

Оригинальная статья / Original article
УДК 575.21 (581.44:470.67)
DOI: 10.18470/1992-1098-2024-3-1



Оценка изменчивости морфометрических признаков растений и возрастной спектр ценопопуляций *Matthiola daghestanica* (Brassicaceae) Предгорного и Среднегорного Дагестана

Руслан М. Османов

Горный ботанический сад – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Дагестанский федеральный исследовательский центр РАН», Махачкала, Россия

Контактное лицо

Руслан М. Османов, к.б.н., мл. науч. сотрудник лаборатории флоры и растительных ресурсов Горного ботанического сада – обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Дагестанский федеральный исследовательский центр РАН»; 367000 Россия, Махачкала, ул. М. Ярагского, 75. Тел. +79389868980
Email ru.osmanov@mail.ru
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4857-6354>

Формат цитирования

Османов Р.М. Оценка изменчивости морфометрических признаков растений и возрастной спектр ценопопуляций *Matthiola daghestanica* (Brassicaceae) Предгорного и Среднегорного Дагестана // Юг России: экология, развитие. 2024. Т.19, N 3. С. 8-17.
DOI: 10.18470/1992-1098-2024-3-1

Получена 19 марта 2024 г.
Прошла рецензирование 14 июня 2024 г.
Принята 25 июня 2024 г.

Резюме

Цель: изучение внутривидовой и межпопуляционной вариабельности количественных признаков *Matthiola daghestanica* (Conti) N. Busch и оценка возрастного спектра природных ценопопуляций Предгорного и Среднегорного Дагестана.

Материалом послужили 90 растений (побеги со соцветиями), взятые с ценопопуляций различных местонахождений изучаемого вида (450, 610 и 960 м над уровнем моря). Осуществлен анализ изменчивости 12 морфологических признаков *M. daghestanica*. Для оценки возрастного спектра заложены пробные площадки 5x5 м в трех пунктах (75 м²), где производили учет возрастных (онтогенетических) состояний *M. daghestanica* руководствуясь методами из работ Т.А. Работнова (1950) и А.А. Уранова (1957).

Исследована изменчивость морфологических признаков эндемика Дагестана *M. daghestanica* и оценен его возрастной спектр в природных ценопопуляциях Предгорного и Среднегорного Дагестана. Наиболее вариабельными оказались весовые признаки. Анализ достоверности различий выделенных групп по t-критерию подтвердил, что «Чох-Чох» в сильной степени обособлена от других ценопопуляций, и в наибольшей степени от «Чирката». Линейный признак «длина вегетативной части» вносит наибольшие достоверные различия между всеми ценопопуляциями. Процент возрастных состояний от общего числа особей по популяциям различается. Возрастной спектр *M. daghestanica* ценопопуляции «Чирката» представлен преобладанием ювенильной (25 %) и виргинильной (25%) групп, а в ценопопуляции «Ашильта» иматурной группой (23,9 %). Среди возрастных состояний генеративного периода во всех ценопопуляциях преобладают молодые генеративные особи (16,7–19,4 %). Наибольшее число средневозрастных генеративных особей в ценопопуляции «Чох-Чох» (16,3 %).

Анализ изменчивости морфологических признаков растений *M. daghestanica* показал, что линейные и числовые признаки по трем ценопопуляциям менее вариабельны. Выявлена значительная изменчивость по весовым признакам: «масса стеблей с листьями» (518,3–818,7 мг); «общая масса побега» (990,7–1342,8 мг). Квадраты расстояний Махаланобиса изученных признаков выявили изолированность ценопопуляции «Чох-Чох» от двух других («Ашильта», «Чирката»). Возрастной спектр ценопопуляций *M. daghestanica* схожий в Предгорном и Среднегорном Дагестане, несмотря на разное количество возрастных состояний. Ценопопуляции *M. daghestanica* являются нормальными, способными к самовозобновлению, характеризующиеся индексами восстановления 1,2–2,8 %.

Ключевые слова

Matthiola daghestanica, эндемик, изменчивость, ценопопуляция, морфологические признаки, возрастной спектр, Дагестан.

Evaluation of variability of morphometric traits of plants and age spectrum of cenopopulations of *Matthiola daghestanica* (Brassicaceae) of the Piedmont and Mid-mountain Dagestan, Russia

Ruslan M. Osmanov

The Mountain Botanical Garden is a separate division of the Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

Principal contact

Ruslan M. Osmanov, CSc (Biol), junior researcher, Laboratory of Flora and Plant Resources, Mountain Botanical Garden – a separate division of the Dagestan Federal Research Center, Russian Academy of Sciences; 75, M. Yaragskogo St, Makhachkala, Russia 367000.

Tel. +79389868980

Email ru.osmanov@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4857-6354>

How to cite this article

Osmanov R.M. Evaluation of variability of morphometric traits of plants and age spectrum of cenopopulations of *Matthiola daghestanica* (Brassicaceae) of the Piedmont and Mid-mountain Dagestan, Russia. *South of Russia: ecology, development*. 2024; 19(3):8-17. (In Russ.) DOI: 10.18470/1992-1098-2024-3-1

Received 19 March 2024

Revised 14 June 2024

Accepted 25 June 2024

Abstract

Aim: Study of intra- and interpopulation variability of quantitative traits of *Matthiola daghestanica* (Conti) N. Busch and assessment of the age spectrum of natural cenopopulations of Piedmont and Mid-mountain Dagestan.

The material consisted of 90 plants (shoots with inflorescences) taken from coenopopulations of various locations of the studied species (450, 610 and 960 m above sea level). An analysis of the variability of 12 morphological traits of *M. daghestanica* was carried out. To assess the age spectrum, 5x5 m test plots were laid out at three points (75 m²), where the age (ontogenetic) states of *M. daghestanica* guided by methods from the works of T.A. Rabotnov (1950) and A.A. Uranov (1957).

The variability of the morphological traits of the Dagestan endemic *M. daghestanica* has been studied and its age spectrum in the natural cenopopulations of Piedmont and Mid-mountain Dagestan has been assessed. The most variable were the weight traits. Analysis of the significance of the differences between the selected groups using the t-test confirmed that “Chakh-Chakh” is highly isolated from other coenopopulations, and to the greatest extent from “Chirkata”. The linear trait “length vegetative features” introduces the greatest significant differences between all coenopopulations. The percentage of age states from the total number of individuals varies among populations. The age spectrum of *M. daghestanica* in the “Chirkata” cenopopulation is represented by a predominance of the juvenile (25 %) and virginal (25 %) groups and in the “Ashilta” cenopopulation by the adult group (23.9 %). Among the age states of the generative period in all cenopopulations, young generative individuals prevail (16.7–19.4 %). The largest number of middle-aged generative individuals is in the “Chakh-Chakh” cenopopulation (16.3 %).

Analysis of the variability of morphological characteristics of *M. daghestanica* plants showed that linear and numerical traits for the three cenopopulations are less variable. Significant variability was revealed in weight characteristics: “mass caulis and leaves” (518.3–818.7 mg); “total mass shoot” (990.7–1342.8 mg). The squared Mahalanobis distances of the characters studied revealed the isolation of the “Chakh-Chakh” cenopopulation from the other two (“Achilta”, “Chirkata”). The age spectrum of *M. daghestanica* coenopopulations is similar in the Piedmont and Mid-mountain Dagestan, despite the different number of age states. Cenopopulations of *M. daghestanica* are normal, capable of self-renewal, characterized by recovery indices of 1.2–2.8 %.

Key Words

Matthiola daghestanica, endemic, variability, cenopopulation, morphological traits, age spectrum, Dagestan.

ВВЕДЕНИЕ

Редкие и эндемичные виды растений имеют небольшие ареалы, встречаются на ограниченном числе местообитаний, в пределах которых имеют очень низкое обилие. В свою очередь комплексные исследования популяций редких растений имеют важное значение для эффективного экспериментального изучения и успешности работ по интродукции и реинтродукции. Существует множество подходов и критериев к установлению редкости (ареал, динамика ареала, размещение в пространстве, численность или обилие, динамика численности, специфические особенности биологии, особенности возрастной структуры, экологическая специализация, репродуктивный потенциал, устойчивость популяции, наличие антропогенных угроз и др.) [1–3].

М.М. Магомедмирзаев в своих работах [4; 5] отмечал механизмы адаптации редких и ресурсных видов, а так же практическую значимость экспери-

ментального изучения изменчивости морфологических признаков (проявление генетических вариаций) в природных условиях и при интродукции.

Объектом работы является эндемичный и редкий вид Дагестана – *Matthiola daghestanica* (Conti) N. Busch.

В настоящее время исследования, касающиеся сравнительного изучения и оценки морфологических признаков растений *M. daghestanica* отсутствуют. Имеются данные по изучению морфологии [6–8], возрастного спектра и виталитета ценопопуляций близкородственного вида – *M. caspica* [9; 10].

M. daghestanica (N. Busch.) Grossh. – это один из малоизученных редких и эндемичных видов флоры Дагестана. В последние годы выявлено три новых местонахождений *M. daghestanica*: окр. сел. Кванхидатли, 760 м; окр. сел. Чах-Чах, 610 м; окр. сел. Ашильта, 960 м (рис. 1).



Рисунок 1. *Matthiola daghestanica* в период цветения, район Бетлинских гор (окр. с. Ашильта, Унцуккульский район)
Figure 1. *Matthiola daghestanica* during flowering. Betlinskih mountains (Ashilta village, Untsukulsky district)

на экспериментальных базах высеян семенной материал *M. daghestanica* с природных ценопопуляций. Вид успешно интродуцирован, проходит все фазы сезонного развития, цветение наблюдается на второй год жизни [11–13].

Таким образом, возникает необходимость детального рассмотрения вопросов, связанных с изучением изменчивости морфологических признаков растений *M. daghestanica* и ее возрастной структуры в Предгорном и Среднегорном Дагестане.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследования были использованы образцы растений *M. daghestanica*, собранные в 2023 году в

естественных популяциях, расположенных в различных типах градиентов экологических факторов (табл. 1). Для измерения было выбрано 12 признаков: линейные – длина побега (L_s), мм; длина соцветия (L_l), мм; длина вегетативной части (L_{vs}), мм; числовые – число листьев розетки (N_{lr}), шт.; число листьев побега (N_{ls}), шт.; число цветков (N_f), шт.; весовые – масса листьев розетки (W_{lr}), мг; масса стеблей с листьями (W_{sl}), мг; масса соцветия (W_l), мг; общая масса побега (W_s), мг; индексные – репродуктивное усилие побега (Ke_{fr}), %; плотность соцветия (D_l), %.

Таблица 1. Общая информация модельных ценопопуляций
Table 1. General information about model cenopopulations

№ п/п	Место сбора, местообитание Collection place, habitat	Географические данные: широта и долгота / высота над уровнем моря (м) / экспозиция / угол наклона склона Geographic data: latitude and longitude / altitude above sea level (m) / aspect / degree of slope	
		1.	Гумбетовский, окр. сел. Чирката, сухие откосы у дороги Chirkata village, Gumbetovsky district, dry slopes near the road
2.	Магарамкентский район, окр. сел. Чах-Чах, сухие и песчаные откосы у дороги Chakh-Chakh village Magaramkentsky district, dry and sandy slopes near the road	N 41° 30' 44", E 48° 9' 14" / 610 m / South-west / 35–45°	
3.	Унцукульский, окр. сел. Ашильта, сухие каменисто-щебнистые склоны Ashilta village, Untsukul'sky district, dry rocky and gravelly slopes	N 42° 45' 18", E 46° 44' 9" / 960 m / South-east / 25–35°	

Для оценки возрастного спектра для каждого исследованного пункта были заложены пробные площадки (25 м²), где фиксировали возрастные (онтогенетические) состояния *M. daghestanica*: ювенильное (j), иматурное (im), виргинильное (v), молодое генеративное (g1), средневозрастное генеративное (g2), старое генеративное (g3), субсенильное (ss), – сенильное (s) [14–16].

Индекс восстановления *M. daghestanica* рассчитывали с помощью следующей формулы [17]:

$$I = \sum j \rightarrow v / \sum g1 \rightarrow g3.$$

Для обработки экспериментальных данных применялась статистическая программа Statistica v. 13.3. Применены методы дисперсионного, дискриминантного и корреляционного анализов, а также стандартные методы биометрии [18; 19]. Для каждого признака определялись среднее арифметическое значение, его ошибка и коэффициент вариации, что позволило оценить степень варибельности полученных данных. В таблицах 3, 4, 5 используется и приводятся три уровня значимости $P < 0,05$ – *,

$P < 0,01$ – ** и $P < 0,001$ – ***, что соответствует трем уровням достоверности 95, 99 и 99,9 % [20].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ морфологических признаков растений *M. daghestanica* выявил заметные различия между популяциями. Растения из ценопопуляции «Чирката» отличались наиболее выраженной ростовой активностью, их средняя длина побега составила 395 мм, а длина вегетативной части – 276 мм, что значительно превосходит эти показатели у растений из «Чах-Чах» и «Ашильта». Однако по признаку «длина соцветия» средние значения максимальны именно для выше двух упомянутых ценопопуляций. Числовые признаки по трем ценопопуляциям не вариабельны. Установлена значительная изменчивость по весовым признакам, так признак «масса стеблей листьями» варьирует от 518,3 до 818,7 мг, а «общая масса побега» – от 990,7 до 1342,8 мг. Индексные признаки же оказались менее изменчивыми.

Таблица 2. Оценка морфологических признаков *Matthiola daghestanica* (дескриптивная статистика)
Table 2. Evaluation of morphological characteristics of *Matthiola daghestanica* (descriptive statistics)

Признаки (n=30) Traits (n=30)	Чирката, 450 м Chirkata, 450 m		Чах-Чах, 610 м Chakh-Chakh, 610 m		Ашильта, 960 м Ashilta, 960 m	
	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	CV, %	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	CV, %	$\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	CV, %
Линейные, мм / Linear, mm						
Длина побега Length shoot	395,0±11,04	15,3	289,2±8,60	16,2	322,7±10,53	17,9
Длина соцветия Length inflorescences	118,5±6,85	31,7	173,8±6,74	21,3	131,9±5,52	22,9
Длина вегетативной части Length vegetative features	276,5±6,67	13,2	115,4±7,92	37,6	190,8±6,41	18,4
Числовые, шт. / Numbers, pcs.						
Число листьев розетки Number leaves rosettes	5,6±0,09	8,9	7,0±0,11	8,7	6,2±0,14	12,8
Число листьев побега Number leaves shoots	8,0±0,15	10,6	6,9±0,11	8,4	7,9±0,25	17,9
Число цветков Number flowers	14,8±0,53	19,5	15,5±0,31	10,9	14,4±0,85	32,6

Весовые, мг / Postages, mg						
Масса листьев розетки Mass leaves rosettes	212,7±4,57	11,8	329,6±15,94	26,5	217,8±10,42	26,2
Масса стеблей с листьями Mass caulis and leaves	818,7±47,34	31,7	518,3±24,45	25,8	544,6±44,98	45,2
Масса соцветия Mass inflorescences	312,5±32,31	56,7	295,7±16,59	30,7	229,7±13,95	33,3
Общая масса побега Total mass shoot	1342,8±64,61	26,4	1142,5±44,66	21,4	990,7±60,31	33,3
Индексные / Index						
Репродуктивное усилие побега* Reproductive effort shoots	22,4±1,58	38,7	25,7±44,66	17,4	23,3±0,63	14,9
Плотность соцветия** Density inflorescences	1,3±0,07	30,5	0,9±0,05	32,5	1,1±0,05	23,1

Примечание: * – соотношение массы соцветия на общую массу побега, ** – соотношение числа цветков на длину соцветия (то же самое в таблицах 3, 4 и 5)
Note: * – the ratio of the mass of the inflorescence to the total mass of the shoot, ** – the ratio of the number of flowers to the length of the inflorescence (the same in tables 3, 4 and 5)

Наиболее вариabельными оказались весовые признаки – «масса стеблей с листьями» (45,2 %) для ценопопуляции «Ашильта» и «масса соцветия» (56,7 %) для ценопопуляции «Чирката», которые относятся к очень высокому уровню по шкале Мамаева. Устойчивыми являются числовые признаки с низким уровнем варьирования, такие как «число листьев розетки» (8,7–12,8 %), а так же «число листьев побега» (8,4 % и 10,6 %) для выборок «Чирката» и «Чак-Чак»; «число цветков» (10,9 %) для «Чак-Чак». Большинство

изученных признаков относятся к среднему и повышенному уровню вариации.

С помощью t-критерия Стьюдента подтверждены результаты сравнительной оценки изменчивости морфологических признаков *M. daghestanica* по ценопопуляциям. Анализ достоверности различий выделенных групп по t-критерию подтвердил, что «Чак-Чак» в сильной степени обособлена от других ценопопуляций, и в наибольшей степени от «Чирката» (табл. 3).

Таблица 3. Достоверность различий по морфологическим признакам между ценопопуляциями *Matthiola daghestanica* по t-критерию

Table 3. Reliability of differences in morphological traits to the t-test between cenopopulations of *Matthiola daghestanica*

Признаки Traits	Ашильта / Чак-Чак Ashilta / Chakh-Chakh	Ашильта / Чирката Ashilta / Chirkata	Чак-Чак / Чирката Chakh-Chakh / Chirkata
Длина побега Length shoot	2,51*	4,72***	7,78***
Длина соцветия Length inflorescences	5,29***	–	5,81***
Длина вегетативной части Length vegetative features	7,53***	8,95***	16,89***
Число листьев розетки Number leaves rosettes	7,13*	–	7,84***
Число листьев побега Number leaves shoots	–	3,51***	8,95***
Число цветков Number flowers	2,12*	2,21*	–
Масса листьев розетки Mass leaves rosettes	7,33***	–	8,79***
Масса стеблей с листьями Mass caulis and leaves	–	5,41***	6,18***
Масса соцветия Mass inflorescences	3,19**	2,29*	–
Общая масса побега Total mass shoot	2,74**	4,66***	2,03*
Репродуктивное усилие побега Reproductive effort shoots	2,29*	1,23*	3,43**
Плотность соцветия Density inflorescences	2,98**	2,89**	5,94***

Наименьшие различия характерны для всех трех ценопопуляций по индексным признакам («репродуктивное усилие побега», «плотность соцветия»), а также признаку «общая масса побега». Линейный признак

«длина вегетативной части» вносит наибольшие достоверные различия между всеми ценопопуляциями. Результаты корреляционного анализа позволили выявить значимые взаимосвязи между морфологи-

ческими и индексными признаками растений *M. daghestanica*. Например, линейный признак «длина побега» положительно коррелирует с признаками «число листьев розетки», «число цветков» и весовыми признаками ($P \leq 0,05$). Аналогичные корреляции наблюдаются и для признака «длина соцветия», а

признак «число цветков» взаимосвязан со всеми весовыми и индексными признаками и т.д. Данная информация может быть использована для прогнозирования изменчивости отдельных морфологических признаков под влиянием различных факторов среды (табл. 4).

Table 4. Корреляции между морфологическими признаками *Matthiola daghestanica*
Table 4. Correlations between morphological characteristics of *Matthiola daghestanica*

Признаки Traits	L_s	L_l	L_{vs}	N_{LR}	N_{LS}	N_f	W_{LR}	W_{SL}	W_l	W_s	Ke_{Fr}
L_s	–										
L_l	–										
L_{vs}	-0,83*	0,40*									
N_{LR}	–	0,57*	0,48*								
N_{LS}	0,47*	–	-0,53*	–							
N_f	0,36*	0,42*	–	0,33*	0,37*						
W_{LR}	–	0,55*	0,43*	0,59*	–	0,29*					
W_{SL}	0,66*	–	-0,56*	–	0,62*	0,48*	–				
W_l	0,35*	0,44*	–	0,42*	0,35*	0,62*	0,35*	0,54*			
W_s	0,55*	0,38*	-0,32*	0,21*	0,51*	0,61*	0,38*	0,85*	0,82*		
Ke_{Fr}	–	0,24*	0,33*	0,41*	–	0,24*	–	–	0,61*	–	
D_l	–	-0,66*	-0,49*	-0,31*	0,39*	0,28*	-0,28*	0,27*	–	–	–

Анализ корреляционных связей выявил так же значительные отрицательные, так и незначительные вовсе взаимосвязи между различными признаками растений *M. daghestanica*. Так признак «длина вегетативной части» демонстрирует отрицательную корреляцию со многими признаками. Аналогичная тенденция наблюдается для индексного признака «плотность соцветия», который отрицательно коррелирует с признаками «длина соцветия», «число листьев розетки» и «масса листьев розетки». В то же время корреляционная связь, наблюдаемая у

индексных признаков по отношению к некоторым линейным и весовым, оказалась недостоверной.

Оценка изменчивости исследованных признаков растений побега *M. daghestanica* проводилась с использованием двух моделей дисперсионного анализа: однофакторной и модели, учитывающей линейную зависимость от высотного фактора [21]. Результаты сравнительного анализа, отражающие вклад межгрупповых компонент дисперсии в общую вариабельность признаков, представлены в таблице 5.

Таблица 5. Анализ изменчивости признаков *Matthiola daghestanica* по итогам дисперсионного анализа с учетом линейной модели

Table 5. Analysis of variability of traits of *Matthiola daghestanica* based on the results of ANOVA with consideration of the linear model

Признаки / Traits	h^2 , %	r^2 , %	r_{xy}
Линейные, мм / Linear, mm			
Длина побега / Length shoot	38,9***	8,1**	-0,28**
Длина соцветия / Length inflorescences	33,0***	–	–
Длина вегетативной части / Length vegetative features	75,9***	8,1**	-0,28**
Числовые, шт. / Numbers, pcs.			
Число листьев розетки / Number leaves rosettes	44,1***	–	–
Число листьев побега / Number leaves shoots	30,6***	6,5*	-0,25*
Число цветков / Number flowers	7,5*	7,2*	-0,27*
Весовые, мг / Postages, mg			
Масса листьев розетки / Mass leaves rosettes	46,7***	–	–
Масса стеблей с листьями / Mass caulis and leaves	31,9***	18,1***	-0,42***
Масса соцветия / Mass inflorescences	10,0*	7,8**	-0,28**
Общая фитомасса побега / Total mass shoot	20,7***	20,5***	-0,45***
Индексные / Index			
Репродуктивное усилие побега / Reproductive effort shoots	12,4**	–	–
Плотность соцветия / Density inflorescences	28,6***	–	–

Анализ однофакторной регрессии продемонстрировал существенную разницу между силой влияния фактора (h^2) и коэффициентом детерминации (r^2) для всех линейных признаков и одного числового признака – «число листьев розетки». Это свидетельствует о слабом влиянии высотного фактора на их изменчивость. В то же время, для двух весовых признаков «масса соцветия» и

«общая масса побега», а также для признака «число цветков» разница между моделями оказалась незначительной, что говорит о сильно выраженном влиянии высоты на внутри- и межпопуляционную изменчивость.

Дискриминантная модель, построенная на основе изучения изменчивости морфологических

признаков *M. daghestanica* показывает, что наибольшая дифференциация между ценопопуляциями зависит от следующих признаков (в модели): «длина вегетативной

части», «число листьев розетки», «число листьев побега», «масса листьев розетки» (рис. 2).

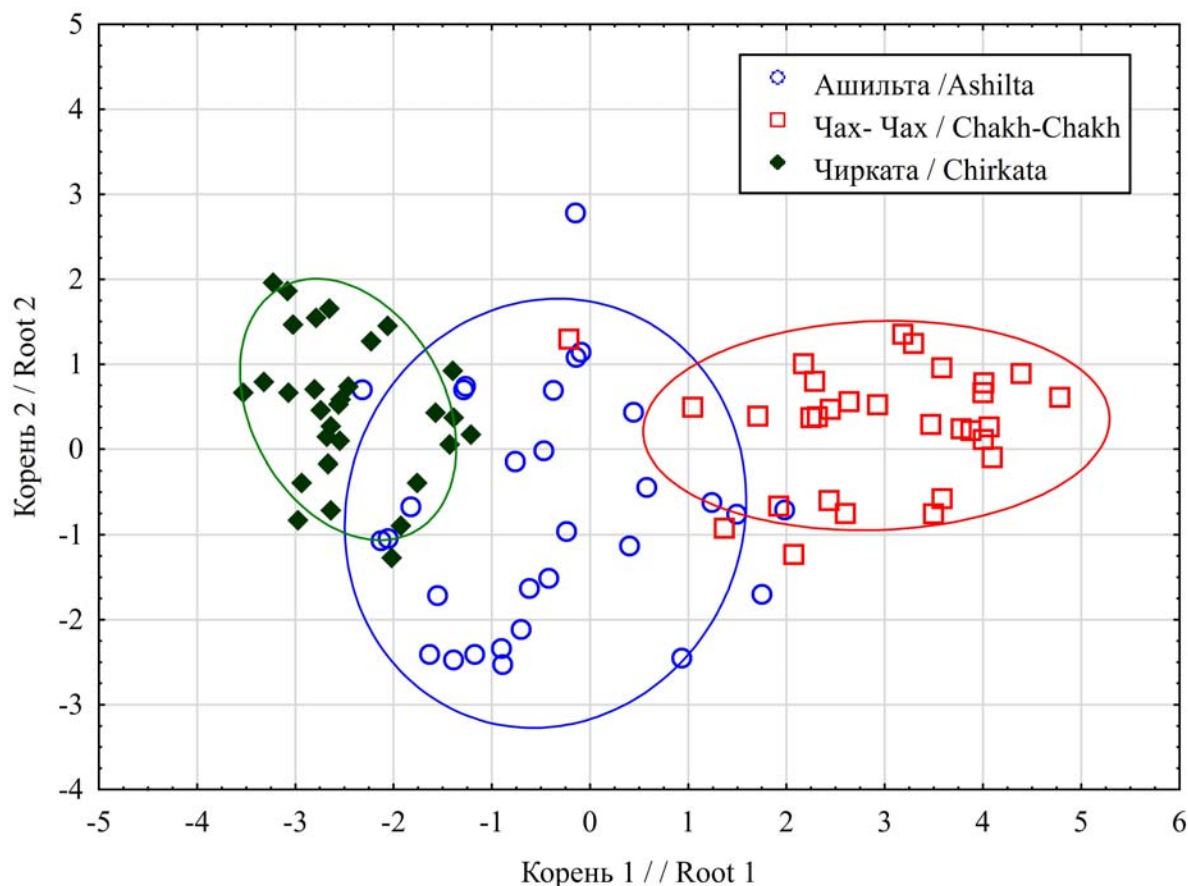


Рисунок 2. Ординация ценопопуляций *Matthiola daghestanica* по морфологическим признакам растений в пространстве канонических корней

Figure 2. Ordination of cenopopulations of *Matthiola daghestanica* according to morphological characteristics of plants in space of canonical roots

Разнообразие микроклиматических условий установило высокий уровень самоидентичности ценопопуляций *M. daghestanica*, выявленный в процессе классификации (ординации в пространстве канонических корней). Квадраты расстояний Махаланобиса изученных признаков выявили изолированность ценопопуляции «Чах-Чах» от двух других («Ашильта», «Чирката»). Суммарная точность матрицы классификации в объединенной выборке составляет 84,4 %.

Все ценопопуляции *M. daghestanica* являются нормальными, но частично неполночленными, то есть, не представлены особями всех возрастных состояний или они представлены не на всех пробных площадках (проростки, скрытогенеративные особи, сенильные и отмирающие особи).

Процент возрастных состояний от общего числа особей по популяциям различается. На рисунке 3 представлен возрастной спектр ценопопуляций *M. daghestanica*, с преобладанием ювенильной (25 %) и виргинильной (25 %) групп для ценопопуляции «Чирката». Иматурные особи (23,9 %) преобладали в «Ашильта» сравнительно других исследованных пунктов. Среди возрастных состояний генеративного

периода преобладают молодые генеративные особи во всех ценопопуляциях (16,7–19,4 %). Наибольшее число средневозрастных генеративных особей в ценопопуляции «Чах-Чах» (16,3 %) (рис. 3).

Наличие низкого процента возрастных состояний генеративного периода в ценопопуляции «Чирката» можно объяснить поеданием скотом растений данных групп. Отсутствие сенильных и отмирающих особей *M. daghestanica* в Предгорном и Среднегорном Дагестане обосновывается преимущественно антропогенным воздействием (расширение дорог) и естественными причинами (оползни, сели).

Для ценопопуляции «Чирката» характерно значительное преобладание возрастных состояний предгенеративного периода (ювенильной и виргинильной групп) над генеративными, где индекс восстановления составил 1,8 %. Тогда как в «Ашильта» доминируют иматурные особи, а индекс восстановления 2,8 % (табл. 6).

Самый низкий индекс восстановления в «Чах-Чах» – 1,2 %, где господствуют средневозрастные и старые генеративные особи.

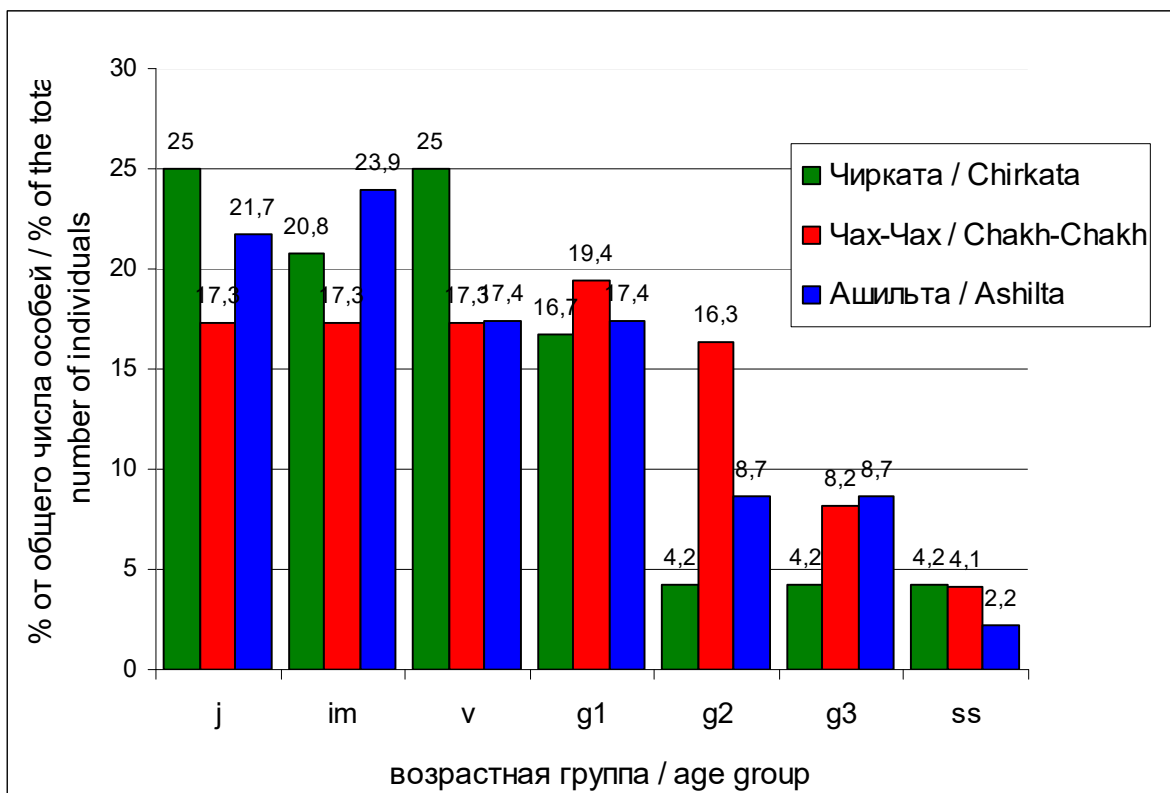


Рисунок 3. Возрастной спектр ценопопуляций *Matthiola daghestanica*
Figure 3. Age spectrum of cenopopulations of *Matthiola daghestanica*

Таблица 6. Количество особей *Matthiola daghestanica* и индекс их восстановления
Table 6. Number of *Matthiola daghestanica* individuals and their recovery index

Ценопопуляция Cenopopulation	Количество особей, шт. Number of individuals, pcs.		Индекс восстановления, % Recovery Index, %
	j → v	g1 → g3	
Чирката / Chirkata	29	16	1,8
Чах-Чах / Chakh-Chakh	51	43	1,2
Ашильта / Ashilta	17	6	2,8

Примечание: j → v – растения предгенеративного периода; g1 → g3 – растения генеративного периода
 Note: j → v – plants of pre-generative period; g1 → g3 – plants of generative period

Выводы

1. Анализ изменчивости морфологических признаков растений *Matthiola daghestanica* установил, что максимальные средние значения среди линейных признаков отмечены для растений «Чирката» по признаку «длина побега» (395 мм) и «длина вегетативной части» (276 мм) сравнительно растений двух других ценопопуляций «Чах-Чах» и «Ашильта». Однако по признаку «длина соцветия» средние значения максимальны именно для двух последних ценопопуляций (131,9–173,8 мм). Числовые признаки по трем ценопопуляциям не вариабельны. Выявлена значительная изменчивость по весовым признакам: «масса стеблей с листьями» (518,3–818,7 мг); «общая масса побега» (990,7–1342,8 мг).
 2. Дифференциация между исследованными тремя ценопопуляциями *M. daghestanica* отмечена по следующим признакам (в модели): «длина вегетативной части», «число листьев розетки», «число листьев побега», «масса листьев розетки». Ординация ценопопуляций *Matthiola daghestanica* по морфологическим признакам растений в пространстве канонических корней показала изолированность «Чах-Чах».

3. Оценка возрастного спектра ценопопуляций *M. daghestanica*, показала, что в целом онтогенез изучаемого нами вида в Предгорном и Среднегорном Дагестане схожий, несмотря на разное количество возрастных состояний. Ценопопуляции *M. daghestanica* являются нормальными, способными к самовозобновлению, характеризующиеся индексами восстановления 1,2–2,8 %.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Автор благодарит с.н.с., к.б.н. лаборатории интродукции и генетических ресурсов древесных растений Горного ботанического сада Анатова Д.М. за содействие в осуществлении математической обработки данных.

Исследование проведено в рамках научной базовой темы – FMSW-2022-0021.

ACKNOWLEDGMENT

The author thanks D.M. Anatov, senior researcher, CSc (Biol), Laboratory of Introduction and Genetic Resources of Woody Plants of the Mountain Botanical

Garden, for assistance in carrying out the mathematical processing of the data.

The study was conducted within the framework of the scientific basic theme of FMSW-2022-0021.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Трепет С.А., Акатов В.В. Редкие виды и их сохранение. Майкоп: ИП Войнов Д.В., 2019. 178 с.
- Горбунов Ю.Н., Дзыбов Д.С., Кузьмин З.Е., Смирнов И.А. Методические рекомендации по реинтродукции редких и исчезающих видов растений (для ботанических садов). Тула: Гриф и К, 2008. 56 с.
- Frankel O.H., Soule M.M. Conservation and evolution. Cambridge: Univ. Press, 1981. 327 p.
- Магомедмирзаев М.М. Анализ структуры изменчивости морфологических признаков высших растений и его использование в решении общих и прикладных задач популяционной биологии (Проблемы фенетики растений): автореф. дисс. ... д-ра биол. наук: 03.00.05. Махачкала. 1977. 36 с.
- Магомедмирзаев М.М. Пути выявления и использования генетических ресурсов высших растений // Итоги науки и техники. Сер. Общая генетика. 1978. Т. 3. С. 130–168.
- Магомедова М.А. Результаты оценки некоторых признаков *Matthiola caspica* в естественных сообществах аридных предгорий Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2015. N 65. С. 130–133.
- Osmanov R.M., Ayskhanova E.S., Rasulov Z.R. Variability of morphological traits of the generative shoot of *Matthiola caspica* (Busch) Grossh. in Piedmont Dagestan // II International Conference «Problems of Nature Management and Environmental Protection» (ASE-2023). BIO Web of Conferences. 2023. V. 63. N 06003 <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236306003>
- Османов Р.М., Вагабова Ф.А., Исламова Ф.И. Предварительный анализ некоторых признаков морфологии, семенной продуктивности и фенольных соединений редкого вида *Matthiola caspica* // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2020. Т. 14. N 3. С. 46–54.
- Магомедова М.А., Гусейнова З. Возрастной спектр ценопопуляции *Matthiola caspica* в Талгинском ущелье Предгорного Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. N 67. С. 141–144.
- Магомедова М.А., Гусейнова З.Г. Виталитетный анализ ценопопуляции *Matthiola caspica* (N. Busch) Grossh. в Талгинском ущелье Предгорного Дагестана // Вестник Дагестанского государственного университета. Серия 1: Естественные науки. 2017. Т. 32. N 3. С. 104–110.
- Муртазалиев Р.А., Теймуров А.А. Левкой дагестанский – *Matthiola daghestanica* (N. Busch.) Grossh // Красная книга Республики Дагестан. 2009. 167 с.
- Муртазалиев Р.А. Левкой дагестанский – *Matthiola daghestanica* (N. Busch.) Grossh // Красная книга Республики Дагестан. 2020. С. 277–278.
- Османов Р.М. Распространение редкого и эндемичного вида *Matthiola daghestanica* в Дагестане // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. N 3(95). С. 86–90.
- Работнов Т.А. Вопросы изучения состава популяций для целей фитоценологии // Проблемы ботаники. Москва–Ленинград: Наука, 1950. Т. 1. С. 465–483.
- Уранов А.А. Возрастной спектр фитопопуляций как функция времени энергетических волновых процессов // Биологические науки. 1975. N 2. С. 7–34.
- Онтогенетический атлас растений / отв. ред. проф. Жукова Л.А. Йошкар-Ола: МарГУ, 2013. Т. 7. 364 с.
- Заугольнова Л.Б., Жукова Л.А., Комаров А.С., Смирнова О.В. Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии) / отв. ред. Серебрякова Т.И., Соколова Т.Г. Москва: Наука, 1988. 181 с.
- Лакин Г.Ф. Биометрия. Москва: Высшая школа, 1980. 293 с.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Колос, 1979. 416 с.
- Мамаев С.А. Основные принципы методики исследования внутривидовой изменчивости древесных растений // Индивидуальная и эколого-географическая изменчивость растений. 1975. С. 3–14.
- Афифи А., Эйзен С. Статистический анализ: подход с использованием ЭВМ / пер. с англ. Енюкова И.С., Новикова И.Д. Москва: Мир, 1982. 488 с.

REFERENCES

- Trepets S.A., Akatov V.V. *Redkiye vidy i ikh sokhraneniye* [Rare species and their conservation]. Maykop, IE Voinov D.V. Publ., 2019, 178 p. (In Russian)
- Gorbunov Yu.N., Dzybov D.S., Kuzmin Z.E., Smirnov I.A. *Metodicheskiye rekomendatsii po reintroduktsii redkikh i ischezayushchikh vidov rasteniy (dlya botanicheskikh sadov)* [Methodological recommendations for the reintroduction of rare and endangered plant species (for botanical gardens)]. Tula, Griff i K Publ., 2008, 56 p. (In Russian)
- Frankel O.H., Soule M.M. Conservation and evolution. Cambridge, Cambridge University Press Publ., 1981, 327 p.
- Magomedmirzaev M.M. *Analiz struktury izmenchivosti morfologicheskikh priznakov vysshikh rasteniy i yego ispol'zovaniye v reshenii obshchikh i prikladnykh zadach populyatsionnoy biologii (Problemy fenetiki rasteniy)* [Analysis of the structure of variability of morphological characters of higher plants and its use in solving general and applied problems of population biology (Problems of plant phenetics)]. Makhachkala, 1977, 36 p. (In Russian)
- Magomedmirzaev M.M. Ways to identify and use genetic resources of higher plants. Itogi nauki i tekhniki. Seriya. Obshchaya genetika [Results of Science and Technology. Series. General genetics]. 1978, vol. 3, pp. 130–168. (In Russian)
- Magomedova M.A. Results of assessment of some characteristics of *Matthiola caspica* in natural communities of the arid foothills of Dagestan. In: *Trudy Instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo tsentra RAN* [Proceedings of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2015, no. 65, pp. 130–133. (In Russian)
- Osmanov R.M., Ayskhanova E.S., Rasulov Z.R. Variability of morphological traits of the generative shoot of *Matthiola Caspica* (Busch) Grossh. in Piedmont Dagestan. II International Conference “Problems of Nature Management and Environmental Protection” (ASE-2023). BIO Web of Conf. 2023, vol. 63, no. 06003. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236306003>
- Osmanov R.M., Vagabova F.A., Islamova F.I. Preliminary analysis of some characteristics of morphology, seed productivity and phenolic compounds of the rare species *Matthiola caspica*. Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Yestestvennyye i tochnyye nauki [News of the Dagestan State Pedagogical University. Natural and exact sciences]. 2020, vol. 14, no. 3, pp. 46–54. (In Russian)
- Magomedova M.A., Guseynova Z. Age spectrum of the cenopopulation of *Matthiola caspica* in the Talginsky gorge of Piedmont Dagestan. In: *Trudy Instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo tsentra RAN* [Proceedings of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2016, no. 67, pp. 141–144. (In Russian)

10. Magomedova M.A., Guseinova Z.G. Vitality analysis of the cenopopulation of *Matthiola caspica* (N. Busch) Grossh. in the Talginsky gorge of Foothill Dagestan. Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 1: Yestestvennyye nauki [Bulletin of the Dagestan State University. Series 1: Natural Sciences]. 2017, vol. 32, no. 3, pp. 104–110. (In Russian)
11. Murtazaliev R.A., Teymurov A.A. *Matthiola daghestanica* (N. Busch.) Grossh. Krasnaya kniga Respubliki Dagestan [Red Book of the Republic of Dagestan]. 2009, 167 p. (In Russian)
12. Murtazaliev R.A. *Matthiola daghestanica* (N. Busch.) Grossh. Krasnaya kniga Respubliki Dagestan [Red Book of the Republic of Dagestan]. 2020, pp. 277–278. (In Russian)
13. Osmanov R.M. Distribution of the rare and endemic species *Matthiola daghestanica* in Dagestan. Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [News of the Orenburg State Agrarian University]. 2022, no. 3(95), pp. 86–90. (In Russian)
14. Rabortnov T.A. Issues of studying the composition of populations for the purposes of phytocenology. *Problemy botaniki* [Problems of botany]. Moscow–Leningrad, Nauka Publ., 1950, vol. 1, pp. 465–483. (In Russian)
15. Uranov A.A. The age spectrum of phytopopulations as a function of the time of energy wave processes. Biologicheskiye nauki [Biological Sciences]. 1975, no. 2, pp. 7–34. (In Russian)
16. Zhukova L.A., ed. *Ontogeneticheskii atlas rastenii* [Ontogenetic atlas of plants]. Yoshkar-Ola, MarSU Publ., 2013, vol. 7, 364 p. (In Russian)
17. Zaugolnova L.B., Zhukova L.A., Komarov A.S., Smirnova O.V., Serebryakova T.I., Sokolova T.G., eds. *Tsenopopulyatsii rastenii (ocherki populyatsionnoi biologii)* [Cenopopulations of plants (essays on population biology)]. Moscow, Nauka Publ., 1988, 181 p. (In Russian)
18. Lakin G.F. *Biometriya* [Biometrics]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1980, 293 p. (In Russian)
19. Dosphehov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow, Kolos Publ., 1979, 416 p. (In Russian)
20. Mamaev S.A. Basic principles of methods for studying intraspecific variability of woody plants. Individual'naya i ekologo-geograficheskaya izmenchivost' rastenii [Individual and ecological-geographical variability of plants]. 1975, pp. 3–14. (In Russian)
21. Afifi A., Eisen S. *Statisticheskii analiz: podkhod s ispol'zovaniyem EVM* [Statistical analysis: a computer approach]. Moscow, Mir Publ., 1982, 488 p. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Руслан М. Османов собрал материал для исследования, провел камеральную и статистическую обработку, осуществил поиск литературных источников.
 Руслан М. Османов написал рукопись и несет ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Ruslan M. Osmanov collected material for the study, carried out desk and statistical processing, and searched for literary sources. Ruslan M. Osmanov also wrote the manuscript and is responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The author declares no conflict of interest.

ORCID

Руслан М. Османов / Ruslan M. Osmanov <https://orcid.org/0000-0002-4857-6354>