فصلنامه علوم محیطی، دوره بیست و یکم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲

۱۴۶-۱۲۹

مقاله پژوهشی

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تعیین روابط بین صفات ژنوتیپ‌های بومی سنجد استان کرمان

جواد فرخی تولیر[۱]* و محمد عابدینی اسفهلانی[۲]

[۱] بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، کرمان، ایران

[۲] بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، سمنان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۷/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲

فرخی تولیر، ج. و م. عابدینی اسفهلانی. ۱۴۰۲. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تعیین روابط بین صفات ژنوتیپ‌های بومی سنجد استان کرمان. فصلنامه علوم محیطی. ۲۱(۱): ۱۲۹-۱۴۶.

سابقه و هدف: سنجد در سطح وسیعی در ایران کاشته می‌شوند و در عین حال رویشگاه‌های طبیعی محدودی نیز از گونه‌های آن دیده می‌شود. درخت سنجد در انواع مختلف خاک‌ها و شرایط رطوبتی یافت می‌شود اما ترجیحاً در دشت‌های سیلابی و مناطق ساحلی مرطوب رشد بهتری دارد. سنجد به عنوان یکی از محصولات مهم استان کرمان از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. سطح زیر کشت و میزان تولید سنجد در استان کرمان به ترتیب ۳۰۹ هکتار و ۱۱۰۰ تن می‌باشد. در این استان، درختان بومی به‌دلیل خوش خوراکی میوه‌هایشان، عمدتاً در امتداد نهرها و حاشیه مزارع کاشته می‌شوند. با وجود چنین تنوع گسترده و با وجود پتانسیل زیاد برای تولید و صادرات این محصول داروئی و غذایی با ارزش به بازارهای جهانی، اطلاعات کمتری از تعداد گونه‌ها و تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های بومی در دسترس است. این مطالعه به‌عنوان یک بررسی مقدماتی، بیانگر وجود میزان تنوع مورفولوژیکی بالایی در ژنوتیپ‌های سنجد بومی استان بود که اهمیت استفاده از آن‌ها را در برنامه‌های به‌نژادی بعدی آشکار می‌سازد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق، شش صفت کیفی شامل شکل میوه، عطر و طعم میوه، رنگ پوست میوه، تاریخ رسیدن میوه، تاریخ گل‌دهی و شکل برگ و چهارده صفت کمی شامل طول پهنک، عرض پهنک، طول دمبرگ، عرض دمبرگ، طول خار، عرض خار، طول میوه، عرض میوه، طول بذر، عرض بذر، طول دم میوه، عرض دم میوه، وزن میوه و وزن بذر بین ۲۲ ژنوتیپ بومی سنجد از مناطق سیرجان، بردسیر و کرمان مطالعه گردید.

نتایج و بحث: نتایج وجود تنوع زیادی بین صفات ژنوتیپ‌ها را نشان داد. میانگین طول میوه ۱/۸۷ سانتی‌متر، قطر میوه ۱/۱۲ سانتی‌متر، وزن میوه ۱/۴۹ گرم، وزن بذر ۰/۵۲ گرم، طول برگ ۴/۲۷ سانتی‌متر و عرض برگ ۲/۴۸ سانتی‌متر مشاهده شد. بیشترین وزن میوه و

* Corresponding Author: *Email Address*. j.farrokhi@areeo.ac.ir

http://dx.doi.org/10.48308/envs.2023.1242

http://dorl.net/dor/20.1001.1.17351324.1402.21.1.13.9

کیفیت و عطر و طعم میوه در ژنوتیپ شماره (۴) محمودآباد سیرجان گزارش گردید. بیشترین ضریب همبستگی مثبت در سطح احتمالی ($p\leq0.01$) به‌ترتیب بین طول دمبرگ و طول خار (r =۰/۶۶۹)، طول دمبرگ و طول دم‌میوه (r =۰/۶۰۱) و طول میوه و قطر میوه (r =۰/۵۸۴) مشاهده گردید. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در صفات کیفی نشان داد که دو مؤلفه اول در برگیرنده ۶۲٪ کل تغییرات بودند. در صفات کمی، ۵ مؤلفه اول ۷۷/۷۴ ٪ کل تغییرات را شامل شدند. بر اساس دندروگرام اسکترپلات صفات کمی و کیفی، کل ژنوتیپ‌ها به ۳ گروه مجزا تقسیم شدند. در تحقیق حاضر، دسته‌بندی توده‌ها بر مبنی صفات کمی از پراکنش جغرافیائی آن‌ها تبعیت نمی‌کرد.

نتیجه‌گیری: بیشترین وزن میوه در ژنوتیپ محمودآباد سیرجان که یک منطقه گرمسیری است، تعلق داشت و دارای طعم شیرین و عطر خوبی بود. بیشترین مقادیر همبستگی صفات در مؤلفه اول بین صفات تاریخ گل‌دهی، شکل برگ، ابعاد برگ، میوه و بذر و همچنین وزن بذر مشاهده گردید. وجود صفات برگی برتر و برنامه‌های اصلاحی بعدی بر روی آن‌ها می‌تواند دامنه استفاده از سنجد را از حالت صرفاً میوه‌ای گسترش دهد. شرایط محیطی و قرار گرفتن در ارتفاع مختلف از سطح دریا، نقش چندانی در خوشه‌بندی ژنوتیپ‌ها نداشت.

واژه‌های کلیدی: دندروگرام، ضریب تغییرات، مورفولوژیکی، همبستگی.

مقدمه

درخت سنجد با نام علمی (*Elaeagnus*. spp) از خانواده Elaeagnaceae با عدد کروموزومی پایه (ژنومی) ۱۴، درختچه‌ای برگ‌ریز و خودناسازگار است که برای تولید میوه نیاز به گرده افشانی دارد (Pan *et al.*, 2011). شکل و طعم میوه‌های سنجد و دامنه تحمل این درخت نسبت به شرایط خاکی مختلف، بسیار متغیر است و در طول زمان تحت انتخاب توسط انسان قرار گرفته است (Katz and Shafroth, 2003; Khamzina *et al.*, 2010). از این‌رو رویشگاه‌های این درخت به‌دلیل سازگاری با محیط‌های مختلف در اغلب مناطق جهان پراکنده‌اند (Sun and Lin, 2010) این جنس در دو گونه *E.angustifolia* و *E. orientalis* در ایران معرفی شده است (Assadi and Janighorban, 2016). رویشگاه‌های طبیعی محدودی از گونه‌های آن در کشور وجود دارد (Mousavi Mirkala *et al.*, 2017). این گونه در کشور ما تا حدودی یک گونه فراموش شده می‌باشد و علی‌رغم ارزش غذایی بالای میوه‌اش، توجه چندانی به آن نشده است. به‌طوری‌که تا کنون کشت و پرورش این گونه در جهت اصلاح ارقام و دستیابی به میوه‌های با کیفیت‌تر انجام نشده است(Daneshvar and Kiani, 2003) . گزارش‌های مختلفی در زمینه استفاده از نشانگرهای مورفولوژیکی در ارزیابی ژرم‌پلاسم سنجد بومی کشور وجود دارد. نتایج نشان می‌دهد که تنوع مورفولوژیکی گسترده‌ای از نظر ویژگی‌های میوه در بین ژنوتیپ‌های ارزیابی شده وجود دارد (Talebi-Rad *et al.*, 2015; Asadiar *et al.*, 2012; Zirak *et al.*, 2018) روش‌های تحلیل چند متغیره، مانند تجزیه به مؤلفه‌های اصلی[1] رویکرد مفیدی در زمینه ارزیابی تنوع مورفولوژیکی می‌باشد. (Mohammadi . and Prasanna, 2003) . این روش به‌عنوان یک تبدیل خطی متعامد تعریف می‌شود که داده‌ها را به یک سیستم مختصات جدید تبدیل می‌کند، به‌طوری که بیشترین واریانس توسط برخی از پیش‌بینی‌های داده‌ها روی مختصات اول (موسوم به اولین جزء یا مؤلفه اصلی) قرار می‌گیرد، دومین واریانس بزرگ در مؤلفه دوم و همین‌طور برای بقیه که می‌تواند برای کاهش ابعاد داده‌ها مورد استفاده قرار گیرد (Jolliffe *et al.*, 2002). استان کرمان یکی از خاستگاه‌های مهم گیاه سنجد می‌باشد. سطح زیر کشت و میزان تولید سنجد در استان کرمان به ترتیب ۳۰۹ هکتار و ۱۱۰۰ تن می‌باشد (Ahmadi *et al.*, 2019). در این استان، درختان بومی به دلیل خوش خوراکی میوه‌ها، عمدتاً در امتداد نهرها و حاشیه مزارع کاشته می‌شوند. با وجود چنین تنوع گسترده‌ای و نیز پتانسیل زیاد برای تولید و صادرات این محصول داروئی و غذایی به بازارهای جهانی، اطلاعات کمتری از گونه‌ها و خصوصیات

ژنوتیپ‌های بومی در دسترس است (Babakhanzadehsejirani *et al.*, 2016). هدف از مطالعه حاضر بررسی هم‌زمان چندین صفت مورفولوژیکی در ژرم‌پلاسم‌های سنجد مناطق مختلف استان کرمان با استفاده از روش آماری تجزیه به مؤلفه اصلی است. نتایج آن در شناسایی ژنوتیپ‌های امیدبخش و ارزیابی میزان ظرفیت منابع ژنتیک بومی سنجد جهت استفاده در برنامه‌های اصلاحی بعدی قابل استفاده می‌باشد.

مواد و روش‌ها

ارزیابی صفات

این ارزیابی با مطالعه و انتخاب ۲۲ ژنوتیپ سالم و عاری از بیماری از بخش‌های مختلف استان کرمان انجام شد. نام، مختصات جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریای مناطق نمونه‌برداری شده با استفاده از دستگاه GPS مشخص گردید (جدول ۱). بیست نمونه میوه و حدود ۸ تا ۱۰ نمونه برگی از هر درخت مورد نظر و در بازه زمانی اواسط شهریور تا اواسط مهرماه جمع‌آوری گردید و این نمونه‌ها به آزمایشگاه بخش زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان منتقل شد. صفات مربوط به برگ و میوه‌ها بر اساس آزمون تمایز و یکنواختی سنجد با اندکی تغییرات اندازه‌گیری گردید (Assadi and Janighorban, 2016). اندازه‌گیری ابعاد میوه، بذر و برگ با خط‌کش و قطر سنج (کولیس) دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر و توزین آن‌ها توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم انجام شد. امتیازدهی و توصیف روش اندازه‌گیری صفات در جدول (۲) اشاره شده است.

جدول ۱- مکان و مختصات جغرافیایی ۲۲ ژنوتیپ سنجد بررسی شده در استان کرمان

Table 1. Location and geographical coordinates of 22 studied Russian olive genotypes in Kerman Province

منطقه نمونه برداری شده Sampling areas	طول جغرافیایی Longitude(E)	عرض جغرافیایی Latitude(N)	ارتفاع از سطح دریا (متر) Elevation above the sea	شماره ژنوتیپ Genotype no.
روستای قنات‌زرشک/ سیرجان Ghanat zereshk village/ Sirjan	29° 41' 2518"	55° 31' 52.37"	1769	1
روستای قنات‌زرشک/ سیرجان Ghanat zereshk village/ Sirjan	29° 42' 28.23"	55° 31' 20.18"	1771	2
روستای قنات‌زرشک/ سیرجان Ghanat zereshk village/ Sirjan	29° 42' 4.70"	55° 32' 53.14"	1785	3
محمودآباد/ سیرجان Mahmoodabad/ Sirjan	29° 27' 24.32"	55° 40' 24.61"	1742	4
محمودآباد/ سیرجان Mahmoodabad/ Sirjan	29° 27' 2.50"	55° 39' 50.93"	1735	5
روستای بیدخوان/ بردسیر Bidkhan village/ Bardsir	29° 39' 51.22"	56° 30' 54.16"	2506	6
روستای بیدخوان/ بردسیر Bidkhan village/ Bardsir	29° 30' 56.33"	56° 30' 53.18"	2502	7
روستای باب شگفت/ بردسیر Bab-e-Shegheft village/ Bardsir	29° 57' 41.94"	56° 34' 18.51"	2017	8
روستای باب شگفت/ بردسیر Bab-e-Shegheft village/ Bardsir	29° 57' 33.6"	56° 34' 20.77"	2023	9
روستای باب شگفت بردسیر Bab-e-Shegheft village/ Bardsir	29° 57' 56.93"	56° 34' 27.15"	2502	10
روستای دشتکار/ بردسیر Dashtkar village/ Bardsir	29° 54' 59.93"	56° 38' 50.5"	2090	11
روستای دشتکار/ بردسیر Dashtkar village/ Bardsir	29° 55' 56.06"	56° 38' 32.9"	2087	12
روستای دشتکار/ بردسیر Dashtkar village/ Bardsir	29° 11' 58.63"	56° 38' 28.87"	2089	13
کرمان/ پارک جنگلی Forest Park/ Kerman	29° 57' 56.93"	57° 01' 21.57"	1753	14

ادامه جدول ۱- مکان و مختصات جغرافیایی ۲۲ ژنوتیپ سنجد بررسی شده در استان کرمان

Table 1. Cont. Location and geographical coordinates of 22 studied Russian olive genotypes in Kerman Province

شماره ژنوتیپ Genotype no.	ارتفاع از سطح دریا (متر) Elevation above the sea	عرض جغرافیایی Latitude(N)	طول جغرافیایی Longitude(E)	منطقه نمونه برداری شده Sampling areas
15	1752	57° 01' 16.98"	30° 15' 53.97"	کرمان/ پارک جنگلی Forest Park/ Kerman
16	1756	57° 01' 26.67"	30° 15' 48.94"	کرمان/ پارک جنگلی Forest Park/ Kerman
17	1753	56° 38' 28.87"	30° 15' 54.84"	کرمان/ پارک جنگلی Forest Park/ Kerman
18	1777	57° 07' 16.15"	30° 17' 35.67"	کرمان/ پردیسان قائم Pardisan-e- Ghaem/ Kerman
19	1780	57° 07' 29.64"	30° 17' 20.67"	کرمان/ پردیسان قائم Pardisan-e- Ghaem/ Kerman
20	1775	57° 07' 20.47"	30° 17' 1.9"	کرمان/ پردیسان قائم Pardisan-e- Ghaem/ Kerman
21	1772	57° 07' 15.84"	30° 16' 45.37"	کرمان/ پردیسان قائم Pardisan-e- Ghaem/ Kerman
22	1774	57° 07' 12.59"	30° 17' 25.59"	کرمان/ پردیسان قائم Pardisan-e- Ghaem/ Kerman

جدول ۲- صفات مورد بررسی و روش‌های اندازه‌گیری آن‌ها

Table 2. Studied varibles and their measurement methods

صفت Variables	توصیف/روش اندازه گیری Description/ Analysis method
طول پهنک (LL) Leaf lenght عرض پهنک برگ (Lwi) Leaf width طول دمبرگ (PeL) Petiol lenght عرض دمبرگ (PeWi) Petiol width طول خار (TL) Thorn lenght عرض خار (Twi) Thorn width	اندازه گیری با خط کش و برحسب سانتی‌متر
شکل برگ (LS) Leaf shape	نیزه‌ای(۱)/ نیزه‌ای - خطی(۲) / نیزه‌ای -بیضوی (۳)
تاریخ گل‌دهی (FlDT) Flowering date time	نیمه اول فروردین (۱)، نیمه دوم فروردین(۲)، نیمه اول اردیبهشت (۳)، نیمه دوم اردیبهشت (۴)
تاریخ رسیدن میوه (FrRD) Fruit ripning date	نیمه اول شهریور (۱)، نیمه دوم شهریور(۲)، نیمه اول مهر (۳)، نیمه دوم مهر (۴)، نیمه اول آبان (۵)
طول میوه (FrL) Flower lenght عرض میوه (FrWi) Flower width طول بذر (SL) Seed lenght عرض بذر (Swi) Seed width طول دم‌میوه (PedL) Peduncle lenght قطر دم‌میوه (PedWi) Peduncle width	اندازه گیری با کولیس برحسب سانتی‌متر

ادامه جدول ۲- صفات مورد بررسی و روش‌های اندازه‌گیری آن‌ها
Table 2. Cont.Studied varibles and their measurement methods

صفت Variables	توصیف/روش اندازه گیری Description/ Analysis method
وزن میوه (FrWe) Fruit weight وزن بذر (SWe) Seed weight	اندازه گیری با ترازوی دقیق بر حسب گرم
رنگ پوست میوه (FrC) Fruit color	خردلی (۱)، خردلی مایل به قهوه ای روشن(۲) عنابی(۳)، عنابی مایل به قهوه ای(۴)، عنابی -خردلی(۵)، خرمائی روشن(۶)، خرمائی مایل به قرمز(۷)، خرمائی مایل به خردلی (۸)، قهوه‌ای (۹)
عطر و طعم میوه (FrA) Fruit aroma	شیرین کم متمایل به آردی(۱)، شیرین کم متمایل به ترش(۲)، آردی شیرین(۳)، شیرین با عطر مطلوب(۴)، طعم نشاسته ای عطر دار(۵)، طعم نشاسته ای بدون عطر (۶)
شکل میوه (FrS) Fruit shape	دایره‌ای(۱)، دایره ای -بیضوی(۲)، مستطیلی(۳)، مستطیلی پهن(۴)، بیضوی(۵)، بیضوی -مستطیلی(۶)، تخم مرغی(۷)، نوک باریک شونده (۸)

تجزیه آماری

آماره‌های توصیفی مانند میانگین و ضریب تغییرات و انحراف معیار بین صفات محاسبه گردید (جدول ۳). به‌منظور بررسی روابط بین صفات، ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات کمی و کیفی به ترتیب با روش پیرسون[۲] و اسپیرمن[۳] محاسبه گردید (جدول ۴).

محاسبه ضریب همبستگی نمونه با فاصله اقلیدوسی p مشاهده به روش پیرسون

$$r_{xy} = \frac{\sum (Xi - \bar{X})(Yi - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(xi - \bar{x})^2 \sum(yi - \bar{y})^2}} \qquad (۱)$$

در آن r_{xy} همبستگی پیرسون، (Xi, Yi) مقادیر صفات X و Y، $(\bar{X}\bar{Y})$ میانگین صفات برای X و Y .

رابطه (۲) محاسبه ضریب همبستگی نمونه به روش اسپیرمن

$$p = 1 - \frac{6\sum di^2}{n\,(n^2 - 1)} \qquad (۲)$$

در آن p همبستگی اسپیرمن، d_i : تفاوت بین دو فاصله رتبه‌ای در هر مشاهده یا صفت، n: تعداد مشاهدات محدوده این ضرایب همبستگی، بین ۱+ تا ۱- می‌باشد. هرچقدر ضرایب به این دو عدد نزدیک‌تر باشد همبستگی قوی‌تر و در متغیرهای مستقل مقدار آن صفر می‌باشد.

محاسبه ماتریس کوواریانس و بازچینی بردارهای ویژه

$$D = CV\,V^{-1} \qquad (۳)$$

که در آن،V ماتریس بردارهای ویژه و D ماتریس قطری است که درایه‌های قطر آن مقادیر ویژه هستند. ماتریس V ماتریسی M × M است که ستون‌های آن بردارهای ویژه می‌باشند و بردار ویژه Vqدر ستون q ام قرار دارد و مقدار ویژهq ام متناظر با آن است. بازچینی بردارهای ویژه بر اساس اندازه مقادیر ویژه متناظر با آن‌ها و به‌ترتیب کاهشی صورت می‌گیرد. برای ترسیم اسکترپلات مؤلفه‌های اول (PC1) و دوم (PC2)، مقادیر *n* در بردارهای ویژه هر صفت تقسیم شدند (Yan and Rajcan, 2002). به منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد بررسی، تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA و مقیاس فاصله مربع اقلیدوسی با استفاده از متغیرهای استاندارد شده انجام گردید. تجزیه آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS 20 و Minitab 16 انجام شد.

نتایج و بحث

بررسی صفات مورفولوژیکی

در مطالعه حاضر، به‌ترتیب، بیشترین و کمترین وزن میوه (۲/۷۵ و ۰/۳۲ گرم)، وزن بذر (۰/۷۸ و ۰/۲۵ گرم) طول میوه (۲/۷۷ و ۱/۱۸ سانتی‌متر)، قطر (عرض) میوه (۱/۸۲ و ۰/۷۲ سانتی‌متر)، طول بذر (۱/۷۱ و ۰/۶۱سانتی‌متر) و قطر بذر (۰/۷۸ و ۰/۴۲ سانتی‌متر) مشاهده گردید (جداول ۳ و ۴). در بررسی صورت گرفته روی ۸۴ ژنوتیپ سنجد متعلق به گونه *E. angustifolia* از استان مرکزی، طول

میوه بین ۱/۳ تا ۲/۱ سانتی‌متر و عرض میوه بین ۰/۸ تا ۲/۲ سانتی‌متر و دامنه وزن میوه از ۰/۳۲ تا ۳/۰۴ گرم گزارش گردید (Safdari and Khadivi, 2021). در مطالعه صورت گرفته روی پارامترهای مورفولوژیکی گونه سنجد *E. multiflora* در کشور اوکراین، بیشترین و کمترین وزن میوه (۱/۸۹ و ۰/۳۲گرم)، وزن بذر (۰/۴۱ و ۰/۱ گرم)، طول میوه (۰/۹۵ و ۰/۷۶ سانتی‌متر)، قطر میوه (۱/۳۲ و ۰/۴۳سانتی‌متر)، طول بذر (۱/۳۳ و ۰/۷۴سانتی‌متر) و قطر بذر (۰/۵ و ۰/۱۳ سانتی‌متر) گزارش گردید (Grygorieva *et al.*, 2018). محدوده وزن میوه بین ۰/۴۵ تا ۳ گرم، وزن بذر بین ۰/۲ تا ۰/۸۲ گرم، طول میوه بین ۱/۵ تا ۱۱ سانتی‌متر و عرض میوه بین ۱/۳ تا ۴ سانتی‌متر در مطالعه مربوط به ۳۰ ژنوتیپ سنجد زیستگاه‌های مختلف استان آذربایجان شرقی بود (Zirak *et al.*, 2018). بررسی گونه سنجد *E. umbellata* در کشور پاکستان، طول میوه را بین ۰/۷۸ تا ۰/۸۷ سانتی‌متر و قطر میوه را بین ۰/۵۴ تا ۰/۶۲ سانتی‌متر نشان داد (Sabir and Riaz, 2005). نتایج مطالعه صورت گرفته روی ویژگی‌های میوه و تغییرات ژنتیکی ۵۶ توده سنجد گونه *E. angustifolia* از منطقه آناتولی مرکزی ترکیه، طول بذر را بین ۱/۰۲ و ۲/۴۴ سانتی‌متر و عرض بذر را بین ۰/۴۴ تا ۰/۶۲ سانتی‌متر، وزن میوه را بین ۰/۵۹ تا ۲/۵۶ گرم، طول میوه را بین ۱/۱۳ تا ۲/۵۸ سانتی‌متر و عرض میوه را بین ۰/۸۶ تا ۱/۶۷ سانتی‌متر گزارش نمود (Uzun *et al.*, 2015).

جدول ۳-مقادیر صفات اندازه گیری شده بین ۲۲ ژنوتیپ سنجد بررسی شده، مقیاس‌ها بر اساس دیسکریتور سنجد (Assadi and Janighorban, 2016) می‌باشد. برای اختصارات صفات به پانوشت جدول توجه کنید

Table 3. Measured variables of 22 studied Russian olive genotypes, scale based on Russian olive descriptor (Assadi and Janighorban, 2016) (for abbreviation see below)

FrS	FrA	FrC	SWe	FrWe	PedWi	PedL	Swi	SL	FrWi	FrL	FrRD	FlDT	LS	Twi	TL	PeWi	PeL	Lwi	LL	G
2	2	2	0.58	2.75	0.95	2.1	0.56	0.85	0.98	1.41	3	2	3	1	2.82	1	1.73	2.25	5.95	1
2	3	2	0.52	2.53	0.85	1.23	0.59	0.61	0.72	1.18	4	3	3	0.88	3.2	0.87	1.37	1.75	3.47	2
3	4	2	0.42	0.53	1	1.87	0.43	0.96	1.05	1.5	2	2	2	0.52	2.1	1.1	2.1	3.1	6.57	3
2	3	2	0.52	2.75	1	4.18	0.45	0.92	1.52	1.77	2	3	3	0.55	6.5	0.45	5.1	2.1	5.9	4
7	6	5	0.28	1.2	0.95	2.92	0.42	1.62	1.55	1.75	3	1	2	0.98	1.7	0.65	1.68	2.7	5.1	5
7	6	3	0.47	0.72	0.85	2.57	0.45	1.71	1.32	1.6	2	1	3	1	2.25	0.51	1.61	2.8	5.2	6
7	3	4	0.25	0.52	0.89	2.37	0.65	1.1	1.2	1.62	2	3	2	1	0.9	0.5	1.07	2.02	4.6	7
5	5	9	0.4	0.32	0.85	1.5	0.76	1.22	0.85	1.55	2	4	3	0.98	1.07	0.63	1.42	1.7	4.42	8
4	4	7	0.58	2.75	0.85	2.1	0.56	0.85	1.22	2.41	3	2	3	0.78	2.82	0.98	1.01	1.27	4.05	9
5	4	7	0.52	2.53	0.98	1.23	0.59	0.61	1.72	2.18	4	3	3	0.88	3.2	0.87	1.27	1.75	4.47	10
6	4	8	0.75	0.53	0.67	1.87	0.43	0.96	1.55	2.5	3	2	3	0.5	2.1	0.59	2.1	2.1	4.53	11
6	5	8	0.52	2.7	1	4.18	0.45	0.92	1.52	2.77	3	3	3	0.5	2.5	0.45	2.1	2.1	4.9	12
7	6	7	0.78	1.2	0.98	2.92	0.42	1.62	1.55	2.75	4	3	3	0.46	1.7	0.65	1.65	2.7	5.1	13
8	6	4	0.45	0.72	1	2.57	0.45	1.71	1.32	1.85	4	3	2	0.67	2.2	0.51	1.61	2.8	5.2	14

ادامه جدول ۳-مقادیر صفات اندازه گیری شده بین ۲۲ ژنوتیپ سنجد بررسی شده، مقیاس‌ها بر اساس دیسکریتور سنجد (Assadi and Janighorban, 2016) می‌باشد. برای اختصارات صفات به پانوشت جدول توجه کنید

Table 3. Cont. Measured variables of 22 studied Russian olive genotypes, scale based on Russian olive descriptor (Assadi and Janighorban, 2016) (for abbreviation see below)

G	LL	Lwi	PeL	PeWi	TL	Twi	LS	FlDT	FrRD	FrL	FrWi	SL	Swi	PedL	PedWi	FrWe	SWe	FrC	FrA	FrS
15	4.6	2.9	1.77	0.5	0.9	0.66	2	3	3	2.62	1.52	1.1	0.65	2.37	0.77	0.52	0.42	4	5	7
16	4.42	2.7	1.42	0.63	1.07	0.69	3	3	3	1.55	0.95	1.22	0.78	1.5	1	0.32	0.55	8	5	8
17	4.25	2.25	1.73	0.78	0.82	0.67	1	2	3	2.01	0.98	0.85	0.56	2.1	0.93	2.75	0.39	4	5	8
18	4.47	3.25	1.37	0.87	3.2	0.98	2	3	3	1.28	0.72	0.61	0.59	1.23	0.91	2.53	0.65	2	3	7
19	4.57	3.1	1.98	1.01	2.1	0.35	2	2	2	1.5	1.05	0.96	0.63	1.87	1	0.53	0.72	2	4	8
20	3.9	2.1	2.1	0.95	4.5	0.55	3	2	3	1.77	1.52	0.92	0.65	2.18	0.95	2.70	0.62	5	6	8
21	4.1	2.9	1.68	0.95	2.7	0.45	1	2	3	1.75	1.55	1.62	0.62	2.92	0.96	1.2	0.66	2	6	7
22	4.2	3.8	1.61	0.81	3.25	0.45	2	3	2	1.85	1.82	1.71	0.69	2.57	1	0.72	0.49	3	6	7

G : ژنوتیپ، LL : طول پهنک برگ (cm)، Lwi : عرض پهنک برگ (cm)، PeL : طول دمبرگ (cm)، PeWi : عرض دمبرگ (mm)، TL: طول خار (cm)، Twi: عرض خار (mm)، LS : شکل برگ، FlDT : تاریخ گل‌دهی، FrRD: تاریخ رسیدن میوه، FrL: طول میوه (cm)، FrWi: عرض یا قطر میوه(cm)، SL: طول بذر(cm)، Swi: عرض یا قطر بذر(cm)، PedL: طول دم‌میوه(cm)، PedWi: عرض یا قطر دم‌میوه(mm)، FrWe: وزن میوه (g)، SWe: وزن بذر (g)، FrC: رنگ پوست میوه، FrA: عطر و طعم میوه، FrS: شکل میوه

در مطالعه ما، به ترتیب میانگین و ضریب تغییرات (CV) مربوط به صفات وزن میوه (۱/۴۹ گرم و ۱/۲۶٪)، وزن بذر (۰/۵۲گرم و ۲۷/۳۹٪)، طول میوه (۱/۸۷سانتی‌متر، ۲۵٪/۱۲)، قطر میوه (۱/۲۹ سانتی‌متر، ۲۶/۵۰٪)، طول بذر (۱/۱۲ سانتی‌متر و ۳۳/۷۵٪)، قطر بذر (۰/۵۷سانتی-متر و ۲۷/۶۳٪) گزارش گردید (جدول ۴).

جدول۴- آنالیز توصیفی صفات مطالعه شده بین ۲۲ ژنوتیپ سنجد

Table 4. The descriptive analysis of studied variables among 22 Russian olive genotype

صفات Variables	کمینه Minimum	بیشینه Maximum	میانگین Mean	انحراف استاندارد Std. deviation	ضریب تغییرات CV%
طول پهنک Leaf length	3.47	6.57	4.725	0.725	15.34
عرض پهنک برگ Leaf width	1.27	3.8	2.483	0.649	28.74
طول دمبرگ Petiole length	1.01	5.1	2.794	0.803	28.74
عرض دمبرگ Petiole width	0.45	1.1	0.739	0.209	28.28
طول خار Thorn length	0.82	6.5	2.436	0.311	12.76
عرض خار Thorn width	0.35	1	0.704	0.221	31.39
شکل برگ Leaf shape	1	3	2.454	0.670	27.30
تاریخ گل‌دهی Flowering date time	1	4	2.500	0.740	29.65

ادامه جدول۴- آنالیز توصیفی صفات مطالعه شده بین ۲۲ ژنوتیپ سنجد

Table 4. Cont. The descriptive analysis of studied variables among 22 Russian olive genotype

صفات Variables	کمینه Minimum	بیشینه Maximum	میانگین Mean	انحراف استاندارد Std. deviation	ضریب تغییرات CV%
تاریخ رسیدن میوه Fruit ripening date	2	4	2.863	0.710	24.79
طول میوه Fruit length	1.18	2.77	1.871	0.470	25.12
عرض یا قطر میوه Fruit width	0.72	1.82	1.294	0.343	26.50
طول بذر Seed length	0.61	1.71	1.120	0.378	33.75
عرض یا قطر بذر Seed width	0.42	0.78	0.579	0.160	27.63
طول دم میوه Peduncle length	1.23	4.18	2.288	0.812	35.48
عرض دم میوه Peduncle width	0.67	1	0.924	0.087	9.41
وزن میوه Fruit weight	0.32	2.75	1.498	0.019	1.26
وزن بذر Seed weight	0.25	0.78	0.522	0.143	27.39
رنگ پوست میوه Fruit color	2	9	4.545	1.445	31.79
عطر و طعم میوه Fruit aroma	2	6	4.590	1.259	27.42
شکل میوه Fruit shape	2	8	5.954	2.0811	34.95

G ژنوتیپ، LL : طول پهنک برگ (cm)، Lwi : عرض پهنک برگ (cm)، PeL : طول دمبرگ (cm)، PeWi : عرض دمبرگ (mm)، TL: طول خار (cm)، Twi: عرض خار (mm)، LS : شکل برگ، FlDT : تاریخ گل‌دهی، FrRD: تاریخ رسیدن میوه، FrL: طول میوه (cm)، FrWi: عرض یا قطر میوه(cm)، SL: طول بذر(cm)، Swi: عرض یا قطر بذر(cm)، PedL: طول دم‌میوه(cm)، PedWi: عرض یا قطر دم‌میوه(mm)، FrWe: وزن میوه (g)، SWe: وزن بذر (g)، FrC: رنگ پوست میوه، FrA: عطر و طعم میوه، FrS: شکل میوه

میانگین و CV وزن میوه (۰/۹۵ گرم و ۳۱/۸۵٪)، وزن بذر (۰/۲۵گرم و ۲۴/۹۰ ٪)، طول میوه (۱/۳۹ سانتی‌متر و ۱۱٪/۸۸)، قطر میوه (۰/۷۵ سانتی‌متر و ۱۵/۳۸٪)، طول بذر (۱/۷۷ سانتی‌متر و ۸/۰۹٪) و قطر بذر (۰/۲۹ سانتی‌متر و ۱۹/۴۶٪) گزارش شد (Grygorieva *et al.*, 2018). در مطالعه انجام شده روی ۳۸ ژنوتیپ سنجد استان‌های آذربایجان شرقی و غربی، میانگین و CV وزن میوه (۱/۶۹ گرم و ۲۶/۰۳٪)، وزن بذر (۰/۴۱گرم و ۲۱/۹۵٪)، طول میوه (۲/۲۹ سانتی‌متر و ۱۳/۹۶٪) و عرض میوه (۱/۶۰سانتی‌متر، ۱۱/۶۸٪) گزارش گردید (Hassanzadeh and Hassanpour, 2019).

میانگین و CV وزن میوه (۱/۲۸ گرم و ۳۷/۹۶٪)، وزن بذر (۰/۵۳ و ۲۲/۹۸ ٪)، طول میوه (۴/۷۲ سانتی‌متر، ۴۸/۰۱٪) و قطر میوه (۲/۵۱ سانتی‌متر و ۱۹/۹۱٪) گزارش گردید (Zirak *et al.*, 2018). با بررسی آماره‌های توصیفی صفات بررسی شده در مطالعه حاضر می‌توان گفت که در کل، CV مربوط به صفات کیفی از صفات کمی بیشتر بود (جدول ۳). تأیید این یافته در تعدادی از تحقیقات صورت گرفته بر روی سنجدهای بومی کشور نیز گزارش شده است سنجد قبلاً گزارش شده است(Safdari and Khadivi, 2021). این مقادیر بالا به نحوه امتیازدهی رتبه‌ای این صفات که با صفات کمی و قابل اندازه‌گیری متفاوت است، مربوط می‌باشد(Abdi and Williams, 2010). مقایسه نتایج این مطالعه با سایر داده‌های مربوط به مطالعات ژنوتیپ‌های بومی گونه *E. angustifolia* نشان می‌دهد که میوه‌های بررسی شده عموماً شکل گردتر و بذور درشت‌تری بودند.

وزن میوه‌ها نسبت به سایر مطالعات گزارش شده، حالت بینابینی داشت. از دیگر فاکتورهای مهم روی ویژگی‌های مورفولوژیکی سنجد، فاکتورهای مربوط به برگ می‌باشند که به‌عنوان منبع تامین کننده کربوهیدرات‌ها در تغذیه میوه ها نقش دارند. بر اساس منابع فلور گیاهی، محدوده طول برگ در گونه *E. angustifolia* بین ۱/۳ تا ۹/۲ سانتی‌متر، عرض برگ بین ۰/۳ تا ۳/۵ سانتی‌متر و دمبرگ بین ۰/۴ تا ۱/۶ سانتی‌متر می‌باشد (Janighorban *et al.*, 2014). به نظر می‌رسد علاوه بر ابعاد پهنک برگ، هر چقدر دمبرگ نیز طویل‌تر باشد، در فتوسنتز برگ‌ها نقش بیشتری خواهد داشت که این به‌دلیل داشتن مقدار اندکی سبزینه (کلروفیل) و قرار دادن برگ در معرض نور مستقیم آفتاب است (Faust, 1989). مطالعه حاضر، میانگین طول برگ، عرض برگ و طول دمبرگ را به ترتیب (۴/۲۷، ۲/۴۸ و ۲/۷۹ سانتی‌متر) نشان داد که از نظر ابعاد کمتر از موارد گزارش شده برای ژنوتیپ های‌سنجد استان‌های آذربایجان غربی و شرقی است (Zirak *et al.*, 2018; Hassanzadeh and Hassanpour, 2019). میانگین طول برگ، عرض برگ و طول دمبرگ مطالعه حاضر بیشتر از مقادیر گزارش شده برای ژنوتیپ‌های استان‌های مرکزی و اصفهان می‌باشد. اختلاف در شکل برگ‌ها، زمان گل‌دهی و رسیدن میوه از فاکتورهای مهم در تمایز بین گونه‌های سنجد، می‌باشد (Chalabi-Kabi , 1980).ژنوتیپ‌های سنجد استان کرمان جزء گونه *E. angustifolia* معرفی شده‌اند (Assadi and Janighorban, 2016). شکل برگ‌های ژنوتیپ‌های تحت بررسی در این مطالعه، عموماً به‌صورت خطی یا بیضوی بودند و اختلاف چندانی با هم نداشتند. همچنین زمان‌های گل‌دهی و رسیدن میوه‌ها، مؤید تعلق این ژنوتیپ‌ها به گونه مزبور می‌باشد (جداول ۲ و ۳). سایر بررسی‌ها روی سنجدهای بومی مناطق مختلف کشور نیز آن‌ها را در گونه *E. angustifolia* قرار داده است (Assadi and Janighorban, 2016; Mousavi Mirkala *et al.*, 2017; Khadivi, 2018; Khadivi *et al.*, 2020; Safdari and Khasivi, 2021). زود گل‌ترین ژنوتیپ‌ها، از مناطق محمودآباد سیرجان و بیدخوان بردسیر بودند که گل‌دهی آن‌ها در نیمه اول فروردین بود (جداول ۲ و ۳). علاوه بر تأمین نیاز سرمایی، خشکی و قلیائیت نسبی خاک نیز در تسریع جوانه‌زنی بذر و باز شدن جوانه‌های گونه سنجد مؤثر است (Guilbault *et al.*, 2011). دیررس‌ترین ژنوتیپ‌ها متعلق به مناطق دشتکار و باب‌شگفت بردسیر بودند که در نیمه‌دوم مهرماه رسیدند (جداول ۲ و ۳). در مناطقی که علاوه بر زمستان، تابستان‌های خنکی نیز حاکم است میوه‌ها خیلی دیر می‌رسند. اثر دماهای پایین زمستان بر روی کاهش کیفیت و ابعاد میوه سنجد گزارش شده است (Guilbault *et al.*, 2011) نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که ژنوتیپ شماره (۴) هم وزن بالایی داشت و هم دارای طعم شیرین و عطر خوبی بود. این ژنوتیپ به منطقه محمودآباد که منطقه گرمسیری متعلق به شهرستان سیرجان است تعلق دارد. صفات شکل و رنگ میوه در ژنوتیپ‌های بررسی شده در این مطالعه نیز تنوع زیادی نشان دادند (جداول ۲ و ۳). در کل سه نوع شکل میوه سنجد شامل گرد، تخم مرغی و مستطیلی برای سنجد گزارش شده است (Safdari and Khadivi, 2021). رنگ پوست یکی از فاکتورهای طبقه‌بندی ارقام سنجد است. بر این اساس، ارقام شِکرائی به رنگ قهوه‌ای روشن تا سبز زیتونی، ارقام عنابی، خرمائی، چروک (قهوه‌ای روشن تا زرد)، کلاهی (سبز زیتونی) و شوره‌ای (قهوه‌ای تیره) معرفی شده اند (Assadi and Janighorban, 2016).

همبستگی صفات

همبستگی بین صفات مورفولوژیکی تأثیر انتخاب یک صفت بر روی سایر صفات را بررسی می‌کند. البته واکنش به این صفات مادامی که کنترل خوبی روی شرایط محیطی وجود نداشته باشد ممکن است غیر قابل پیش‌بینی باشد (Hatami-Maleki *et al.*, 2011). . در

صورت وجود همبستگی بالا بین دو صفت می‌توان از طریق اندازه‌گیری یک صفت به وضعیت صفت دوم پی‌برد(Hassanzadeh and Hassanpour, 2019). برای تعیین میزان همبستگی صفات کیفی از ضریب همبستگی اسپیرمن و صفات کمی از ضریب پیرسون استفاده گردید (Ershadi *et al.*, 2020) . بر این اساس در صفات کیفی، بیشترین همبستگی مثبت در سطح احتمالی ($p\leq 0.01$) بین تاریخ رسیدن میوه و رنگ پوست میوه (r =۰/ ۵۸۴) و در سطح احتمالی ($p\leq 0.05$) بین تاریخ رسیدن میوه و شکل میوه (r =۰/۴۳۸) مشاهده گردید (جدول ۵).

جدول۵- ماتریس همبستگی بین ۶ صفت کیفی مطالعه شده بین ۲۲ ژنوتیپ سنجد

Table 5. Correlation matrix of six qualitative variables in 22 Russian olive genotypes

	شکل میوه Fruit shape	عطر و طعم میوه Fruit aroma	رنگ پوست میوه Fruit color	تاریخ رسیدن میوه Fruit ripening date	تاریخ گل دهی Flowering date time	شکل برگ Leaf shape
شکل میوه Fruit shape	1.000					
عطر و طعم میوه Fruit aroma	0.175	1.000				
رنگ پوست میوه Fruit color	0.166	0.134	1.000			
تاریخ رسیدن میوه Fruit ripening date	0.438*	0.237	0.584**	1.000		
تاریخ گل دهی Flowering date time	-0.190	-0.171	0.051	0.321	1.000	
شکل برگ Leaf shape	-0.462*	-0.125	0.110	0.134	0.237	1.000

* ضریب همبستگی در سطح احتمالی 0.05 >p

** ضریب همبستگی در سطح احتمالی 0.01 >p

Correlation matrix in the probability level p< 0.05*

Correlation matrix in the probability level p< 0.01**

در صفات کمی، بیشترین همبستگی‌های مثبت در سطح احتمالی ($p\leq 0.01$) به‌ترتیب بین طول دمبرگ و طول خار (r =۰/۶۶۹)، طول دمبرگ و طول دم‌میوه (r =۰/۶۰۱)، طول میوه و عرض (قطر) میوه (r =۰/۵۸۴)، طول دم‌میوه و قطر میوه (r =۰/۵۶۳)، طول بذر و قطر میوه (r =۰/۴۵۹) و در سطح احتمالی ($p\leq 0.05$) بین وزن میوه و طول میوه (r =۰/۵۳۰)، طول پهنک و طول دمبرگ (r =۰/۴۶۰) و طول پهنک و وزن میوه (r =۰/۴۲۵)، مشاهده گردید (جدول ۶).

جدول۶- ماتریس همبستگی بین ۱۴ صفت کمی مطالعه شده بین ۲۲ ژنوتیپ سنجد

Table 6. Correlation matrix of 14 quantitative variables in 22 Russian olive genotypes

	طول پهنک Leaf lenth	عرض پهنک Leaf width	طول دمبرگ Petiole length	عرض دمبرگ Petiole width	طول خار Thorn length	عرض خار Thorn width	طول میوه Fruit length	عرض یا قطر میوه Fruit width	طول بذر Seed length	عرض یا قطر بذر Seed width	طول دم میوه Peduncle length	عرض یا قطر دم میوه Peduncle width	وزن میوه Fruit weight	وزن بذر Seed weight
طول پهنک (Leaf length)	1.000													
عرض پهنک برگ (Leaf width)	0.205	1.000												
طول دمبرگ (Petiole length)	0.460*	-0.009	1.000											
عرض دمبرگ (Petiole width)	-0.104	0.094	-0.26	1.000										
طول خار (Thorn length)	0.104	-0.079	0.669**	0.152	1.000									
عرض خار (Thorn width)	-0.008	-0.278	-0.384	-0.11	-0.182	1.000								
طول میوه (Fruit length)	0.044	-0.22	0.033	-0.371	-0.147	-0.406	1.000							
عرض یا قطر میوه (Fruit width)	0.009	0.09	0.229	-0.219	0.248	-0.451	0.584**	1.000						
طول بذر (Seed length)	0.137	0.42	-0.084	-0.345	-0.249	-0.156	0.1	0.459*	1.000					
عرض یا قطر بذر (Seed width)	-0.442	-0.128	-0.294	0.076	-0.253	0.22	-0.302	-0.314	-0.061	1.000				
طول دم میوه (Peduncle length)	0.366	0.026	0.601**	-0.501	0.312	-0.369	0.426*	0.563**	0.391	-0.445	1.000			
عرض یا قطر دم میوه (Peduncle width)	0.309	0.301	0.206	0.213	0.266	-0.267	-0.209	0.101	0.168	-0.099	0.3	1.000		
وزن میوه (Fruit weight)	0.425*	-0.401	0.205	0.265	0.570**	0.142	0. 530*	0.075	-0.601	-0.248	0.122	0.167	1.000	
وزن بذر (Seed weight)	0.147	0.12	0.115	0.331	0.314	-0.514	0.210	0.11	-0.127	-0.156	-0.077	-0.026	0.165	1.000

* ضریب همبستگی در سطح احتمالی $p< 0.05$

** ضریب همبستگی در سطح احتمالی $p< 0.01$

*Correlation matrix in the probability level $p< 0.05$

**Correlation matrix in the probability level $p< 0.01$

در مطالعه گرگوریوا و همکاران، بر روی گونه سنجد *E. multiflora* نیز همبستگی مثبت معنی‌داری در سطح احتمالی ($p\leq 0.05$) طول میوه و قطر میوه (r =۰/۶۸۹) گزارش گردید (Grygorieva *et al.*, 2018). در مطالعه دیگری بر روی سنجدهای بومی کشور (*E. angustifolia*)، وزن میوه با طول میوه (r =۰/۷۸)، با قطر میوه (r =۰/۹۲)، با شکل میوه (r =۰/۵۴)، با طعم میوه (r =۰/۴۳)، با طول بذر (r =۰/۷۱)، با قطر بذر (r =۰/۴۵) و با وزن بذر (r =۰/۷۸) همبستگی معنی‌دار مثبتی نشان داد (Khadivi *et al.*, 2020). محققین گزارش نموده‌اند که درختانی که طول و عرض برگی بیشتر یا به‌عبارتی برگ بزرگ‌تری داشته‌اند، دارای ابعاد میوه درشت و کشیده‌تری نیز بودند (Grygorieva *et al.*, 2018; Hassanzadeh and Hassanpour, 2019). این یافته در مطالعه حاضر در مورد سنجد مشاهده نگردید و اندازه میوه ژنوتیپ‌های سنجد این مطالعه، بیشتر متأثر از دوره رشد بود.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

با توجه به تنوع سنجدهای مورد مطالعه، تجزیه به اجزای اصلی برای تعیین سهم و میزان تأثیر هر صفت مورد مطالعه بر تنوع فعلی انجام شد. مؤلفه‌های اول (PC1) و دوم (PC2)، به‌دلیل برخورداری از سهم بیشتری از مقادیر ویژه، عمدتاً مطالعه می‌شوند. بر این اساس، در بین شش صفت کیفی، دو مؤلفه (جزء) ایجاد شد که تبیین کننده ۶۲٪ کل تغییرات بودند و به‌ترتیب در برگیرنده ۳۲/۹۶٪ و ۲۹/۰۳٪ کل تغییرات بود. با توجه به قدر مطلق اعداد گزارش شده برای صفات کمی، شکل برگ با PC1 و تاریخ رسیدن میوه با PC2 بیشترین همبستگی مثبت را نشان داد (جدول ۷). روش‌های آماری چند متغیره مانند تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) روش کارآمدی در خلاصه کردن تعداد صفات بیشتری به چندین مؤلفه اصلی می‌باشد ولی در آنالیز داده-ها در مورد تعداد صفات کمتر، قابلیت این روش‌ها کمتر می‌گردد(Mohammadi and Prasanna, 2007) . واریانس پایین مشاهده شده در بردارهای ویژه[۴] متغیرهای کیفی به‌دلیل همبستگی پایین بین صفات مورد مطالعه باشد (Abdi and Williams, 2010).از طرفی از نظر اصول علم آمار چون سیستم امتیازدهی صفات کیفی با کمی متفاوت است بالطبع روش آنالیز همبستگی و PCA آن‌ها هم بایستی با هم متفاوت باشند (Johnson and Wichern, 2007).

در مورد ۱۴ صفات کمی بررسی شده، در این تحقیق، پنج مؤلفه اول در برگیرنده ۷۷/۷۴٪ کل تغییرات بودند. مؤلفه‌های PC1 و PC2 به‌ترتیب ۵۵/۲۵٪ و ۱۸/۵۱٪ کل تغییرات را توجیه نمودند. از بین این صفات، طول دم میوه PC1 و طول بذر با PC2 بیشترین همبستگی مثبتی نشان دادند (جدول ۷).

جدول۷- مقادیر ویژه، نسبت، واریانس تجمعی، بُردار ویژه و همبستگی بین ۶ صفت کیفی و ۱۴ صفت کمی در ۲۲ ژنوتیپ سنجد

Table 7. Eigenvalues, the proportion of total variability as well as eigenvector and correlation between six qualitative and 14 quantitative variables in 22 Russian olive genotypes

صفات کیفی (Qualitative variables)		
مقادیر ویژه Eigenvalue	1.97	1.74
نسبت Proportion *	32.96	29.03
واریانس تجمعیCumulative	32.96	62.00
صفات Variables	مؤلفه اول PC1	مؤلفه دوم PC2
شکل میوه (Fruit shape)	-0.688	0.454
عطر و طعم میوه (Fruit aroma)	-0.413	0.407
رنگ پوست میوه (Fruit color)	-0.096	0.526
تاریخ رسیدن میوه (Fruit ripening date)	-0.101	0.890
تاریخ گل دهی (Flowering date time)	0.773	0.432
شکل برگ (Leaf shape)	0.846	0.339

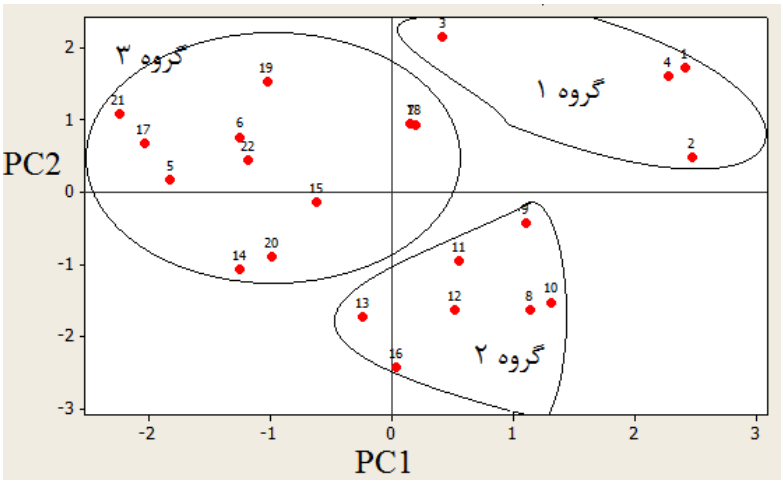
ادامه جدول۷- مقادیر ویژه، نسبت، واریانس تجمعی، بُردار ویژه و همبستگی بین ۶ صفت کیفی و ۱۴ صفت کمی در ۲۲ ژنوتیپ سنجد

Table 7. Cont. Eigenvalues, the proportion of total variability as well as eigenvector and correlation between six qualitative and 14 quantitative variables in 22 Russian olive genotypes

صفات کمی (Quantitative variables)					
مقادیر ویژه Eigenvalue	3.578	2.592	1.92	1.793	1.001
نسبت Proportion *	25.55	18.51	13.71	12.80	7.15
واریانس تجمعی Cumulative	25.55	44.07	57.78	70.59	77.74
صفات Variables	مؤلفه اول PC1	مؤلفه دوم PC2	مؤلفه سوم PC3	مؤلفه چهارم PC4	مؤلفه پنجم PC5
طول پهنک (Leaf length)	0.440	-0.047	0.396	-0.501	-0.477
عرض پهنک برگ(Leaf width)	0.191	-0.34	0.711	0.249	-0.115
طول دمبرگ(Petiole length)	0.699	0.348	0.073	-0.312	0.132
عرض دمبرگ(Petiole width)	-0.322	0.51	0.441	0.441	-0.112
طول خار(Thorn length)	0.472	0.712	0.097	-0.084	0.29
عرض خار (Thorn width)	-0.618	-0.012	-0.12	-0.614	-0.055
طول میوه (Fruit length)	0.481	-0.209	-0.674	0.305	-0.2
عرض یا قطر میوه (Fruit width)	0.706	-0.238	-0.241	0.271	0.217
طول بذر (Seed length)	0.349	-0.766	0.226	0.056	0.189
عرض یا قطر بذر (Seed width)	-0.608	-0.143	0.019	0.084	0.627
طول دمیوه (Peduncle length)	0.865	-0.115	-0.138	-0.269	0.148
عرض یا قطر دمیوه (Peduncle width)	0.356	0.161	0.622	-0.082	0.276
وزن میوه (Fruit weight)	0.086	0.836	-0.251	-0.132	0.029
وزن بذر (Seed weight)	0.219	0.375	0.03	0.729	-0.17

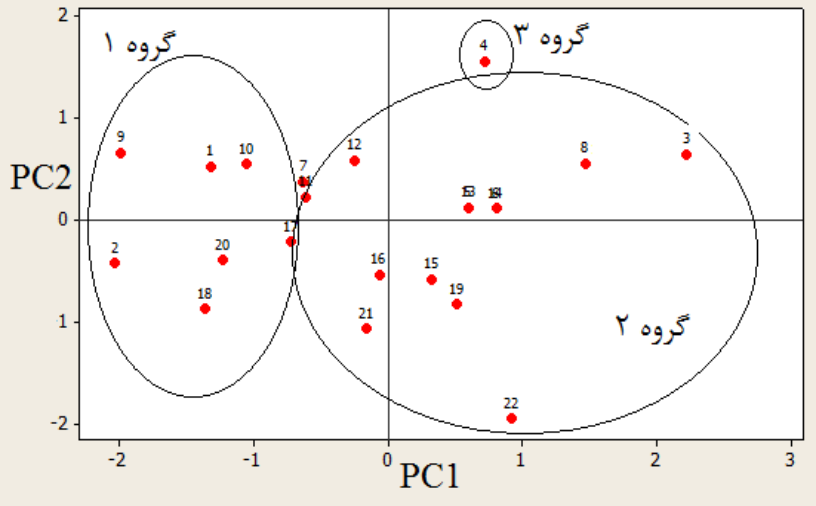
* نسبت: یعنی توجیه کننده چند درصد از تغییرات کل

در مطالعه چند متغیره بر روی جهت تعیین تأثیر خاک در پراکندگی درختان سنجد دو مؤلفه اول به ترتیب ۹۷/۰۸٪ و ۲/۸۳٪ کل تغییرات را نشان دادند (Mousavi Mirkala *et al.*, 2017). در مطالعه دیگری بر روی ژنوتیپ‌های سنجد ایرانی، ۹ مؤلفه اول، بیان کننده ۷۴/۹۳٪ کل تغییرات بودند و PC1 و PC2 به ترتیب ۱۹/۸٪ و ۱۴/۵٪ کل تغییرات را دربرداشتند (Safdari and Khadivi, 2021). بر اساس دندروگرام اسکترپلات و روش Ward، هر دو دسته صفات کیفی و کمی به سه گروه مجزا تفکیک شدند که این گروه‌بندی منطبق با تجزیه خوشه‌ای بود (شکل‌های ۱، ۲).



شکل ۱- دندروگرام اسکترپلات برای ۲۲ ژنوتیپ سنجد بر پایه دو مؤلفه اول (PC1/PC2). ایجاد شده توسط آنالیز وارد بر پایه ۶ صفت کیفی

Fig. 1- Scatter plot dendrogram for 22 Russian olive genotypes based on the first two principal components (PC1/PC2). Produced by Ward's cluster analysis, based on 6 qualitative variables



شکل ۲- دندروگرام اسکترپلات برای ۲۲ ژنوتیپ سنجد بر پایه دو مؤلفه اول (PC1/PC2). ایجاد شده توسط آنالیز اسکتر وارد بر پایه ۱۴ صفت کمی

Fig. 2- Scatter plot dendrogram for 22 Russian olive genotypes based on the first two principal components (PC1/PC2). Produced by Ward's cluster analysis, based on 14 quantitative variables

بر اساس دندروگرام حاصل شده برای صفات کیفی، چهار ژنوتیپ منطقه سیرجان در گروه (۱) قرار گرفتند. این ژنوتیپ‌ها با PC1 و PC2 همبستگی مثبت داشتند و به‌عبارتی بالاترین مقادیر مربوط به تمام صفات کیفی تحت بررسی در این چهار ژنوتیپ مشاهده گردید (شکل ۱). شش ژنوتیپ متعلق به منطقه بردسیر در گروه (۲) و بقیه ژنوتیپ‌های حاصل از کرمان در گروه (۳) قرار گرفتند (شکل ۱). در صورتی که دندروگرام صفات کمی چنین جدایش مشخصی بین خاستگاه جغرافیایی و ژنوتیپ‌ها حاصل نکرد. بدین معنی که ژنوتیپ‌های مناطق مختلف استان کرمان در هر سه گروه جود داشتند (شکل ۲). پنج ژنوتیپ از گروه (۲) و ژنوتیپ شماره (۴) سیرجان با هر دو مؤلفه PC1 و PC2 همبستگی مثبتی داشت. ژنوتیپ شماره (۴) محمودآباد سیرجان به تنهایی در گروه (۳) قرار داشت.

نتیجه‌گیری

به‌طور خلاصه، تجزیه و تحلیل صفات مورفولوژیکی چندگانه ژنوتیپ‌های سنجد، تنوع قابل‌توجه موجود بین ژنوتیپ‌های مناطق مختلف استان را مستدل می‌کند و لزوم نیاز به حفظ این منابع ارزشمند را یادآور می‌شود. بیشترین وزن میوه در ژنوتیپ شماره (۴) مشاهده شد که دارای طعم شیرین و عطر خوبی بود. این ژنوتیپ به منطقه محمودآباد سیرجان که منطقه گرمسیری سیرجان است، تعلق داشت. به‌علاوه، ژنوتیپ‌های شماره (۹)، (۱۰)، (۱۱) و (۱۹) متعلق به مناطق باب‌شگفت بردسیر، دشتکار بردسیر و پردیسان قائم کرمان نیز شیرین‌تر بودند و عطر مطلوبی داشتند. بیشترین مقادیر همبستگی صفات در PC1 بین صفات تاریخ گل‌دهی، شکل برگ، ابعاد برگ، میوه و بذر و همچنین وزن بذر مشاهده گردید. وجود صفات برگی برتر و برنامه‌های اصلاحی بعدی روی آن‌ها می‌تواند دامنه استفاده از سنجد را از حالت صرفاً میوه‌ای گسترش دهد. در تحقیق حاضر، دسته‌بندی توده‌ها از پراکنش جغرافیائی آن‌ها تبعیت نمی‌کرد که نشان‌دهنده این است که شرایط محیطی و قرار گرفتن در ارتفاع مختلف از سطح دریا، نقش چندانی در خوشه‌بندی ژنوتیپ‌ها ندارد. همچنین پژوهش حاضر پیشنهاد می‌کند که گونه غالب سنجد در استان، گونه *E. angustifolia* است که با اطلاعات محدود حاصل از سایر مطالعات در مورد سنجد این استان مطابقت دارد. هرچند، اثبات کامل این ادعا نیاز به اطلاعات تکمیلی و مطالعات بیشتری دارد.

پی‌نوشت‌ها

[1] Principle componenet analysis (PCA)
[2] Pearson correlation
[3] Spearman's correlation coefficient
[4] Eigenvalue

سپاسگزاری

این مطالعه، به‌عنوان بخشی از پروژه در حال انجام مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی بر روی "شناسایی و ارزیابی ژرم پلاسم سنجد در ایران" در استان کرمان مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین وسیله نویسندگان تشکر صمیمانه خویش را از مؤسسه مذکور و همچنین مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان به‌دلیل حمایت مالی و فراهم آوردن تسهیلات آزمایشگاهی ابراز می‌دارند.

منابع

Abdi, H. and Williams, L.J., 2010. Principal com ponent analysis. Wiley Interdisciplinary Reviews Computational Statistics. 2, 433–459.

Ahmadi, K., Ebadzaddeh, H.R., Hatami, F., Hosseinpour, R. and Abdeshah, H., 2020. Statistics of horticultural crops. Deputy Minister of pPlanning and Economic Affairs of the Ministry of Jihad Agriculture Iran. pp, 157.

Asadiar, L.S., Rahmani, F. and Siami, A., 2013. Assessment of genetic diversity in the Russian olive (*Elaeagnus angustifolia*) based on ISSR genetic markers. Revista Ciência Agronômica. 44, 310-316.

Assadi, M. and Janighorban, M., 2016. A contribution to the taxonomy of the genus *Elaeagnus* (Elaeagnaceae) in Iran as a native and cultivated tree. Nova Biologica Reperta. 3 (2), 118-122.

Babakhanzadehsejirani, E., Mousavizadeh, S.J. and Mozzaffari, K.H., 2016. Survey of phytochemical and antioxidant compounds of (*Elaeagnus angustifolia* L.) fruit extract from different habitant of Shahrood. Journal of Ecophytochemical of Medicine Plants. 16 (4), 62-73. (In Persian with English abstract).

Chalabi-Kabi, Z., 1980. Elaeagnaceae. In C.C. Town send & Guest, E. (ed.), Flora of Iraq. Ministry of Agriculture and Agrian Rreform Republic of Iraq. pp. 424- 427.

Daneshvar, H.A. and Kiani, B., 2003. Effect of salinity on some local cultivars of Russian olive (*Elaeagnus angustifolia*) in Isfahan province. Pajouhesh and Sazandegi. (65), 76-83 (In Persain with English abstract).

Ershadi, A., Farrokhi Toolir, J., Sona Hosseinova, S. and Molnar,T. J., 2020. An appraisal of phenotypic diversity among hazelnut wild germplasm from Northwest Iran. Journal of Nuts. 11 (4), 263-277.

Faust, M., 1989.Temperate fruit zone tree. John Wiley and Sons Inc. p. 348.

Grygorieva, O., Klymenko, S., Ilinska, A. and Brindza, J., 2018. Variation of fruits morphometric parameters of *Elaeagnus multiflora* thunb. Germplasm collection. Slovak Journal of Food Science. (1), 527-532.

Guilbault, K.R., 2011. The influence of chilling requirement on the southern distribution limit of exotic Russian olive (*Elaeagnus angustifolia*) in western North America. MS.c. Thesis. University Fort Collins, Colorado. USA.

Hassanzadeh, Z. and Hassanpour, H., 2019. Evaluation of fruit physical and color characterizations of some oleaster *(Elaeagnus angustifolia* L.) genotypes in Northwest of Iran. Journal of Horticultural Science. 23 (2), 273-285.

Hatami-Maleki, H., Karimzadeh, G.,

Darvishzadeh, R. and Sarrafi, A., 2011. Correlation and sequential path analysis of some agronomic traits in tobacco (*Nicotiana tabaccum* L.) to improve dry leaf yield. Australian Journal of Crop Science. 5, 1644-1648.

Janighorban, M., Feizi, M.T. and Assadi, M., 2014. Prepration and writing of Iranian flora (Elaeagnaceae). Nova Bilogica Reperta. 8, 118-122. (In Persian with English abstract).

Johnson, R.A. and Wichen, D.W., 2007. Applied multivariate statistical analysis. 6th edition, Pearson Education, Inc. London, Britain.

Jolliffe, I. T., 2002. Principal Component Analysis. Springer Series in Statistics. New York: Springer-Verlag.

Katz, G.L. and Shafroth, P.B., 2003. Biology, ecology and management of *Elaeagnus angustifolia L.* (Russian olive) in Western North America. Wetlands. 23(4), 763-777.

Khadivi, A., 2018. Phenotypic characterization of *Elaeagnus angustifolia* using multivariate analysis. Industrial Crops Products. 120, 155–161.

Khadivi, A., Mirheidari, F., Moradi, Y. and Paryan, S., 2020. Phenotypic variability of oleaster (*Elaeagnus angustifolia* L.) as revealed by morphological characteristics. Industrial Crops and Products. 149, 112-322.

Khamzina, A., Lamers, H.P.A. and Vlek, P.L., 2010. Quantification of symbiotic nitrogen fixation by *Elaeagnus angustifolia* L. on salt-affected irrigated croplands using two 15N isotopic methods. Tree Physiology. 29 (6), 799-808.

Mohammadi, S.A. and Prasanna B. M., 2003. Analysis of genetic diversity in crop plants-salient statistical tools and considerations. Crop Science. 43, 1235–1248.

Mousavi Mirkala, S.R., Menbari, M. and Eshaghi Rad, J., 2017 Study on ecological and growth characteristics of *Elaeagnus angustifolia* in West Azerbaijan. Plant Research Journal. 1 (30), 200-213 (In Persian with English abstract).

Pan, C., Zhao, H., Zhao, X., Liu, J., Liu, L., Hou, Y. and Zhang, L., 2011. Pollination ecology and breeding system of *Elaeagnus angustifolia*. IEEE Conferences. The 2nd International Conference on Multimedia Technology, 26th-28th July, Hangzhou, Chaina. P. 208-212.

Sabir, S.M. and Riaz, K., 2005. Morphological, biochemical and elemental analysis of *Elaeagnus umbellata*, a multipurpose wild shrub from Pakistan. Journal of Applied Horticulture. 7(2), 113-116.

Safdari, L. and Khadivi, A., 2021. Identification of the promising oleaster (*Elaeagnus angustifolia* L.) genotypes based on fruit quality-related characters. Food Science and Nutrition. (2), 1-10.

Srivastava, K., Khursheed, K.A., Zargar, A. and Shyma, R.S., 2010. Genetic divergence among *Corylus colurna* genotypes based on morphological characters of hazelnut. Biodiversity: Research and Conservation. 17, 13-17.

Sun, M. and Lin, Q., 2010. A revision of *Elaeagnus* L. (Elaeagnaceae) in mainland China. Journal of Systematics and Evolution. 48 (5), 356-390.

Uzun, A., Çelik, B., Karadeniz, T., Uğurtan Yilmaz, K. and Altintaş, C., 2015. Assessment of fruit characteristics and genetic variation among naturally growing wild fruit *Elaeagnus angustifolia* accessions. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 39, 286-294.

Yan, W. and Rajcan, I., 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. Crop Science. 42, 11-20.

Environmental Sciences Vol.21 / No.1 / Spring 2023

129-146

Original Article

Principle component analysis and determining relationships between the traits of native genotypes of Russian olive in Kerman Province

Javad Farrokhi Toolir[1*] and Mohammad Abedini Esfahlani[2]

1Agricultural and Horticultural Research Department, Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Education and Extension Research Organization (AREEO), Kerman, Iran
2Agricultural and Horticultural Research Department, Semnan (Shahrood), Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Education and Extension Research Organization (AREEO), Semnan, Iran

Received: 2022.10.19 Accepted: 2023.02.21

Farrokhi Toolir, J. and Abedini Esfahlani, M., 2023. Principle component analysis and determining relationships between the traits of native genotypes of Russian olive in Kerman Province. Environmental Sciences. 21(1): 129-146.

Introduction: Russian olive (Senjed) is planted in a large area in Iran, and at the same time, there are limited natural habitats for its species. This elder tree can be found in different types of soils and moisture conditions, but preferably it grows better in flood plains and humid coastal areas. Russian olive has a special place as one of the important products of Kerman Province. The area under cultivation and the amount of its production in Kerman are 309 hectares and 1100 metric tons, respectively. In this province, native trees are mainly cultivated along streams and on the edge of fields due to the deliciousness of their fruits. In spite of the wide variety and potential of it, there is less information available on the number of species and the genetic diversity of local genotypes. This study, as a preliminary investigation, showed the existence of high morphological diversity in the native Russian olive genotypes of the province, which reveals the importance of using them in future multi-breeding programs.

Material and methods: In this research, six qualitative traits include fruit shape, fruit aroma and flavor, fruit skin color, fruit ripening date, flowering date, and leaf shape, and fourteen quantitative traits including panicle length, panicle width, petiole length, petiole width, thorn length, thorn width, fruit length, fruit width, seed length, seed width, fruit tail length, fruit tail width, fruit weight, and seed weight were studied between 22 Russian olive native genotypes from Sirjan, Bardsir and Kerman regions.

[*] Corresponding Author: *Email Address*. j.farrokhi@areeo.ac.ir

Results and discussion: The results showed the existence of many traits among genotypes. The average fruit length was 1.87 cm, fruit diameter 1.12 cm, fruit weight 1.49 grams, seed weight 0.52 grams, leaf length 4.27 cm and leaf width 2.48 cm. The highest fruit weight and fruit quality and flavor were reported in genotype number (4) of Mahmoudabad, Sirjan. The highest positive correlation coefficient at the probable level ($p<0.01$) was observed in petiole length and spine length ($r=0.669$), petiole length and fruit tail length ($r=0.601$), and fruit length and fruit diameter ($r=0.584$). Analyzing into main components in qualitative traits showed that the first two components explained 62% of the total changes. In quantitative traits, the first five components included 74.77% of the total changes. Based on the dendrogram of the scatterplot of quantitative and qualitative traits, all genotypes were divided into three separate groups. In the present research, the classification of masses based on quantitative traits did not follow their geographical distribution**.**

Conclusion: The highest fruit weight belonged to the genotype of Mahmoud Abad Sirjan, which is a tropical region of Sirjan, and it had a sweet taste and a good aroma. The highest correlation values of traits were observed in PC1 between the traits of flowering date, leaf shape, leaf, fruit and seed dimensions, as well as seed weight. The presence of superior leaf traits and the subsequent improvement programs on them can expand the scope of use of elderberry from the fruit-only state. Environmental conditions and being at different heights above sea level do not play a significant role in the classification of genotypes.

Keywords: Dendrogram, Coefficient of variation, Morphologic, Correlation.