦП.

Виталитетный тип ЦП определялся с использованием критерия Q :

процветающие ценопопуляции – $(Q = 1/2(a+b)) > c$, равновесные ценопопуляции – $(Q = 1/2(a+b)) = c$, депрессивные ценопопуляции – $(Q = 1/2(a+b)) < c$.

Для оценки степени процветания или депрессивности ценопопуляции использовали $I_Q = (a+b)/2c$ (Злобин, 1989). При этом принимали, что значения выше единицы соответствуют процветающему состоянию, а значения ниже единицы – депрессивному. Степень отклонения от единицы, соответствующей равновесному состоянию, отражает степень процветания или депрессии.

Оценку изменчивости изучаемых признаков проводили по значению коэффициента вариации (C_v , %) с учетом шкалы уровней изменчивости для травянистых растений (Мамаев, Чуйко, 1975; Озёрская, 1981): $C_v < 7$ % – очень низкий, $C_v = 7 - 15$ % – низкий, $C_v = 16 - 25$ % – средний, $C_v = 26 - 35$ % – повышенный, $C_v = 36 - 50$ % – высокий, $C_v > 50$ % – очень высокий уровень.

Оценку среднего уровня связей между признаками проводили, используя квадрат коэффициента корреляции r^2 , усредненный по отдельным признакам (R^2_{ch}) (Ростова, 2002). По коэффициентам C_v и R^2_{ch} проведен сравнительный анализ общей и сопряженной изменчивости в ЦП. Результаты представлены в виде графика, на котором выделяются четыре группы системных индикаторов: 1) эколого-биологические, 2) биологические, 3) генотипические, 4) экологические.

Результаты измерений и подсчетов подвергали статистической обработке с помощью программы «Microsoft Excel». Данные достоверны при уровне значимости $P \leq 0.05$ (Рокицкий, 1973; Гланц, 1999).

Видовые названия растений даны по П. Ф. Маевскому (2014).

Результаты и их обсуждение

ЦП из Красноармейского р-на произрастает на восточном склоне холма в зарослях кустарников. Увлажнение лугово-степное, умеренно переменное. Почва чернозёмная довольно богатая. В сообществе встречается около 50 видов растений. Доминируют такие виды, как: *Prunus spinosa* L., *Acer tataricum* L., *Euonymus verrucosa* Scop., из травянистых растений довольно обильно встречается *Vicia tenuifolia* Roth, рассеянно – *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Nepeta pannonica* L., *Vincetoxicum stepposum* (Pobed.) A. et D. Löve, *Euphorbia virgata* Waldst. et Kit., *Convallaria majalis* L.. Количество особей *D. pubiflorum* достигает 31.

ПОПУЛЯЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ *DELPHINIUM PUBIFLORUM*

Площадь заросли составляет около 50 м². Кроме того, на открытом склоне в 100 м от указанной заросли произрастает одна, а в 200 м – ещё две особи данного вида. Окраска цветков у растений в данной популяции преимущественно синих оттенков, единичные растения – с фиолетовыми цветками.

ЦП из Хвалынского р-на тянется узкой полосой вдоль подножия склона, занятого сосновыми посадками, от границы которых ЦП находится в десятке метров. Увлажнение лугово-степное, умеренно переменное. Почва чернозёмовидная на карбонатах, богатая. В сообществе произрастает более 60 видов растений. Кустарниковый ярус представлен *Cerasus fruticosa* Pallas (рассеянно). Из травянистых весьма обильно встречается *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, довольно обильно – *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv., рассеянно *Melampyrum arvense* L., *Lavatera thuringiaca* L., *Agrimonia eupatoria* L., *Vicia cracca* L., *Elytrigia repens*, *Geranium sanguineum* L.. В описанной популяции насчитывается более 500 особей *D. pubiflorum* на площади около 300 м². Примерно в 200 м от данной заросли находится меньшая по площади (около 20 м²) и по численности (около 20 особей) ЦП данного вида. Цветки окрашены в сине-фиолетовые цвета. Кроме того, было обнаружено одно растение – с бледно-лиловыми (бледно-розовыми) цветками.

ЦП из Татищевского р-на произрастает в устье балки среди кустарников. Увлажнение сухо-луговое, умеренно переменное. Почва чернозёмовидная на карбонатах, довольно богатая. Сообщество насчитывает 57 видов растений. Из кустарников рассеянно встречается *Acer tataricum*, куртинами – *Amygdalus nana* L., *Cerasus fruticosa*. В травянистом ярусе обильны *Elytrigia repens*, *Vicia tenuifolia*, рассеянно встречаются *Carex praecox* Schreb., *Thalictrum minus* L., *Paenonia tenuifolia* L., *Salvia nemorosa* L., *Falcaria vulgaris* Bernh., *Melica altissima* L., *Poa angustifolia* L. Площадь ЦП около 300 м². В ней наблюдалась флуктуация численности: в неблагоприятном для сообщества 2014 г. насчитывалось лишь 32 экземпляра, в благоприятном 2015 г. – 167 особей вида. Отмечено изменение их проективного покрытия: от 10 % – в 2013 и 2014 гг. до 30 % – в 2015 г. Примерно в 50 м от описанной заросли произрастает группа из десятка особей, а в 200 м восточнее, в устье другой балки – группа примерно из 20 особей. Окраска цветков разной интенсивности и весьма разнообразна: голубая, синяя, фиолетовая. Два экземпляра – с белыми цветками.

По соотношению размера популяционного поля и численности особей состояние популяции вида признается плохим, если популяционное поле оказывается менее 1 га, а численность особей – менее 10^3 шт. (Остапко, 2005). Для редких видов растений такие критерии пока не разработаны. Но по мнению В. Г. Кияк (2011), критерием маленькой популяции является численность взрослых особей меньше 1000 шт. и площадь популяции меньше 1000 м^2 . Согласно этим представлениям, состояние исследованных нами ЦП однозначно плохое.

Наиболее плотно растения произрастают в ЦП из Хвалынского р-на. Там большинство растений находятся на расстоянии 60–70 см. друг от друга. Немного реже растения располагаются в ЦП из Татищевского р-на – большинство на расстоянии 80–90 см. В ЦП из Красноармейского р-на большинство растений произрастает на расстоянии 140–150 см (рис. 1).

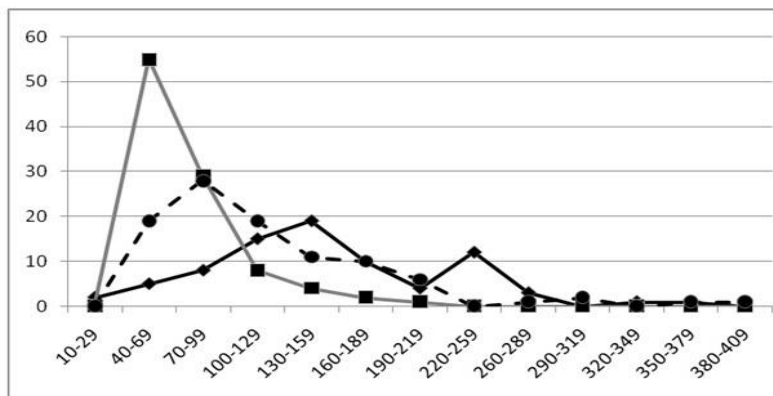


Рис. 1. Пространственная структура изученных популяций *Delphinium pubiflorum*. По оси абсцисс – классы расстояний между соседними особями, см; по оси ординат – число расстояний между экземплярами данного вида, относящихся к тому или иному классу: ■ – ЦП из Красноармейского района, —●— – ЦП из Хвалынского района, —■— – ЦП из Татищевского района Саратовской области

ПОПУЛЯЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ *DELPHINIUM PUBIFLORUM*

Онтогенетические спектры изученных ЦП *D. pubiflorum* представлены на рис. 2.

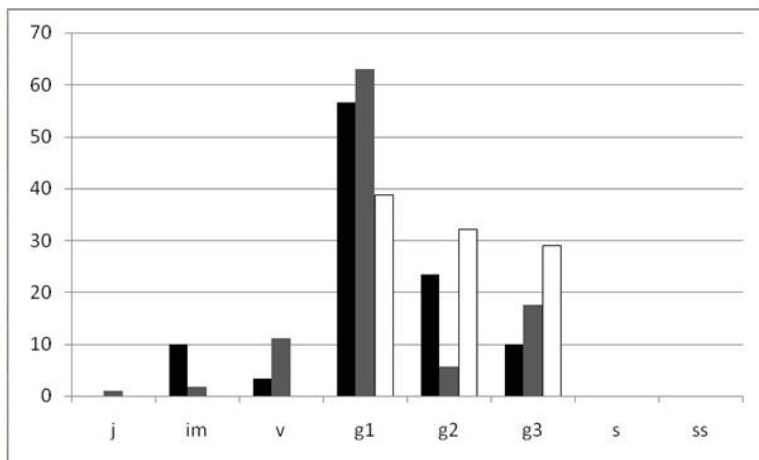


Рис. 2. Онтогенетический спектр изученных ценопопуляций *Delphinium pubiflorum*: ■ – ЦП из Красноармейского, ■ – ЦП из Хвалынского, □ – ЦП из Татищевского районов Саратовской области

Из рис. 2 видно, что в популяциях из Красноармейского и Хвалынского р-нов присутствовали растения прегенеративного возрастного состояния. Эти популяции являются левосторонними с пиком на молодых генеративных особях, тогда как в ЦП из Татищевского р-на отмечены только растения генеративного периода развития. Из этого можно сделать вывод о том, что данная ЦП является неполночленной, близкой к центрированной с пиком на молодых генеративных особях. Однако известно, что у редких растений онтогенетическая структура популяций может существенно варьировать, в том числе и по годам, – и эти вариации иногда мало сопряжены с устойчивостью вида (Злобин и др., 2013) Наши трёхлетние наблюдения за ЦП из Татищевского р-на показали небольшие изменения онтогенетического спектра в течение этого периода. Популяции редких видов независимо от угрозы их вы-

падения оказываются полно- или неполночленными, моно- или бимодальными, лево- или правосторонними. Поэтому для получения материала, пригодного для оценки устойчивости популяций таких видов на основании онтогенетических спектров, необходимы более долгосрочные наблюдения, то есть не меньше, чем время сменяемости одного поколения растений изучаемого вида (Злобин и др., 2013).

Индекс восстановления (I) ЦП из Красноармейского р-на равен 0.15, ЦП из Хвалынского р-на = 0.16, ЦП из Татищевского р-на = 0, поскольку особи прегенеративного периода в данной ЦП отсутствовали.

По результатам исследования в ЦП из Красноармейского района $I_{\text{возобн.}} = 13 \%$, $I_{\text{генер.}} = 87 \%$, $I_{\text{стар.}} = 1 \%$, $I_{\text{возр.}} = 0.77$. В ЦП из Хвалынского района $I_{\text{возобн.}} = 14 \%$, $I_{\text{генер.}} = 86 \%$, $I_{\text{стар.}} = 18 \%$, $I_{\text{возр.}} = 1.29$. В ЦП из Татищевского района $I_{\text{возобн.}}$ оказался равен нулю, $I_{\text{генер.}} = 100 \%$, $I_{\text{стар.}} = 29 \%$. $I_{\text{возр.}}$ для данной популяции рассчитать невозможно, так как возобновление отсутствует.

По типу популяций, согласно критерию Δ - ω (рис. 3) ЦП из Хвалынского и Красноармейского р-нов являются зреющими ($\Delta = 0.34$,

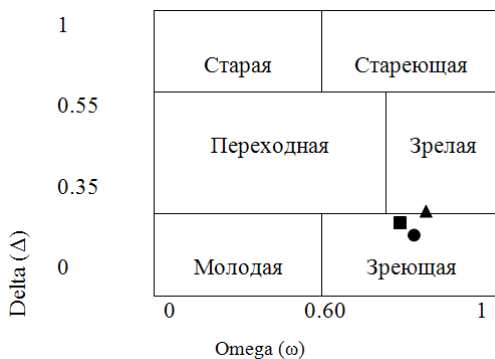


Рис. 3. Тип популяции, выделяемый критерием «дельта-омега» на основе значений индекса возрастности (Δ) и индекса эффективности (ω):

■- ЦП из Красноармейского, ●- ЦП из Хвалынского, ▲ЦП из Татищевского районов Саратовской области

ПОПУЛЯЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ *DELPHINIUM PUBIFLORUM*

$\omega = 0.74$; $\Delta = 0.30$, $\omega = 0.77$ соответственно), а ЦП из Татищевского р-на – переходной между зреющей и зрелой ($\Delta = 0.35$, $\omega = 0.83$).

Для определения виталитета ЦП по результатам корреляционного анализа были отобраны пять ключевых признаков: высота растения, диаметр куста, диаметр междоузлия, количество листьев на генеративном побеге, количество цветков на побеге. Коэффициент корреляции r между этими признаками составил от 0.55 до 0.93. По результатам анализа был построен виталитетный спектр ЦП (рис. 4).

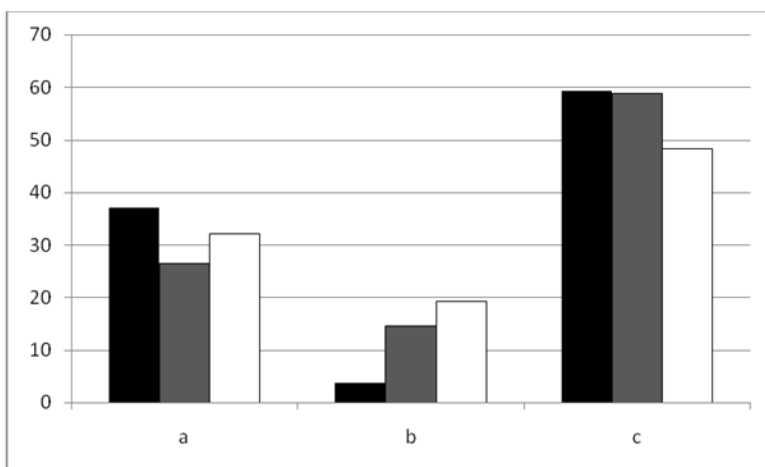


Рис. 4. Индекс виталитета изученных ценопопуляций *Delphinium pubiflorum*.

По оси абсцисс – классы виталитета особей (*a* – высший, *b* – средний, *c* – низший). По оси ординат – процент особей данного класса в популяции.

- – ЦП из Красноармейского района, ■ – ЦП из Хвалынского района,
- – ЦП из Татищевского района Саратовской области

При этом во всех трёх исследованных популяциях преобладают растения низшего класса виталитета особей, несколько меньший процент занимают особи высшего класса виталитета, наименее представлены особи со средним классом виталитета.

Все три изученные ЦП являются депрессивными, поскольку $\frac{1}{2}(a+b) < c$: $\frac{1}{2}(10 + 1) < 16$ в ЦП из Красноармейского р-на; $\frac{1}{2}(9 + 5) < 20$ в ЦП из Хвалынского района; $\frac{1}{2}(10 + 6) < 15$ в ЦП из Татищевского р-на. Степень депрессивности является средней: в ЦП Красноармейского р-на $J_D=0.34$, в ЦП Хвалынского р-на -0.35 , в ЦП Татищевского р-на -0.53 .

По результатам ординации исследованных ЦП по морфологическим параметрам методом главных компонент (рис. 5) выявлены две главные компоненты в матрице данных, которые объясняют 42.17 % и 32.97 % соответственно (рис. 6).

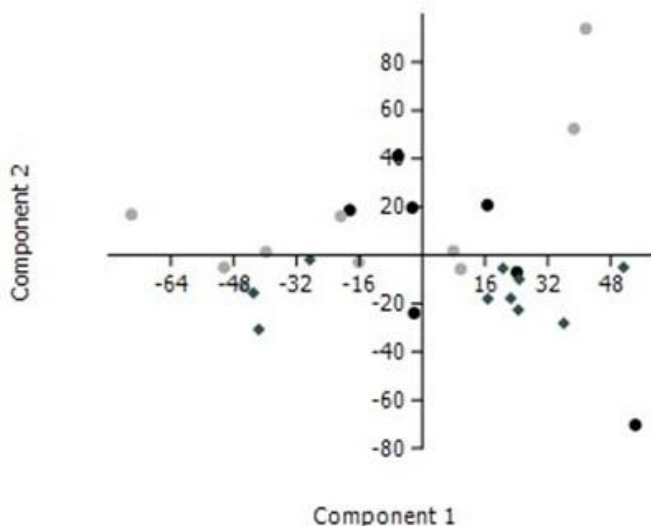


Рис. 5. Результаты ординации средних значений морфологических признаков методом главных координат:

● – ЦП из Красноармейского, ◆ – ЦП из Хвалынского, ● – ЦП из Татищевского районов Саратовской области

ПОПУЛЯЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ *DELPHINIUM PUBIFLORUM*

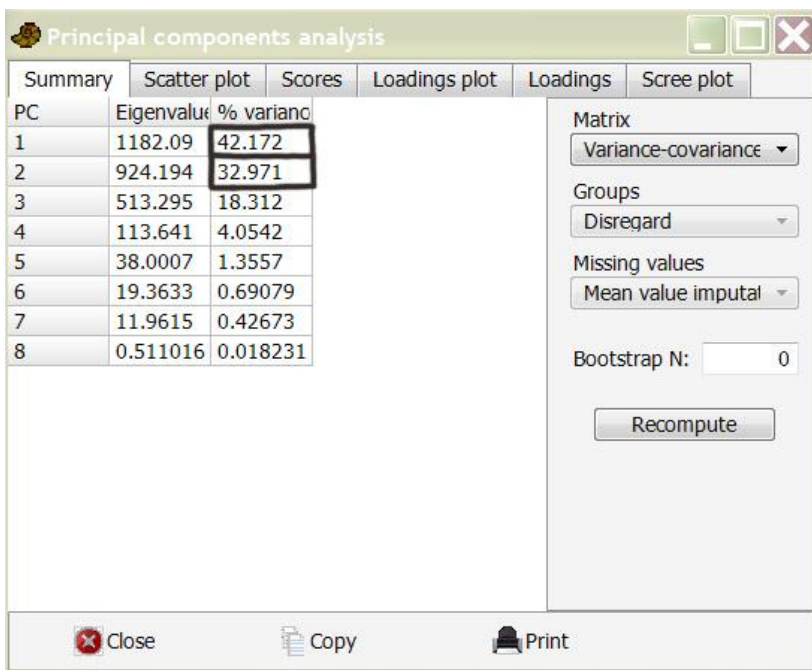


Рис. 6. Нагрузка на компоненты (*Component 1, Component 2*) в матрице данных факторного анализа

Наибольшие значения факторной нагрузки по первой главной компоненте имеют высота растения и длина генеративного побега (рис. 7), по второй компоненте – диаметр куста (рис. 8). Таким образом, обе компоненты отражают изменения размеров куста: первая компонента высоту куста, а вторая – его диаметр. Некоторые растения из ЦП Татищевского р-на оказались выше и шире других, тогда как большинство особей из ЦП Хвалынского р-на были достаточно высокими, но узкими. ЦП из Красноармейского р-на заняла промежуточное между ними положение.

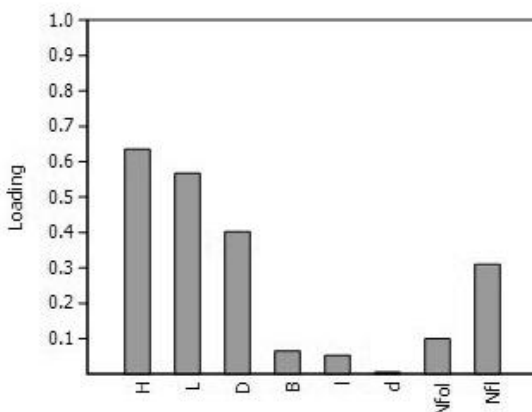


Рис. 7. Распределение факторной нагрузки по первой главной компоненте (*Component 1*): *H* – высота куста, *L* – длина генеративного побега, *D* – диаметр куста, *B* – число побегов в кусте, *l* – длина междоузлия, *d* – диаметр стебля в середине междоузлия, *N_{fol}* – число листьев на побеге, *N_{fl}* – число цветков на побеге

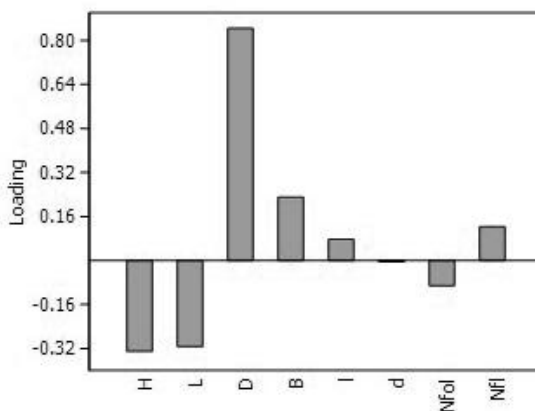


Рис. 8. Распределение факторной нагрузки по второй главной компоненте (*Component 2*). Обозначения см. на рис. 7.

ПОПУЛЯЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ *DELPHINIUM PUBIFLORUM*

Об изменчивости различных признаков растений *D. pubiflorum* в изученных ценопопуляциях можно судить по данным рис. 9.

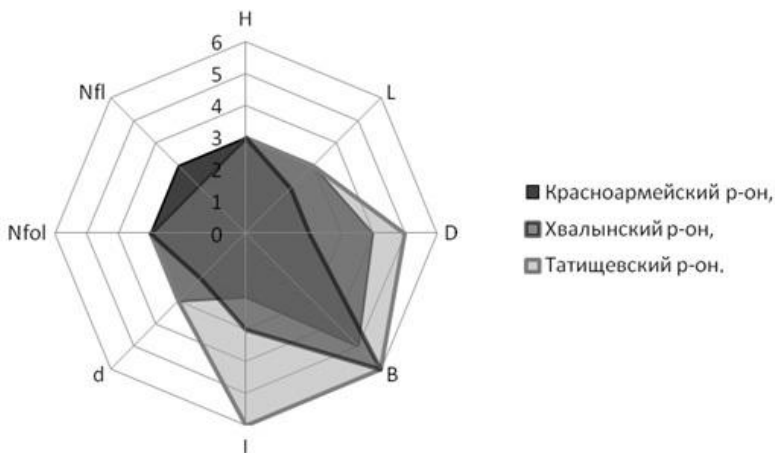


Рис. 9. Изменчивость признаков *Delphinium pubiflorum*:

H – высота растения, *D* – диаметр куста, *B* – количество генеративных побегов, *I* – длина междоузлия, *d* – диаметр стебля в середине междоузлия, *N_{fol}* – количество листьев на генеративном побеге, *N_{fl}* – количество цветков на растении. Цифрами обозначены коэффициенты вариации: 1 – очень низкий, 2 – низкий, 3 – средний, 4 – повышенный, 5 – высокий, 6 – очень высокий.

Условные обозначения см. на рис. 7

Из рисунка видно, что коэффициент вариации сильно отличается у разных признаков. В ЦП из Красноармейского р-на низким уровнем изменчивости характеризовалась длина междоузлия, повышенным и высоким – диаметр куста и количество генеративных побегов, средним – остальные признаки. В ЦП из Хвалынского р-на низким уровнем изменчивости характеризовались диаметр куста и диаметр стебля в середине междоузлия, длина генеративного побега, количество цветков на растении, а очень высоким – количество генеративных побегов, прочие признаки имели средний уровень изменчивости. В ЦП из Татищевского р-на не оказалось параметров с низким или очень низким уровнем изменчивости. Такие признаки, как диаметр куста, количество генеративных побегов и длина междоузлия имели высокий и очень

высокий уровень, остальные признаки – средний уровень изменчивости.

Как отмечает Е. Л. Любарский (Злобин, 1989), коэффициент варьирования важнейших признаков растений обычно очень высок (от 40 до 100%).

В результате анализа общей и согласованной изменчивости признаков растений в изученных ЦП все морфологические признаки разделились на три класса (рис. 10).

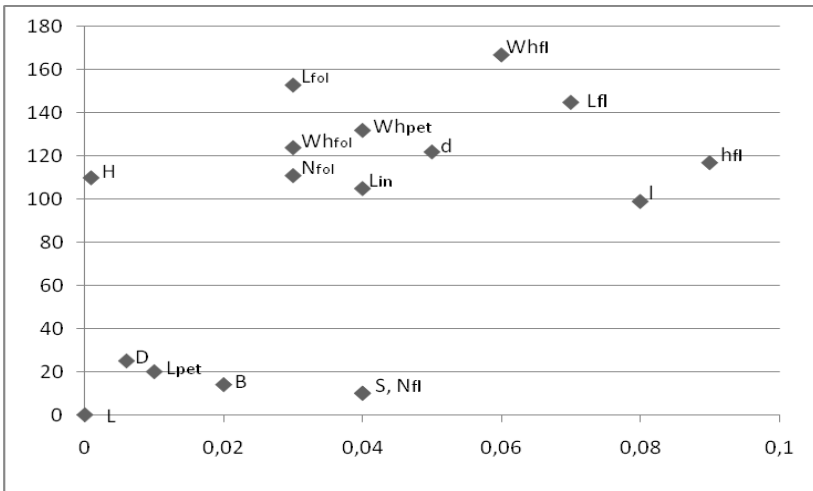


Рис. 10. Особенности общей согласованной изменчивости признаков *anium pubiflorum*. По оси ординат – коэффициент вариации (V , %) в баллах; по оси абсцисс – квадрат коэффициента корреляции r^2 , усредненный по отдельным признакам (R^2ch): H – высота растения, L – длина генеративного побега, D – диаметр куста, B – число генеративных побегов, l – длина междоузлия, d – диаметр стебля в середине междоузлия, N_{fol} – число листьев на генеративном побеге, N_{fl} – число цветков на побеге, L_{fol} – длина листа, Wh_{fol} – ширина листа, S – толщина листа, L_{fl} – длина цветка, h_{fl} – высота цветка, Wh_{fl} – ширина цветка, L_{pet} – длина чашелистика, Wh_{pet} – ширина чашелистика, L_{in} – длина шпорца

К эколого-биологическим системным индикаторам, т.е. признакам, отражающим согласованную изменчивость особей в неоднород-

ПОПУЛЯЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ *DELPHINIUM PUBIFLORUM*

ной среде, можно отнести ширину цветка, длину цветка, высоту цветка, длину междоузлия. К биологическим индикаторам, изменения которых отражают общее состояние системы, не отнесено ни одного параметра. К генотипическим индикаторам отнесены ширина куста, длина чашелистика, длина побега, количество генеративных побегов, толщина листовой пластинки, количество цветков на генеративном побеге. К экологическим индикаторам отнесены высота растения, количество листьев на генеративном побеге, длина и ширина листа, диаметр стебля в середине междоузлия, ширина чашелистика, длина шпорца.

Заключение

Изученные ценопопуляции *D. pubiflorum* произрастают в довольно богатых во флористическом отношении травянисто-кустарниковых сообществах, значительно различающихся по видовому составу. Увлажнение в ЦП из Красноармейского и Хвалынского р-нов соответствует лугово-степному, умеренно-переменному, в ЦП из Татищевского р-на – сухо-луговому, умеренно-переменному. Почвы под сообществами чернозёмовидные или чернозёмные на карбонатной основе, богатые и довольно богатые.

По соотношению размера популяционного поля и численности особей состояние всех трёх популяций вида однозначно плохое. Наиболее плотно растения произрастают в ЦП из Хвалынского р-на: большинство – на расстоянии 60 – 70 см. В ЦП из Татищевского р-на – на расстоянии 80 – 90 см, в ЦП из Красноармейского района на расстоянии 140 – 150 см.

В онтогенетическом отношении ЦП из Красноармейского и Хвалынского р-нов являются левосторонними с пиком на молодых генеративных особях. ЦП из Татищевского р-на является неполночленной, близкой к централизованной с пиком на молодых генеративных особях.

В год исследования ЦП характеризовались низким индексом возобновления, а в ЦП из Татищевского р-на он вообще был равен 0. Однако превалирование в них особей молодого генеративного состояния указывает на то, что все три ЦП способны к самовозобновлению.

По критерию « $\Delta-\omega$ » ЦП из Хвалынского и Красноармейского районов являются зреющими, а ЦП из Татищевского р-на – переходной между зреющей и зрелой.

Во всех трёх исследованных популяциях *D. pubiflorum* преобладают растения низшего класса виталитета, несколько меньший процент занимают особи высшего класса виталитета, наименее представлены особи со средним классом виталитета. Все три изученные ЦП являются депрессивными со средней степенью депрессивности.

Все ЦП вида на территории региона нуждаются в принятии срочных мер по их сохранению и восстановлению численности.

По результатам факторного анализа, наибольшую факторную нагрузку по первой главной координате имеют высота растения и длина генеративного побега, по второй координате – диаметр куста. В ЦП из Татищевского р-на некоторые растения оказались выше и шире других, тогда как большинство особей из Хвалынского р-на были достаточно высокими, но узкими. ЦП из Красноармейского р-на заняла промежуточное между ними положение.

К эколого-биологическим системным индикаторам, т.е. признакам, отражающим согласованную изменчивость особей в неоднородной среде, отнесены следующие: ширина, длина и высота цветка; длина междоузлия. К биологическим индикаторам, изменения которых отражают общее состояние системы, не отнесено ни одного параметра. К генотипическим индикаторам отнесены ширина куста, длина чашелистика, длина побега, количество генеративных побегов, толщина листовой пластинки, количество цветков на генеративном побеге, а к экологическим – высота растения, количество листьев на генеративном побеге, длина и ширина листа, диаметр стебля в середине междоузлия, ширина чашелистика, длина шпорца.

Список литературы

- Воронов А. Г.* Геоботаника: учеб. пособие для ун-тов и пед. ин-тов. Изд. 2-е, испр. и доп. М.: Высш. школа, 1973. 384 с.
- Гланц С.* Медико-биологическая статистика. М.: Практика, 1999. 459 с.
- Горин В., Болдырев В.* Расширение шкал Раменского. Дополнение шкал данными по экологии видов флоры Саратовской области. Saarbrücken, Deutschland: LAPLAMBERT Academic Publishing, 2013. 62 с.
- Еленевский А. Г., Буланый Ю. И., Радыгина В. И.* Конспект флоры Саратовской области. Саратов: Издательский центр «Наука», 2008. 232 с.
- Заугольнова Л. Б.* Типы возрастных спектров нормальных ценопопуляций растений // Ценопопуляции растений. М.: Наука, 1976. С. 81 – 91.
- Злобин Ю. А.* Принципы и методы изучения ценоотических популяций растений. Казань: изд-во Казанского ун-та, 1989. 146 с.

ПОПУЛЯЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ *DELPHINIUM PUBIFLORUM*

Злобин Ю. А., Скляр В. Г., Клименко А. А. Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения. Сумы: Университетская книга, 2013. 439 с.

Ишбирдин А. Р., Ишмуратова М. М. Адаптивный морфогенез и экологические стратегии выживания травянистых растений // Методы популяционной биологии: Материалы докладов VII Всероссийского популяционного семинара (часть 2). Сыктывкар, 2004. С. 113 – 120.

Кияк В. Г. Малі популяції рослині проблемі і перспективи досліджень // Ботаніка та мікологія: проблеми і перспективи на 2011-2020 рр. Київ, 2011. С. 18 – 20.

Красная книга Саратовской области: Грибы. Лишайники. Растения. Животные. Саратов: Изд-во Торг.-пром. палаты Саратов. обл., 2006. 528 с.

Маевский П. Ф. Флора средней полосы европейской части России. 11-е изд. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 635 с.

Мамаев С. А., Чуйко Н. М. Индивидуальная изменчивость признаков листьев у дикорастущих видов костяники // Индивидуальная эколого-географическая изменчивость растений. Свердловск: УрНЦ АН СССР, 1975. С. 114 – 118.

Озёрская Е. С. Изменчивость морфологических признаков в популяциях двух видов семейства кувшинковых на Среднем Урале // Исследование форм внутривидовой изменчивости растений. Свердловск: УрНЦ АН СССР, 1981. С. 110 – 116.

Остапко В. М. Эйдологические, популяционные и ценологические основы фитосозологии на юго-востоке Украины. Донецк: Лебедь, 2005. 408 с.

Раменский Л. Г., Цаценкин И. А., Чижиков О. Н., Антипин Н. А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Сельхозгиз, 1956. 472 с.

Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика. Минск: Высш. школа, 1973. 320 с.

Ростова Н. С. Корреляции: структура и изменчивость. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2002. 308 с.

Уранов А. А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биол. науки. 1975. № 2. С. 7 – 34.

Харитонов А. Н., Березуцкий М. А. О находке Дельфиниума пушистоцветкового (*Delphinium pubiflorum* (DC.) Turcz. ex Nuth) на территории Саратовской области // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: материалы III Всеросс. науч. конф. Йошкар-Ола; Пушино: Изд-во Мар. гос. ун-та, 2008. С. 216 – 217.