

Оригинальная статья / Original article

УДК 634.226 (581.47: 575.21)

DOI: 10.18470/1992-1098-2024-4-2



Внутрипопуляционная изменчивость признаков плода *Prunus divaricata* Ledeb. в условиях Внутригорного Дагестана

Джалалудин М. Анатов

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Джалалудин М. Анатов, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории комплексных исследований природных ресурсов Западно-Каспийского региона Прикаспийского института биологических ресурсов ДФИЦ РАН; 367000 Россия, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, 45.
Тел. +79882696299
Email djalal@list.ru
ORCID <http://orcid.org/0000-0002-6725-4086>

Формат цитирования

Анатов Д.М. Внутрипопуляционная изменчивость признаков плода *Prunus divaricata* Ledeb. в условиях Внутригорного Дагестана // Юг России: экология, развитие. 2024. Т.19, N 4. С. 19-27. DOI: 10.18470/1992-1098-2024-4-2

Получена 14 июня 2024 г.

Прошла рецензирование 26 августа 2024 г.

Принята 16 сентября 2024 г.

Резюме

В работе приведены результаты анализа внутрипопуляционной изменчивости и фенотипического разнообразия признаков плода *Prunus divaricata* Ledeb. в условиях Внутригорного Дагестана.

Фенотипическая изменчивость исследована в изолированной популяции алычи, произрастающая на Гунибском плато в верхних высотных пределах распространения вида (1600–1850 м). Для количественного и качественного учёта было отобрано 30 особей в зрелом генеративном состоянии. Морфологическое описание и измерения проводилось по количественным и качественным признакам плода, косточки и семени.

Отмеченная популяция характеризуется низким фенотипическим варьированием по качественным признакам с преобладанием очень мелких (до 5 г) плодов (66,7 %) с овальной формой плода (80 %) и желтой окраской кожицы (56,6 %), по вкусу кислые и кисло-сладкие (93,3 %). Косточки в основном очень мелкие с овальной формой (50 %).

Методами кластеризации, многомерного шкалирования и К-средних количественных признаков плода, косточки и семени установлено наличие трех кластеров (групп) особей в популяции. Первую группу образовали фенотипы с самыми низкими значениями по всем информативным признакам, условно «мелкоплодные», вторую группу образовали особи с относительно крупными размерами плода, мякоти и толщиной плодоножки – «крупноплодные», третью группу составили фенотипы средних размеров плода и высокими значениями косточки и семени – «крупнокосточковые». Результаты однофакторного дисперсионного анализа показали достоверные и высокие различия между кластерами по всем учтенным признакам.

Ключевые слова

Алыча растопыренная, внутрипопуляционная изменчивость, фенотипическое разнообразие, качественные и количественные признаки, плоды, эндокарпий, Внутригорный Дагестан.

Intrapopulation variability of fruit traits of *Prunus divaricata* Ledeb. in conditions of intramontane Dagestan, Russia

Dzhalaludin M. Anatov

Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

Principal contact

Dzhalaludin M. Anatov, PhD in Biological Sciences, Leading Researcher, Laboratory for Comprehensive Research of Natural Resources of the West Caspian Region, Caspian Institute of Biological Resources, Dagestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, 45 M. Gadzhiev St, Makhachkala, Russia 367000.
Tel. +79882696299
Email djalal@list.ru
ORCID <http://orcid.org/0000-0002-6725-4086>

How to cite this article

Anatov D.M. Intrapopulation variability of fruit traits of *Prunus divaricata* Ledeb. in conditions of intramontane Dagestan, Russia. *South of Russia: ecology, development*. 2024; 19(4):19-27. (In Russ.)
DOI: 10.18470/1992-1098-2024-4-2

Received 14 June 2024

Revised 26 August 2024

Accepted 16 September 2024

Abstract

The paper presents the results of the analysis of intrapopulation variability and phenotypic diversity of traits in the fruit of *Prunus divaricata* Ledeb. in the conditions of intramontane Dagestan.

Phenotypic variability was studied in an isolated population of cherry plum, growing on the Gunib plateau in the upper altitudinal limits of the species' distribution (1,600–1,850 m). For quantitative and qualitative recording, 30 individuals in a mature generative state were selected. Morphological descriptions and measurements were carried out based on quantitative and qualitative characteristics of the fruit, pit and seed.

The population investigated is characterized by low phenotypic variation in quality characteristics with a predominance of very small (up to 5 g) fruits (66.7 %) with an oval fruit shape (80 %) and yellow skin color (56.6 %), sour and sweet-sour in taste (93.3 %). The seeds are often very small and oval in shape (50 %).

Using the methods of clustering, multidimensional scaling and K-means of quantitative traits of the fruit, pit and seed, the presence of three clusters (groups) of individuals in the population was established. The first group was formed by phenotypes with the lowest values for all informative characteristics, conventionally termed 'small-fruited', the second group was formed by individuals with relatively large sizes of the fruit, flesh and thickness of the fruit-stalk – 'large-fruited' and the third group was made up of phenotypes of medium-sized fruit and high values of pit and seed – 'large stoned'. The results of one-way analysis of variance showed significant and high differences between clusters for all characteristics taken into account.

Key Words

Cherry plum, intrapopulation variability, phenotypic diversity, qualitative and quantitative traits, fruits, endocarp, intramontane Dagestan.

ВВЕДЕНИЕ

Дикие сородичи плодовых культур Кавказа издавна привлекают внимание ботаников и практиков растениеводов [1]. Наибольшее разнообразие произрастающих здесь видов относится к семейству Rosaceae. В Дагестане наиболее многочисленная группа относится к подсемейству Prunoideae, в большинстве из них полиморфные виды, как например: *Prunus armeniaca* L. – абрикос обыкновенный, *P. divaricata* Ledeb. – алыча растопыренная, *P. spinosa* L. – терн, *Cerasus avium* (L.) Moench – черешня, *Microcerasus incana* (Pall.) M. Roem. – микровишня седая и другие.

Среди плодовых культур особое место занимает алыча растопыренная (*Prunus divaricata* Ledeb.). Наибольшую ценность представляют плоды – сочные костянки длиной 10–50 мм, обычно округлой, яйцевидной или удлиненной формы без опушения, от бледно-желтых до почти черных, с восковым налетом. Мякоть преимущественно нежная, водянистая или мучнистая; желтая, красная или розовая. Косточка (эндокарпий) от укороченной, почти круглой до саблевидной и удлиненной (5–25 мм длина, 8–18 мм ширина). Поверхность косточки гладкая, шероховатая или ямчатая. Как плодовой кустарник алыча культивируется в южной части России, также используется в озеленении, особенно как рано и пышно цветущий кустарник. Современное распространение в пределах России – южные области России, Северный Кавказ, где посадки занимают более 10 тыс. га. В Дагестане природные популяции алычи распространены в Предгорном и во Внутригорном Дагестане до 2000 м над уровнем моря, на щебнистых и каменистых склонах, среди зарослей кустарников, на опушках и вдоль дорог [2–8].

Начальным этапом изучения биологического разнообразия является оценка структуры изменчивости природных популяций [9; 10]. Экологические условия играют важную формообразующую роль в выявлении пластичности видов, их приспособленности к колебаниям условий внешней среды, благодаря высокому полиморфизму внутривидовой структуры. Эти виды имеют особый интерес, так как их биоморфологические особенности отражают градиентные адаптации и могут быть показателями условий местообитаний [11; 12]. Широкая амплитуда условий произрастания подразумевает и более широкую полиморфность и изменчивость видов [13]. Наибольшую ценность при изучении внутривидовой изменчивости растений представляет анализ количественных морфологических признаков, так как именно они часто связаны с адаптивными свойствами организма. Исследование фенотипического разнообразия популяций позволяет установить закономерности внутривидовой изменчивости и описать популяционную структуру вида [14].

Цель работы – оценка фенотипической изменчивости изолированной дикорастущей популяции алычи по количественным и качественным признакам плода с применением комплекса статистических методов анализа.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе исследовалась крупная изолированная популяция алычи, расположенная во Внутригорном Дагестане на Гунибском плато у верхних пределов

распространения вида (1600–1850 м над уровнем моря, южный склон г. Калигер). Эта популяция имеет, по всей вероятности, антропогенное происхождение. Алыча здесь произрастает отдельными группами на послелесных участках по склонам и террасам (остаткам старинного земледелия) преимущественно южной экспозиции. Всего было обследовано более 150 особей, из которых для количественного и качественного учёта было взято 30 особей в зрелом генеративном состоянии. В изучавшейся выборке широко представлены основные жизненные формы: одноствольные и многоствольные деревья, и в виде кустарников [15].

Для изучения фенотипической изменчивости морфологических признаков плода с каждого растения отбирали по 10 плодов равномерно со всех сторон кроны. Камеральная обработка материала проводилась по линейным и весовым признакам плода, косточки и семени, а также учитывалась толщина плодоножки. Измерения для размерных признаков проведены штангенциркулем с точностью до 0,01 мм, весовых – на электронных весах с точностью до 1 мг.

Морфологическое описание качественных признаков плода и косточки проводилась исходя из общепринятых методик и с учетом наших дополнений [16; 17]. Унификация шкал качественных признаков для кластерного анализа проведена по разработанным методикам [18; 19].

Применялись методы описательной статистики (средние и их ошибки, коэффициент вариации), кластерного анализа (кластеризация особей проводилась по средним значениям признака методом Варда с использованием стандартизации вариационного ряда), многомерное шкалирование Гутмана-Лингоуса, К-средних, дисперсионный анализ, критерий Тьюки с применением системы обработки данных Statistica v.13.3, PAST v.4.03.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При проведении исследований внутривидовой изменчивости важное значение имеет вскрытие латентных (скрытых) групп особей популяции на основе сходства и различий их морфоструктуры.

Для выделения таких групп предварительно проведена кластеризация и многомерное шкалирование 13 морфологических параметров плода у 30 особей, которая показала, что учтенные особи группируются на три основных кластера (группы). Первый кластер образовали 16 особей, второй кластер – 4, третий – 10 (рис. 1).

Для интерпретации полученной конфигурации был использован метод К-средних у трех групп с использованием стандартизованных средних значений (среднее=0, станд.откл.=1). По итогам анализа выделены наиболее информативные признаки для 3 кластеров (рис. 2). Первый кластер характеризовался низкими значениями по всем информативным признакам ($X < 0$), условно выделенные как «мелкоплодные». Во второй кластер вошли особи с самыми крупными по размерам плода, выходу мякоти и толщине плодоножки, при этом средние значения косточки и семени – «крупноплодные». В третий кластер вошли особи со средними значениями размеров плода и высокими значениями косточки и семени – «крупнокосточковые».

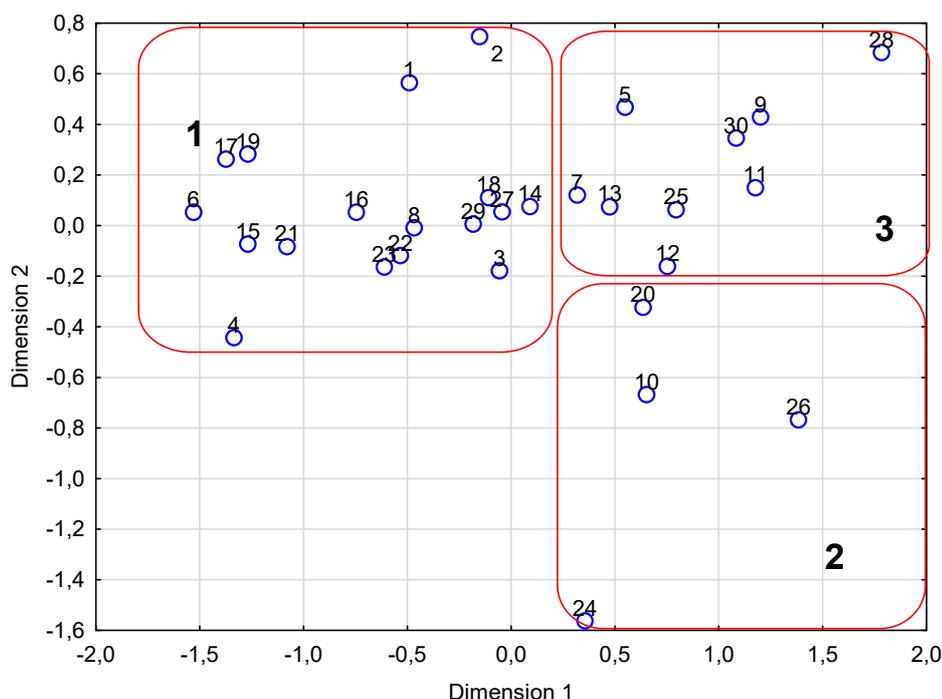


Рисунок 1. График окончательной конфигурации особей алычи в двумерном пространстве по количественным признакам плода

Figure 1. Graph of the final configuration of cherry plum individuals in two-dimensional space according to the quantitative characteristics of the fruit

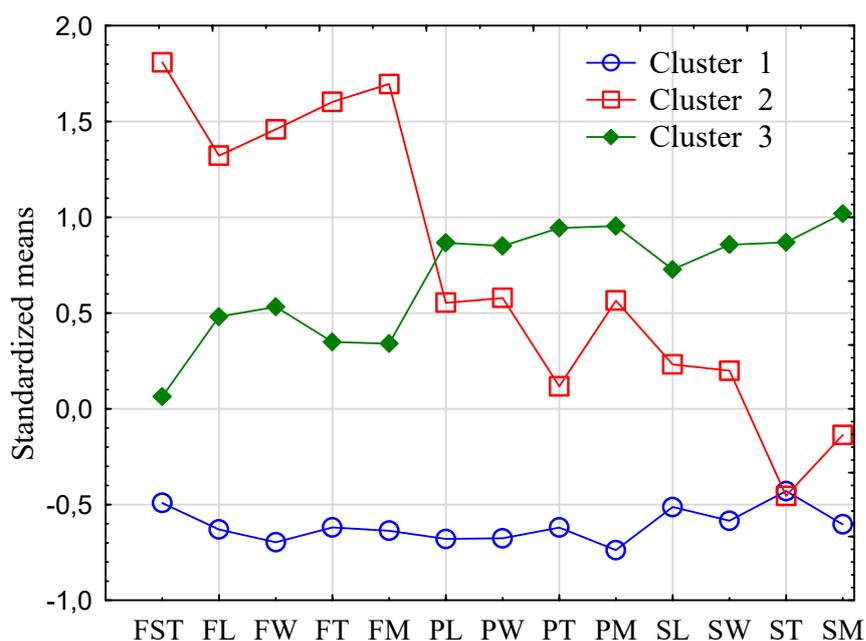


Рисунок 2. Линейный график стандартизованных средних трех кластеров методом K-средних

Примечание: здесь и далее FST – толщина ножки, FL – длина плода, FW – ширина плода, FT – толщина плода, FM – масса мякоти, PL – длина косточки, PW – ширина косточки, PT – толщина косточки, PM – масса косточки, SL – длина семени, SW – ширина семени, ST – толщина семени, SM – масса семени

Figure 2. Line graph of standardised means for three clusters using the K-means method

Note: here and below FST – fruit-stalk thickness, FL – fruit length, FW – fruit width, FT – fruit thickness, FM – flesh mass, PL – pit length, PW – pit width, PT – pit thickness, PM – pit mass, SL – seed length, SW – seed width, ST – seed thickness, SM – seed mass

Полученные кластеры сопоставлялись по долям влияния различий между особями в общей изменчивости, полученным в однофакторном дисперсионном анализе (табл. 1). Проведенный дисперсионный анализ выявил достоверные различия между кластерами по всем признакам. Наибольшие различия

между кластерами отмечаются по признакам плода, наименьшие – по семени.

Если сравнивать попарно кластеры с использованием апостериорного теста по критерию Тьюки, то заметна более высокая обособленность кластера 1 «мелкоплодная» от кластера 3 «крупнокосточковая». Кластеры 2 «крупноплодная» и

3 «крупнокосточковая», обособлены друг от друга по массе мякоти, толщине ножки и плода. Отмеченные недостоверные различия между ними по другим параметрам возможно связаны с маленькими размерами групп. Также, возможно наличие

переходных форм между ними. Отмечено важное значение толщины плодоножки при разграничении групп. Достоверные различия между крупноплодными фенотипами от мелко- и среднеплодных говорит о его генетически обусловленной связи с крупноплодностью.

Таблица 1. Итоги однофакторного дисперсионного и апостериорного анализа с группирующей переменной – кластеры

Table 1. Results of ANOVA and post hoc analysis with a grouping variable – clusters

Признаки Traits	Между		Внутри		F	p	η^2 , %	Критерий Тьюки		
	SS		SS					Tukey test		
	Between SS (df=2)	Within SS (df=27)						1/2	1/3	2/3
FST	17,00	12,00	19,12	0,0000	58,6***	***	–	**		
FL	15,65	13,35	15,82	0,0000	54,0***	**	**	–		
FW	19,12	9,88	26,12	0,0000	65,9***	***	***	–		
FT	17,63	11,37	20,92	0,0000	60,8***	***	**	*		
FM	19,14	9,86	26,19	0,0000	66,0***	***	**	*		
PL	16,13	12,87	16,91	0,0000	55,6***	*	***	–		
PW	15,88	13,12	16,34	0,0000	54,8***	*	***	–		
PT	15,12	13,88	14,70	0,0000	52,1***	–	***	–		
PM	19,07	9,93	25,94	0,0000	65,8***	*	***	–		
SL	9,69	19,31	6,78	0,0041	33,4**	–	**	–		
SW	12,96	16,04	10,91	0,0003	44,7***	–	***	–		
ST	11,32	17,68	8,65	0,0013	39,0**	–	**	–		
SM	16,29	12,71	17,30	0,0000	56,2***	–	***	–		

Примечание: η^2 , % – компоненты дисперсии; уровни значимости * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$;

прочерк – отсутствие достоверных различий

Note: η^2 , % – components of variance; significance levels * – $p < 0.05$; ** – $p < 0.01$; *** – $p < 0.001$;

line – no significant differences

Сравнительный анализ выделенных кластеров по описательным статистикам также подтвердил результаты анализа К-средних, а именно, различия между кластерами наиболее существенны по линейным и весовым признакам плода и семени (табл. 2). Например, масса мякоти в кластере 2 составила в среднем 6,1 г, а в кластере 1 – 3,6 г. Диаметр плодоножки у крупноплодных составляет

почти 1 мм (0,91 мм), а у мелкоплодных в среднем 0,66 мм.

Анализ изменчивости по коэффициенту вариации (CV) на внутрикластерном уровне показал, что наиболее стабильными признаками оказались линейные признаки плода, косточки и семени, за исключением толщины ножки (таблица 2). Весовые признаки характеризовались средним уровнем варьирования.

Таблица 2. Сравнительная характеристика выделенных кластеров по признакам плода алычи на Гунибском плато

Table 2. Comparative characteristics of clusters identified according to the characteristics of the cherry plum fruit on the Gunib plateau

Признаки Traits	Кластеры / Clusters						Σ (n=300)	
	1 (n=160)		2 (n=40)		3 (n=100)			
	X \pm Sx	CV,%	X \pm Sx	CV,%	X \pm Sx	CV,%	X \pm Sx	CV,%
FST	0,66 \pm 0,005	10,0	0,91 \pm 0,016	11,3	0,72 \pm 0,012	17,2	0,71 \pm 0,007	17,3
FL	19,7 \pm 0,11	7,0	22,6 \pm 0,19	5,2	21,3 \pm 0,12	5,5	20,6 \pm 0,10	8,1
FW	18,1 \pm 0,09	6,0	21,6 \pm 0,27	8,0	20,1 \pm 0,11	5,4	19,2 \pm 0,10	9,2
FT	18,3 \pm 0,10	7,0	21,9 \pm 0,23	6,6	19,9 \pm 0,11	5,6	19,3 \pm 0,10	9,2
FM	3,6 \pm 0,05	18,1	6,1 \pm 0,19	20,1	4,6 \pm 0,07	14,2	4,3 \pm 0,07	26,5
PL	12,9 \pm 0,07	7,1	14,3 \pm 0,17	7,7	14,6 \pm 0,08	5,7	13,7 \pm 0,07	8,8
PW	9,2 \pm 0,05	7,3	10,3 \pm 0,13	7,8	10,5 \pm 0,06	5,9	9,8 \pm 0,05	9,4
PT	6,8 \pm 0,05	8,4	7,3 \pm 0,05	4,8	7,8 \pm 0,05	6,9	7,2 \pm 0,04	10,0
PM	0,42 \pm 0,005	16,0	0,57 \pm 0,017	18,3	0,62 \pm 0,009	15,1	0,51 \pm 0,007	24,8
SL	9,6 \pm 0,06	8,0	10,2 \pm 0,14	8,6	10,6 \pm 0,08	7,1	10,1 \pm 0,05	9,0
SW	5,9 \pm 0,05	9,8	6,3 \pm 0,06	5,5	6,7 \pm 0,04	5,4	6,2 \pm 0,04	9,9
ST	4,7 \pm 0,04	9,8	4,7 \pm 0,07	10,0	5,4 \pm 0,05	9,2	4,9 \pm 0,03	11,5
SM	0,13 \pm 0,002	20,4	0,14 \pm 0,003	12,8	0,18 \pm 0,003	16,8	0,15 \pm 0,002	24,7

В заключение стоит отметить, что между кластерами наблюдаются различия по степени скоррелированности признаков внутри кластеров. В целом в кластерах 1 и 3 выше скоррелированность признаков, по сравнению с кластером 2, где отмечены слабые зависимости между признаками плода и косточки.

Выделенный кластеры можно классифицировать от условно «дикого» (кластер 1) до «культурного» (кластер 2), где третий кластер является «переходной».

В Гунибской популяции также оценено фенотипическое разнообразие по качественным

признакам плода. Форма плода очень часто используется в качестве основного признака при описании сортов. Она, как правило, мало варьирует внутрикритиконо. По форме плода выделено 4 группы растений (табл. 3) при этом подавляющее большинство имело овальную (80 %) форму, на округлых приходится (10 %), единично встречается яйцевидная (6,7 %) и удлинено-овальная (3,3 %). По размерам плода подавляющее большинство отнесено к очень мелким (66,7 %) и мелким (30 %), с относительно средними размерами (8–10 г) были обнаружены единичные особи. По окраске кожицы выделено три группы: с желтой (56,7 %) и красной (43,3 %), реже розовой (6,7 %). Не отмечено разнообразия по окраске мякоти плода, все генотипы имеют желтую окраску. По вкусу плода кислые (53,3 %) кисло-сладкие (40 %), редко сладкие (6,7 %). В целом косточки не отделяются от мякоти (70 %), у трети образцов она трудная (30,0 %).

Большинство растений в данной популяции имеет овальную (50 %) реже удлинено-овальную

(23,3 %) и яйцевидную (20 %) форму косточки. Размеры косточек, как и плодов в основном очень мелкие (50 %) и мелкие (43,3 %) с узкоокруглыми верхушками и основаниями, чаще толстые косточки и узкими межребристыми. Киль косточки почти у всех слабо выражен, с гладкими боковыми ребрами. Поверхность косточки у многих почти гладкая.

Проведенный кластерный анализ (UPGMA) 29 качественных признаков плода популяции алычи в условиях Гунибского плато показал низкие различия внутри популяции (рис. 3). Из общей массы особей выделился образец №19 с уникальным сочетанием признаков. Характерными его особенностями являлись округлый ассиметричный желтый плод с розовым румянцем, яйцевидной косточкой с хорошо выраженным килем и широкими ребрами. Также выделяется образец №24 с относительно большими размерами плода с розовой окраской и красным румянцем, сладкой мякотью и мелкой косточкой, возможно имеющий культивированное происхождение.

Таблица 3. Характеристика гунибской популяции *P. divaricata* по качественным признакам плода
Table 3. Characteristics of the Gunib population of *P. divaricata* based on qualitative characteristics of the fruit

Признак Trait	Градация Gradation	%	Признак Trait	Градация Gradation	%
длина плодоножки fruit-stalk thickness length	очень короткая very short	36,7	вкус мякоти taste of flesh	сладкая / sweet	6,7
	короткая / short	53,3		кисло-сладкая sweet-sour	40,0
	средняя / average	10,0		кислая / sour	53,3
толщина плодоножки fruit-stalk thickness	тонкая / thin	90,0	отделяемость косточки adherence of stone to flesh	не отделяется / absent	70,0
	средняя / average	10,0		отделяется плохо very weak	30,0
форма плода fruit shape	удлинено-овальная oblong	3,3	форма косточки shape of stone	удлинено-овальная oblong	23,3
	овальная / elliptic	80,0		овальная / elliptic	50,0
	округлая / circular	10,0		яйцевидная / ovate	20,0
	яйцевидная ovate	6,7		обратнойяйцевидная obovate	6,7
размер плода fruit size	очень мелкий very small	66,7	размер косточки size of stone	очень мелкая / very small	50,0
	мелкий / small	30,0		мелкая / small	43,3
	средний / average	3,3		средняя / average	6,7
Симметричность symmetry	симметричные symmetrical	76,7	окраска свежей косточки colouring	кремовая / creamy	6,7
	ассиметричные asymmetrical	23,3		светло-коричневая light-brown	86,7
форма верхушки плода fruit tip shape	вдавленная depressed	33,3	форма верхушки косточки shape of stone top	коричневая / brown	6,7
	плоская / truncate	46,7		широкоокруглая oblate	20,0
	овальная / rounded	16,7		узкоокруглая / narrow	63,3
форма основания плода fruit base shape	заостренная / acute	3,3	форма основания косточки shape of stone base	заостренная / acute	16,7
	вдавленная depressed	26,7		широкоокруглая oblate	6,7
	округлая / rounded	73,3		узкоокруглая / narrow	63,3
глубина ямки hole depth	мелкая / small	23,3	глубина ямки hole depth	вытянутое / oblong	26,7
	средняя / average	76,7		сильновытянутое very oblong	3,3
глубина брюшного шва ventral suture depth	отсутствует / raised	96,7	углощенность косточки thickness	уплощенная / thin	3,3
	слаборазвитая slightly sunken	3,3		среднеполная / medium	43,3

цвет кожицы ground colour of skin	желтая / yellow	56,7		толстая / thick	53,3
	розовая / pink	6,7	ширина	узкая / narrow	53,3
	красная / red	43,3	ребер	средняя / medium	26,7
покровная окраска pattern of over colour	отсутствует / absent	60,0	ribs width	широкая / broad	20,0
	розовая / pink	16,7	высота	малая / low	43,3
	красная / red	6,7	киля	средняя / medium	40,0
	бордовая /dark-red	16,7	keel height	большая / large	16,7
размер румянца relative area of over colour	отсутствует absent	60,0	выраженность киля	слабая / weak	83,3
	маленький / small	26,7	keel type	средняя / medium	13,3
	средний / average	10,0		сильная / strong	3,3
	большой / large	3,3	тип боковых ребер	бороздчатые / sulcate	16,7
отделяемость кожицы adherence of flesh to skin	не отделяется absent	73,3	ребер lateral ribs type	гладкие / smooth	83,3
	отделяется плохо very weak	26,7	характер киля	острый / sharp	23,3
окраска полости hollow colour	однотипная homotypic	96,7	keel character	тупой / obtuse	76,7
	розовая / pink	3,3	поверхность косточки	гладкая / smooth	23,3
консистенция мякоти firmness of flesh	средняя / medium	76,7	relief of surface	почти гладкая slightly bumpy	50,0
	плотная / firm	23,3		мелкоямчатая / foveolate	26,7

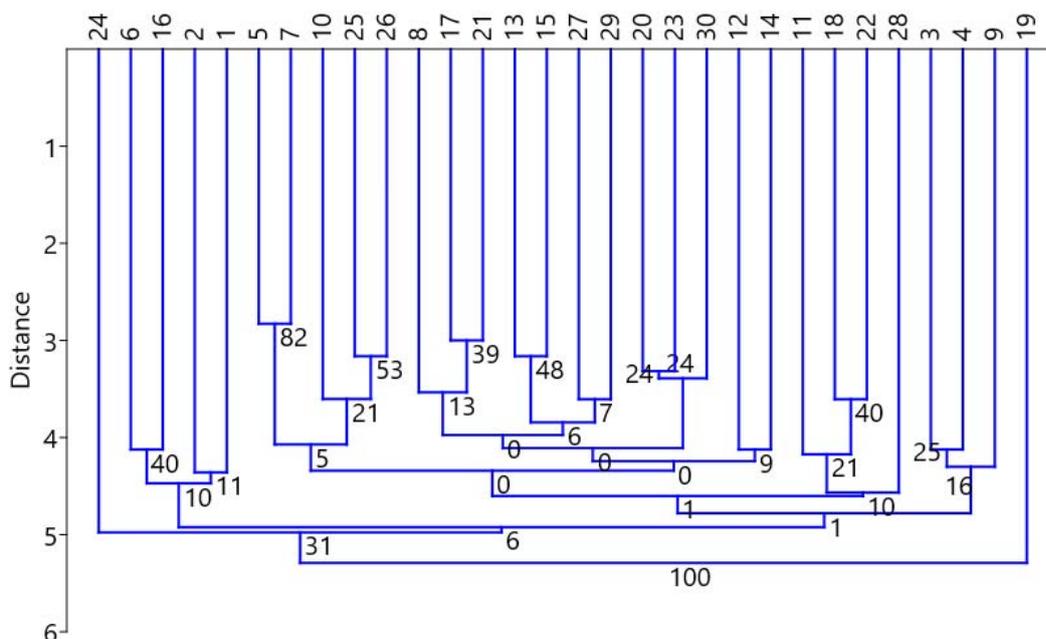


Рисунок 3. Кластеризация фенотипического сходства особей алычи методом UPGMA

Figure 3. Clustering of phenotypic similarity of cherry plum individuals using the UPGMA method

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ внутривидовой изменчивости по выявлению латентных (скрытых) групп особей популяции на основе кластеризации, многомерного шкалирования и метода К-средних по количественным признакам плода, косточки и семени показал наличие морфологической дифференциации особей на три кластера (группы).

В первый кластер вошли особи с низкими значениями по всем информативным признакам, второй кластер образовали особи с самыми крупными размерами плода и мякоти, толщине плодоножки, при этом значения косточки и семени средние-мелкие, в третий кластер вошли особи со средними по размеру плода и высокими значениями косточки и семени.

Результаты однофакторного дисперсионного анализа выявило достоверные и высокие различия между кластерами по всем учетным признакам.

Попарное сравнение выделенных групп особей по критерию Тьюки показал достоверные различия между всеми группами по толщине плода и массе мякоти. Наибольшие различия между группами отмечены для кластеров 1 и 3. Отмечено существенное значение толщины плодоножки для выделения крупноплодных форм, что может иметь практическое значение для селекции.

Отмеченная популяция характеризуется низким фенотипическим варьированием по качественным признакам с преобладанием очень мелких (до 5 г) плодов (66,7 %) с овальной формой

плода (80 %) и желтой окраской кожицы (56,6 %) без румянца (60 %), по вкусу кислые и кисло-сладкие (93,3 %), в основном очень мелкими и овальными косточками (50 %). Выделены генотипы как источники ценных признаков.

Методы кластерного анализа (UPGMA) и многомерного шкалирования (PCoA) подтверждают низкие различия внутри популяции по фенетическому разнообразию плодов. Полученные данные могут свидетельствовать о длительности существования и изолированности гүнибской популяции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Юшев А.А., Орлова С.Ю. Дикорастущие виды вишен Кавказа, Центральной Азии и Дальнего Востока и их использование в селекции // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. Т. 180. N 3. С. 59–62. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-3-59-62>
2. Ковалев Н.В. Экологическая дифференциация алычи – *Prunus cerasifera* Ehrh. (s. l. Kov.) // Доклады Академии наук СССР. 1939. Т. 23. С. 285–288.
3. Ковалев Н.В. Алыча в природе, культуре и селекции. Ташкент: Изд-во Акад. наук УзССР, 1955. 212 с.
4. Гроссгейм А.А. Флора Кавказа. 2-е изд. М.Л.: Изд-во АН СССР, 1952. Т. 5: Rosaceae – Leguminosae. 455 с.
5. Еремин Г.В. Алыча. М.: Колос, 1969. 168 с.
6. Бахтеев Ф.Х. Важнейшие плодовые растения. М.: Просвещение, 1970. 351 с.
7. Лунева Н.Н. Виды алычи флоры СССР, их систематика и география. Дисс. канд. биол. наук. Л., 1985. 242 с.
8. Витковский В.Л. Плодовые растения мира. СПб-М.-Краснодар: Лань, 2003. 592 с.
9. Магомедмирзаев М.М. Пути выявления и использования генетических ресурсов высших растений // Журнал общей генетики. 1978. Т. 3. С. 130–168.
10. Солбринг О., Солбринг Д. Популяционная биология и эволюция. М.: Мир, 1982. 488 с.
11. Williams G.C. Retrospect on modular organism // Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. 1986. V. 313. N 1159. pp. 245–250.
12. Анатов Д.М. Изменчивость морфологических признаков генеративного побега природных популяций *Psathyrostachis daghestanica* (Alexeenko) Nevski // Материалы XIV Международной конференции «Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России», Махачкала, 5-7 ноября, 2012. С. 284–285.
13. Мусаев А.М., Раджабов Г.К., Алиев А.М., Исламова Ф.И. Экспериментальное изучение структуры изменчивости природных популяций *Origanum vulgare* L. из Горного Дагестана // Юг России: экология, развитие. 2023. Т. 18. N 3. С. 81–94. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2023-3-81-94>
14. Абакарова Б.А., Асадулаев З.М. Внутрипопуляционная изменчивость признаков *Rosa oxyodon* Boiss. на Гүнибском плато // Юг России: экология, развитие. 2008. Т. 3. N 4. С. 42–46.
15. Гриценко Л.А. Изменчивость количественных признаков в природных популяциях алычи (*Prunus divaricata* Led.) в Дагестане. Дисс. канд. биол. наук. Ленинград: ЛГУ, 1989. 154 с.
16. Витковский В., Мельникова К., Гаврилина Э., Корнейчук В. Широкий унифицированный классификатор ЭСВ рода *Prunus* L.: ВИР, 1988. 36 с.
17. УРОВО. *Prunus* L. TG/187/2. International Union for Protection of new Varieties of Plants. Geneva, 2014. 30 p.
18. Смирязев А.В., Исачкин А.В., Панкина Л.К. Моделирование в биологии и сельском хозяйстве: уч. пособие. Издание 3-е исправленное. М.: РГАУ-МСХА, 2015. 153 с.
19. Исачкин А.В., Крючкова В.А. Использование многомерных статистических методов для фенетической классификации видов яблони (*Malus* Mill) // АгроЭкоИнфо. 2016. N 3(25). С. 1–7.

REFERENCES

1. Yushev A.A., Orlova S.Yu. Wild sour cherry species of the Caucasus, Central Asia and the Far East and their use in breeding. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 2019, vol. 180, no. 3, pp. 59–62. (In Russian) <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-3-59-62>
2. Kovalev N.V. Ecological differentiation of cherry plum – *Prunus cerasifera* Ehrh. (s. l. Kov.). *Doklady Akademii nauk SSSR* [Reports of the USSR Academy of Sciences]. 1939, vol. 23, pp. 285–288. (In Russian)
3. Kovalev N.V. *Alycha v prirode, kul'ture i selektsii* [Cherry plum in nature, culture and selection]. Tashkent, Academy of Sciences of the Uzbek SSR Publ., 1955, 212 p. (In Russian)
4. Grossgeim A.A. *Flora Kavkaza. 2-e izd. Rosaceae – Leguminosae* [Flora of the Caucasus. 2nd ed. Rosaceae – Leguminosae]. Moscow- Leningrad, USSR Academy of Sciences Publ., 1952, vol. 5, 455 p. (In Russian)
5. Eremim G.V. *Alycha* [Cherry plum]. Moscow, Kolos Publ., 1969, 168 p. (In Russian)
6. Bakhteev F.Kh. *Vazhneyshiy plodovyye rasteniya* [The most important fruit plants]. Moscow, Prosveshchenie Publ., 1970. 351 p. (In Russian)
7. Luneva N.N. *Vidy alychi flory SSSR, ikh sistematika i geografiya* [Types of cherry plum in the USSR flora, their taxonomy and geography]. Diss. Ph.D. biol. Sci. Leningrad, 1985, 242 p. (In Russian)
8. Vitkovskiy V.L. *Plodovyye rasteniya mira* [Fruit plants of the world]. St. Petersburg-Moscow-Krasnodar, Lan' Publ., 2003, 592 p. (In Russian)
9. Magomedmirzaev M.M. Ways to identify and use genetic resources of higher plants. *Zhurnal obshchey genetiki* [Journal of General Genetics]. 1978, vol. 3, pp. 130–168. (In Russian)
10. Solbring O., Solbring D. *Populyatsionnaya biologiya i evolyutsiya* [Population biology and evolution]. Moscow, Mir Publ., 1982, 488 p. (In Russian)
11. Williams G.C. Retrospect on modular organism. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.* 1986, vol. 313, no. 1159, pp. 245–250.
12. Anatov D.M. Izmenchivost' morfologicheskikh priznakov generativnogo pobega prirodnykh populyatsiy *Psathyrostachis daghestanica* (Alexeenko) Nevski [Variability of morphological characters of generative shoots of natural populations of *Psathyrostachis daghestanica* (Alexeenko) Nevski]. *Materialy XIV Mezhdunarodnoy konferentsii «Biologicheskoye raznoobrazie Kavkaza i Yuga Rossii», Makhachkala, 5-7 noyabrya 2012* [Proceedings of the XIV International Conference “Biological Diversity of the Caucasus and Southern Russia”, Makhachkala, November 5-7, 2012]. Makhachkala, 2012, pp. 284–285. (In Russian)
13. Musaev A.M., Radzhabov G.K., Aliyev A.M., Islamova F.I. Experimental study of the structure of variability of natural populations of *Origanum vulgare* L. from mountainous Dagestan, Russia. *South of Russia: ecology,*

development, 2023, vol. 18, no. 3, pp. 81–94. (In Russian)
<https://doi.org/10.18470/1992-1098-2023-3-81-94>

14. Abakarova B.A., Asadulaev Z.M. Intropopulation variability of *Rosa oxyodon* Boiss. indications on Gunib Plateau. *South of Russia: ecology, development*, 2008, vol. 3, no. 4, pp. 42–46. (In Russian)

15. Gritsenko L.A. *Izmenchivost' kolichestvennykh priznakov v prirodnykh populyatsiyakh alychi (Prunus divaricata Led.) v Dagestane* [Variability of quantitative traits in natural populations of cherry plum (*Prunus divaricata* Led.) in Dagestan]. Diss. Ph.D. biol. Sci. Leningrad, Leningrad State University, 1989, 154 p. (In Russian)

16. Vitkovskiy V., Melnikova K., Gavrilina E., Korneychuk V. *Shirokiy unifikirovannyi klassifikator SEV roda Prunus L.* [Wide unified classifier of the CMEA genus *Prunus* L.]

Leningrad, All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N.I. Vavilov Publ., 1988, 36 p. (In Russian)

17. UPOV. *Prunus* L. TG/187/2. International Union for Protection of new Varieties of Plants. Geneva, 2014. 30 p.

18. Smiryaev A.V., Isachkin A.V., Pankina L.K. *Modelirovaniye v biologii i sel'skom khozyaystve: uchebnoye posobiye* [Modeling in biology and agriculture: tutorial textbook]. Moscow, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy Publ., 2015, 3rd edition revised, 153 p. (In Russian)

19. Isachkin A.V., Kryuchkova V.A. Use of multivariate statistical methods for phenetic classification of apple tree species (*Malus* Mill). *AgroEkoInfo* [AgroEcoInfo]. 2016, no. 3(25), pp. 1–7. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Джалалудин М. Анатов собрал, обработал и проанализировал результаты. Автор написал рукопись и несет ответственность при обнаружении плагиата и самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Dzhalaludin M. Anatov collected, processed and analysed the results. The author wrote the manuscript and is responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Джалалудин М. Анатов / Dzhalaludin M. Anatov <http://orcid.org/0000-0002-6725-4086>