Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 53, No 4, Winter 2023 (869-880)
DOI: 10.22059/ijhs.2022.330341.1967

علوم باغبانی ایران
دورۀ ۵۳، شمارۀ ۴، زمستان ۱۴۰۱ (ص ۸۸۰-۸۶۹)

نشریه پژوهشی:

ارزیابی خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی برخی از ژنوتیپ‌های وحشی دانه‌دار زرشک در منطقه شاهرود

لعیا خوش اندام[۱]، علیرضا فرخزاد[۲*] و مهدی رضائی[۳]
۱ و ۲. دانشجوی دکتری و دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۳. دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۸/۷ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱/۱۹)

چکیده

زرشک یکی از محصول‌های مهم باغبانی است که به دلیل ویژگی‌های کم نظیر دارویی از جایگاه ممتازی بین محصولات باغبانی برخوردار است. هدف پژوهش حاضر ارزیابی خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی میوه برخی از ژنوتیپ‌های وحشی دانه‌دار زرشک شاهرود جهت معرفی ژنوتیپ‌های برتر برای مطالعات تکمیلی بوده است. طی پژوهش حاضر، ۲۷ ژنوتیپ زرشک از سه منطقه نکارمن، اولنگ و ده‌خیر شاهرود انتخاب و برخی صفات مورفولوژیکی از جمله طول، عرض و وزن میوه و دانه، طول دم میوه، تعداد دانه در میوه، طول و عرض برگ، طول دمبرگ و همچنین صفات بیوشیمیایی از جمله فنل، فلاونوئید و آنتوسیانین‌کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مورد ارزیابی تفاوت معنی‌داری وجود دارد. بیشترین اندازه طول، عرض و وزن میوه و دانه، طول و عرض برگ، طول دمبرگ و خوشه و تعداد دانه در میوه در ژنوتیپ اولنگ ۱ (OL1) مشاهده شد. وزن میوه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، از ۰/۰۹ در ژنوتیپ نکارمن۵ (NK5) تا ۰/۲۸ گرم در ژنوتیپ اولنگ۲ (OL1) و ۰/۲۷ گرم در اولنگ۱ (OL1) متغیر بود. بیشترین میزان فنل کل (۷۵ میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره)، فلاونوئیدکل (۳۷/۲ میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره) و فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۳۸ درصد) در ژنوتیپ اولنگ۳ (OL3) مشاهده شد. ژنوتیپ‌های جمع آوری شده از منطقه نکارمن دارای آنتوسیانین بالاتری بودند. بر اساس محاسبه ضریب تنوع فنوتیپی، بیشترین و کمترین میزان تنوع به ترتیب در شاخص کروما (۱۰۹ درصد) و صفت طول خوشه (۶/۱۰ درصد) بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، زرشک، فنل‌کل، گیاهان دارویی.

Evaluation of some morphological and biochemical characteristics of wild seeded barberry genotypes (*Berberis* L.) in Shahrood region

Laya Khoshandam[1], Alireza Farokhzad[2*] and Mehdi Rezaei[3]
1, 2. Ph.D. Candidate and Associate Professor, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
3. Associate Professor, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran
(Received: Oct. 29, 2021- Accepted: Apr. 08, 2022)

ABSTRACT

Barberry is one of the most important horticultural crops that has a privileged position among horticultural products due to its unique medicinal properties. The aim of this study was to evaluate the morphological and biochemical characteristics of the fruit of some wild barberry genotypes in Shahroud to introduce the superior genotypes. 27 barberry genotypes were selected from three regions of Shahroud (Nekarman, Olang and Dehkhair), and sampling from each genotype was done in three replications. Morphological traits including fruit width and length, fruit weight, fruit tail length, seed width and length, seeds weight, number of seeds per fruit, leaf length, leaf width, petiole length, as well as total phenol and flavonoid, anthocyanins content and antioxidant activity were evaluated. The results showed that there was a significant difference between the genotypes in terms of the evaluated traits. The highest length, width and weight of fruit, seed length and width, seeds weight, seeds number per fruit, leaf length and width, petiole and cluster length were observed in Olang 1 (OL1) genotype. Fruit weight in the studied genotypes, varied from 0.09 in Nekarman 5 (NK5) to 0.28 g in OL2 and 0.27 g in OL1 genotypes. The highest amount of phenol (75 mg/g FW), flavonoids (37.2 mg/100 g FW) and antioxidant activity (38%) were recorded in OL3 genotype. Genotypes collected from Neckarman region had considrable anthocyanins content. According to the results, the highest (109%) and lowest (6.10%) amount of phenotypic coefficient of variation were observed for chroma index and cluster length, respectively.

Keywords: Antioxidants, barberry, medicinal plants, total phenol.

* Corresponding author E-mail: a.farokhzad@urmia.ac.ir

مقدمه

زرشک (*Berberis* L.) از مهم‌ترین محصولات باغی و دارویی بوده که به دلیل دارا بودن ویژگی‌های کم نظیر دارویی از جایگاه ویژه‌ای بین محصولات باغبانی برخوردار است. تیره زرشک (Berberidaceae) شامل ۱۵ جنس و ۶۵۰ گونه است که بیشتر آن‌ها در مناطق معتدله نیمکره شمالی پراکنده‌اند (Tavakoli *et al*., 2016). مهم‌ترین جنس آن، *Berberis* L. می‌باشد. این جنس دارای ۵۰۰ گونه است که شماری از آن‌ها در ایران رشد می‌کنند. طبق نظر گیاه شناسان، پنج گونهٔ وحشی زرشک شامل زرشک معمولی (*Berberis vulgaris*)، زرشک راست خوشه (*B. orthobotrys*)، زرشک خراسانی (*B. khorasanica*)، زرشک زالزالکی (*B. crataegina*) و زرشک زرافشانی (*B. integerrima*) در ایران وجود دارد (Alemardan *et al*., 2013). علاوه بر اینکه زرشک بدلیل دارا بودن برخی مواد موثره از جمله بربرین، در طب سنتی کاربرد زیادی دارد (Mohammadzadeh *et al*., 2017)، به‌عنوان یک محصول مهم اقتصادی، نقش عمده‌ای در اقتصاد کشاورزی مردم ایران به خصوص هزاران خانوار روستایی در استان خراسان جنوبی دارد (Rezaei *et al*., 2015).

ارزیابی ویژگی‌های ریخت‌شناسی منابع ژنتیکی و جمع‌آوری صفات مطلوب در یک رقم از اهداف مهم اصلاحی در گیاهان است. اطلاعات حاصل از ارزیابی ژنتیکی و ریخت‌شناسی گیاهان، برای بررسی و ارزیابی تنوع متابولیسمی گیاهان نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Fang *et al*., 2019). با توجه به اینکه زرشک به صورت وحشی در زیستگاه‌های متفاوتی رشد می‌کند، دارای تنوع زیادی از نظر خصوصیات ریخت‌شناسی می‌باشد. از طرفی همین اطلاعات ژنتیکی می‌تواند در مدیریت خزانه ژنی جوامع گیاهی کمک کننده باشد (Arroyo *et al*., 2021). ارزیابی این تنوع ژنتیکی و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر از لحاظ خصوصیات کمی و کیفی می‌تواند گام بسیار مهمی در راستای حفظ ژرم پلاسم زرشک و استفاده از آن‌ها در برنامه اصلاحی تکمیلی باشد. در این راستا مطالعات متعددی در نقاط مختلف انجام شده است. محققان با بررسی ۱۳۳ ژنوتیپ زرشک استان خراسان جنوبی، وجود تنوع بالا در این منطقه را گزارش کردند (Goodarzi *et al*., 2018). Akbulut *et al*. (2009)، بیان داشتند که ارزیابی خصوصیات فیزیکی و بیوشیمیایی میوه زرشک گام مهمی در جهت مدیریت بهتر برداشت، حمل و نقل، انبارداری و فراوری بوده و می‌تواند اطلاعات مفیدی را از لحاظ ارزش تغذیه‌ای میوه زرشک فراهم نماید. ارزیابی ویژگی‌های مورفولوژیکی و ارزش تغذیه‌ای میوه زرشک نشان داد که نوع ژنوتیپ و محل رشد گیاه از عامل‌های اصلی و تعیین‌کننده در عملکرد و ارزش تغذیه‌ای میوه زرشک می‌باشند (Ahmed *et al*., 2013). Alizadeh & Hassanpour (2017)، طی بررسی خواص ریخت‌شناسی ژنوتیپ‌های زرشک وحشی استان آذربایجان‌غربی، گزارش کردند که ژنوتیپ‌های مربوط به *B. inteegrrima* دارای بیشترین وزن میوه بوده و بین صفات وزن میوه، طول و عرض برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. علاوه بر این تنوع در صفات مهم اصلاحی و خصوصیات فیتوشیمیایی (Kremer *et al*. 2012) و فعالیت آنتی‌اکسیدانی (Gholizadeh-Moghadam *et al*., 2019) در بین ژنوتیپ‌های مختلف زرشک گزارش شده است.

Talebi *et al*. (2019) با بررسی خواص آنتی‌اکسیدانی برخی ژنوتیپ‌های زرشک بومی ایران، ژنوتیپ‌هایی با بالاترین میزان ظرفیت آنتی اکسیدانی و فلاونوئیدی را گزارش کردند. با توجه به تنوع و پراکندگی بالای ژنوتیپ‌های زرشک دانه دار در مناطق مختلف شاهرود و لزوم ارزیابی این ژنوتیپ‌ها برای حفظ و مدیریت این ژرم پلاسم، در پژوهش حاضر ۲۷ ژنوتیپ وحشی دانه‌دار زرشک از سه منطقه مهم پراکنش زرشک در شهرستان شاهرود (اولنگ، نکارمن و ده‌خیر) شناسایی و برخی ویژگی‌های کمی و کیفی مربوط به میوه، بذر و برگ مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

جهت ارزیابی خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی نمونه‌های زرشک وحشی و دانه‌دار (*Berberis crataegina*) شهرستان شاهرود، ۲۷ ژنوتیپ در فصل پاییز سال ۱۳۹۵ از سه منطقه اولنگ، نکارمن و ده‌خیر

جمع‌آوری شد. عکس میوه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در پژوهش حاضر و اطلاعات جغرافیایی مناطق جمع‌آوری از جمله موقعیت جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، عرض و طول جغرافیایی به ترتیب در شکل ۱ و جدول ۱ نشان داده شده است.

از هر ژنوتیپ ۳ نمونه میوه (هر نمونه حدود ۱۵۰ گرم) برداشت شد و از هر نمونه ۲۰ میوه سالم و بدون بیماری به‌طور تصادفی انتخاب و شاخص‌های مورفولوژیک و بیوشیمیایی مورد ارزیابی قرار گرفت. صفات طول و عرض میوه و دانه، طول و عرض برگ، طول دمبرگ و طول دم میوه با استفاده از کولیس دیجیتالی (با حساسیت ۰/۰۱ میلی‌متر) اندازه گیری شد و برای وزن میوه و دانه از ترازوی دیجیتالی (با حساسیت ۰/۰۰۱ گرم) استفاده شد. تعداد دانه‌ها نیز از طریق شمارش محاسبه شد.

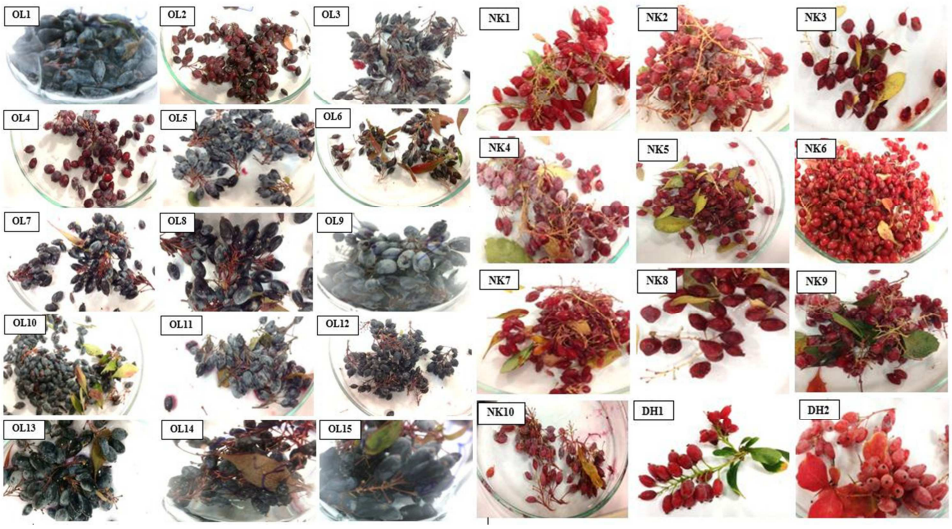
اندازه‌گیری رنگ میوه با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج هانترلب مدل sunset H1149 انجام شد و نتایج آزمایش رنگ با ۳ شاخص هانتر (*a، *L و *b) مشخص گردید (Atares *et al*., 2011). میزان فنل‌کل بر اساس روش فولین سیوکالتو و استاندارد اسید گالیک با کمی تغییر مورد ارزیابی قرار گرفت (Singleton *et al*., 1999). فلاونوئیدکل به روش رنگ‌سنجی آلومینیوم کلراید با استاندارد کوئرستین اندازه‌گیری شد (Chang *et al*., 2002). جهت سنجش فعالیت آنتی‌اکسیدانی‌کل به روش DPPH، به ۸۰ میکرولیتر از عصاره ۱ برابر رقیق شده متانولی استخراجی، ۸ میلی‌لیتر محلول DPPH ۰/۱ مولار اضافه گردید. محلول حاصل با دور متوسط هم زده شد و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. قرائت جذبی محلول مورد نظر در طول موج ۵۱۷ نانومتر صورن گرفت (Nakajima *et al*., 2004). همچنین برای اندازه‌گیری آنتوسیانین‌کل در میوه از روش متانول اسیدی و مطابق روشی که در مقاله Gholizadeh-Moghadam *et al.* (2019) شرح داده شده است، استفاده شد.

کلیه داده‌های به‌دست‌آمده به‌صورت آنالیز یک‌طرفه ساده و با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و از آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای مقایسه میانگین داده‌ها استفاده قرار گرفت.

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی ژنوتیپ‌های مورد بررسی زرشک در شاهرود.

Table 1.Geographical location of studied genotypes of barberry in Shahroud.

Genotype	Species	Collection site	Longitude	Latitude	Altitude
NK1	*B.crataegina*	Nekarman Shahrood	54°83′10″	36°53′42″	2083
NK2	*B.crataegina*	Nekarman Shahrood	54°83′10″	36°53′41″	2097
NK3	*B.crataegina*	Nekarman Shahrood	54°83′10″	36°53′41″	2098
NK4	*B.crataegina*	Nekarman Shahrood	54°73′18″	36°53′45″	2133
NK5	*B.crataegina*	Nekarman Shahrood	54°82′93″	36°53′62″	2135
NK6	*B.crataegina*	Nekarman Shahrood	54°82′95″	36°53′61″	2124
NK7	*B.crataegina*	Nekarman Shahrood	54°82′93″	36°53′76″	2176
NK8	*B.crataegina*	Nekarman Shahrood	54°82′81″	36°53′66″	2151
NK9	*B.crataegina*	Nekarman Shahrood	54°82′82″	36°53′61″	2139
NK10	*B.crataegina*	Nekarman Shahrood	54°82′62″	36°53′59″	2130
OL1	*B.crataegina*	Olang Shahrood	55°24′24″	36°83′19″	2093
OL2	*B.crataegina*	Olang Shahrood	55°24′24″	36°83′19″	2098
OL3	*B.crataegina*	Olang Shahrood	55°22′04″	36°83′69″	2100
OL4	*B.crataegina*	Olang Shahrood	55°23′61″	36°83′22″	2127
OL5	*B.crataegina*	Olang Shahrood	55°22′17″	36°83′58″	2115
OL6	*B.crataegina*	Olang Shahrood	55°21′24″	36°83′27″	2110
OL7	*B.crataegina*	Olang Shahrood	55°21′13″	36°83′44″	2111
OL8	*B.crataegina*	Olang Shahrood	55°25′44″	36°82′40″	2210
OL9	*B.crataegina*	Olang Shahrood	55°25′70″	36°83′22″	2129
OL10	*B.crataegina*	Olang Shahrood	55°34′21″	36°82′10″	2212
OL11	*B.crataegina*	Olang Shahrood	55°34′04″	36°81′49″	2208
OL12	*B.crataegina*	Olang Shahrood	55°36′32″	36°82′22″	2210
OL13	*B.crataegina*	Olang Shahrood	55°36′41″	36°82′28″	2213
OL14	*B.crataegina*	Olang Shahrood	55°42′34″	36°82′99″	2211
OL15	*B.crataegina*	Olang Shahrood	55°44′66″	36°82′21″	2224
DH1	*Berberis* sp.	Dehkheyr Shahrood	54°99′45″	36°53′50.4″	1424
DH2	*Berberis* sp.	Dehkheyr Shahrood	54°99′45″	36°53′50″	1426



شکل ۱. تصاویر مربوط به میوه ژنوتیپ‌های وحشی زرشک مورد بررسی در منطقه شاهرود.
برای علائم اختصاری ژنوتیپ ها به جدول ۱ مراجعه شود.

Figure 1. Fruit images of wild studied barberry genotypes in Shahroud region.
See table 1 for genotypes abbreviations.

نتایج و بحث

طول، عرض و وزن میوه و دانه، طول دم میوه و تعداد بذر در میوه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر نوع ژنوتیپ بر طول، عرض و وزن میوه و دانه، طول دم میوه و تعداد بذر در میوه زرشک‌های دانه‌دار مورد مطالعه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). دامنه تغییرات طول میوه بین ۷/۲ تا ۱۱/۹ میلی متر و برای عرض میوه بین ۳/۱۶ تا ۸/۱ میلی‌متر بود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳)، بیشترین طول و عرض میوه در ژنوتیپ OL1 مشاهده شد. ضریب تغییرات فنوتیپی برای طول میوه ۱۲/۳۲ درصد و برای عرض میوه ۲۵/۵۸ درصد بود. در پژوهش حاضر، بیشترین مقدار وزن میوه در ژنوتیپ‌های OL12 و OL2 (۰/۲۸ گرم) و OL6، OL11 و OL1 (۰/۲۷ گرم) و کمترین مقدار در ژنوتیپ NK5 (۰/۰۹ گرم) مشاهده شد. طبق نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر مشخص شد که وزن میوه در ژنوتیپ‌های منطقه اولنگ به طور معنی‌داری بیشتر از ژنوتیپ‌های سایر مناطق بود. کمترین اندازه طول دم میوه (۲/۰۶ میلی‌متر) در ژنوتیپ OL8 و بیشترین اندازه طول دم میوه (۶/۳۵ میلی متر) در ژنوتیپ NK4 مشاهده شد. طبق نتایج پژوهش حاضر، تمامی ژنوتیپ‌های مورد بررسی دانه دار بودند. بیشترین وزن دانه در ژنوتیپ‌های OL1، OL2، OL3، OL4 و OL5 (۰/۰۴ گرم) و کمترین مقدار در ژنوتیپ NK1، NK2 و NK3 (۰/۰۱ گرم)، بیشترین طول دانه در ژنوتیپ OL1 (۷/۵۶ میلی‌متر) و کمترین اندازه در ژنوتیپ NK8 (۴/۲ میلی‌متر)، بیشترین اندازه عرض دانه در ژنوتیپ OL1 (۴/۹۲ میلی‌متر) و کمترین اندازه در ژنوتیپ‌های NK4 و NK10 (۱/۷۵ میلی‌متر) مشاهده شد. بر اساس نتایج، بیشترین تعداد دانه در ژنوتیپ OL1 (۳عدد) و کمترین تعداد در ژنوتیپ‌های نکارمن، ده‌خیر و ژنوتیپ‌های OL2، OL3 و OL4 (۱عدد) مشاهده گردید. در پژوهش حاضر ضریب تنوع فنوتیپی برای صفت طول دم میوه ۲۷/۲۲ درصد بود. با توجه به نتایج مقایسات میانگین، ژنوتیپ‌های جمع آوری شده از منطقه اولنگ دارای طول، عرض و وزن میوه و بذر، تعداد بذر در میوه و طول خوشه بیشتری نسبت به ژنوتیپ‌های منطقه ده‌خیر و نکارمن شاهرود بودند. اندازه طول بذر بین ۴/۲ تا ۷/۵۶، عرض بذر ۱/۷۵ تا ۴/۹۲ و طول خوشه بین ۳۰/۷۸ تا ۳۸/۲۷ میلی‌متر متغیر بود. ضریب تنوع فنوتیپی برای طول بذر ۱۵/۳۱ درصد و عرض بذر ۲۸/۳۲ درصد بود. همچنین پائین‌ترین ضریب تنوع فنوتیپی برای صفت طول خوشه (۶/۱ درصد) گزارش شد (جدول ۳).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس تاثیر ژنوتیپ بر برخی صفات مرتبط با میوه و بذر زرشک منطقه شاهرود.
Table 2. Results of variance analysis effect of genotype on some traits related to seed and fruit of barberry in Shahroud region.

Source of variation	df	Mean of squares							
		Fruit length	Fruit width	Fruit weight	fruit tail length	Seed length	Seed width	Seed number	Seed weight
Genotype	26	4.33**	6.96**	0.002**	3.52**	2.4**	2.02**	0.84**	0.1**
Error	54	0.03	0.01	0.001	0.03	0.01	0.01	0.06	0.01
CV%		0.57	2.32	2.68	4.42	2.32	0.76	15.48	12.38

** Significantly different at 1% of probability level. ** تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

ادامه جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس تاثیر ژنوتیپ بر برخی صفات مرتبط با برگ و شاخص های رنگ زرشک منطقه شاهرود.
Continued table 2. Results of variance analysis effect of genotype on some traits related to leaf and color index of barberry in Shahroud region.

Sources of variation	df	Mean of squares							
		Leaf length	Leaf width	Petiole length	L*	a*	b*	chroma	Hue
Genotype	26	99.04**	18.97**	3.03**	1278.3**	491.56**	83.74**	5.33**	1436.48**
Error	54	0.01	0.03	0.01	0.001	0.006	2.09	0.002	0.72
CV%		0.32	1.18	2.17	0.12	0.12	21.21	1.28	1.22

** Significantly different at 1% of probability level. ** تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

ادامه جدول ۲. تجزیه واریانس تاثیر ژنوتیپ بر خصوصیات فیتوشیمیایی میوه زرشک منطقه شاهرود.
Continued table 2. Results of variance analysis effect of genotype on phytochemical characteristics of barberry fruits in Shahroud region.

Sources of variation	df	Mean of squares			
		Total phenol	Total flavonoids	Total anthocyanin	Antioxidant activity
Genotype	26	310.39**	68.28**	87.56**	260.13**
Error	54	0.001	0.004	0.1	0.02
CV%		0.007	0.23	1.23	0.76

** Significantly different at 1% of probability level. ** تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

Akbulut *et al.* (2009)، با مطالعه روی خصوصیات کمی و کیفی میوه زرشک (*Berberis vulgaris* L.) در ترکیه، متوسط عرض، طول و وزن میوه را به ترتیب ۳/۳۲ میلی‌متر، ۷/۶۹ میلی‌متر و ۰/۰۷ گرم گزارش کردند. Goodarzi *et al.* (2018) به بررسی ژنوتیپ‌های خراسان جنوبی پرداخته و گزارش کردند که طول و عرض میوه به ترتیب بین ۷/۴ تا ۱۰/۸ و ۴/۳۸ تا ۸/۰۵ میلی‌متر متغیر بود. در پژوهش حاضر تفاوت‌های معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ خصوصیات کمی و کیفی مورد ارزیابی مشاهده شد. با توجه به اینکه اندازه میوه از صفات مهم در برنامه های اصلاحی زرشک می‌باشد، در پژوهش حاضر این صفت مورد ارزیابی قرار گرفت و مشخص شد که دامنه تغییرات وزن میوه در بین ژنوتیپ‌ها خیلی بیشتر از گزارشات سایر پژوهشگران روی سایر ژنوتیپ‌های زرشک بود. در پژوهش Alizadeh & Hassanpour (2017) که بر روی ژنوتیپ‌های وحشی زرشک استان آذربایجان غربی انجام شد، دامنه تغییرات وزن میوه بین ۰/۱۶ تا ۰/۲۱ گرم بدست آمد. در صورتی که در پژوهش حاضر این دامنه بین ۰/۰۹ تا ۰/۲۸ گرم بود.

Kremer *et al.* (2012) با مطالعه روی ویژگی‌های میوه و دانه دو گونه زرشک (*B. croatica* Horvat و *B. vulgaris*)، نتیجه گرفتند که اندازه میوه به طول دانه و عرض دانه بستگی داشته و هرچه دانه بزرگ باشد، ابعاد میوه نیز بزرگتر خواهد بود. اندازه میوه در مطالعات اصلاحی زرشک مهم می‌باشد و ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل بالا در هر منطقه می‌توانند جهت ارزیابی های تکمیلی مورداستفاده قرار گیرند. در پژوهش حاضر، ژنوتیپ OL1 با داشتن بیشترین طول، عرض و وزن میوه و طول خوشه برتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود. با این حال این ژنوتیپ طول، عرض و وزن دانه بیشتری نیز داشته و از تعداد دانه در میوه بیشتری برخوردار بود که از این نظر مطلوب نبود. با توجه به اهمیت اندازه میوه همراه با نرم‌دانگی و و کیفیت ظاهری میوه زرشک، ارزیابی تکمیلی ژنوتیپ OL1 همراه با ژنوتیپ‌های OL2، OL8، OL13، NK9، NK2 و DH2 لحاظ عملکرد، مقاومت‌ها، نرم‌دانگی و سایر خصوصیات مهم پومولوژیکی در مطالعات آتی ضروری خواهد بود.

جدول ۳. مقایسه میانگین تاثیر نوع ژنوتیپ بر برخی صفات مرتبط با میوه و دانه ژنوتیپ‌های زرشک منطقه شاهرود.

Table 3. Mean comparison of genotype effect on some traits related to fruit and seeds of barberry genotypes in Shahroud region.

Genotype	Fruit length (mm)	Fruit width (mm)	Fruit weight (g)	Fruit tail length (mm)	Seed length (mm)	Seed width (mm)	Seed number	Seed weight (g)
NK1	8.31 n	4.84 e	0.11 e	5.06 b	5.29 ij	2.56 l	1 c	0.01 d
NK2	7.74 o	3.38 i	0.15 de	5.05 b	5.74 h	2.11 o	1 c	0.01 d
NK3	8.6 m	4.75 e	0.11 e	4.98 b	5.6 hi	1.98 p	1 c	0.01 d
NK4	7.20 p	3.16 i	0.15 de	6.35 a	5.2 ij	1.75 q	1 c	0.02 c
NK5	8.92 k	4.35 h	0.09 e	4.37 d	5 jkl	2.06 o	1 c	0.02 c
NK6	8.8 k	4.9 e	0.11 e	4.12 de	4/36 mn	2.3 m	1 c	0.02 c
NK7	8.9 k	4.66 ef	0.12 de	4.58 bcd	4.23 n	2.06 o	1 c	0.02 c
NK8	8.20 n	4.8 e	0.11 e	4.65 bcd	4.2 n	1.98 p	1 c	0.02 c
NK9	j 9.67	4.57 efg	0.19 cd	4.7 bcd	4.67 lm	2.2 n	1 c	0.02 c
NK10	8.66 lm	4.18 gh	0.14 de	4.65 bcd	4.76 kml	1.75 q	1 c	0.02 c
OL1	11.9 a	8.1 a	0.27 a	2.46 klm	7.56 a	4.92 a	3 a	0.04 a
OL2	11 b	7.82 ab	0.28 a	2.54 klm	6.92 b	4.1 b	1 c	0.04 a
OL3	10.66 def	6.9 d	0.26 ab	4.58 bcd	6.71 bc	3.98 c	1 c	0.04 a
OL4	10.91 bc	7.1 d	0.21 bc	4.6 bcd	6.63 bcd	3.75 d	1 c	0.04 a
OL5	10.8 cd	7.2 cd	0.26 ab	4.6 bcd	6.5 bcde	3.56 f	2 b	0.04 a
OL6	10.7 de	7.23 cd	0.27 a	4.6 bcd	6.2 def	3.55 f	2 b	0.04 a
OL7	10.6 ef	7.25 cd	0.26 ab	4.7 bcd	6 fgh	3.1 i	2 b	0.03 b
OL8	10.5 fgh	6.9 d	0.27 a	2.06 m	6.16 ef	3.35 gh	2 b	0.03 b
OL9	10.24 i	7 d	0.25 ab	2.76 ijkl	6.3 cdef	3 j	2 b	0.03 b
OL10	10.33 hi	7.5 bc	0.26 ab	3.25 fgh	6.3 cdef	2.93 j	2 b	0.03 b
OL11	10.56 efg	7.2 cd	0.27 a	3.79 ef	6.06 efg	3.07 i	2 b	0.03 b
OL12	10.4 chi	7.1 cd	0.28 a	3.34 fgh	6.06 efg	2.64 k	2 b	0.03 b
OL13	10.6 ef	6.9 d	0.26 ab	3.48 fg	6.01 efg	3.26 h	2 b	0.03 b
OL14	10.8 cd	7 d	0.25 ab	2.33 lm	6.5 bcde	3.5 f	2 b	0.03 b
OL15	10.71 de	7.1 cd	0.25 ab	2.93 hij	6.5 bcde	3.1 i	2 b	0.03 b
DH1	8.75 lm	4.06 h	0.11 e	2.33 lm	5.1 j	2.36 m	1 c	0.02 c
DH2	8.8 k	4.5 efgh	0.12 de	3.06 ghi	4.97 jkl	2.38 m	1 c	0.02 c
Max	11.9	8.1	0.28	6.35	7.56	4.92	3	0.04
Min	7.2	3.16	0.09	2.06	4.2	1.75	1	0.01
CV %	12.32	25.58	35	27.22	15.31	28.32	36.30	45

در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی داری ندارند .

In each column means followed by at least a common letter, are not significantly different at 1% probebility level.

طول و عرض برگ و طول دمبرگ

تاثیر ژنوتیپ در سطح احتمال ۱ درصد بر طول و عرض برگ و طول دمبرگ معنی‌دار بود (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسات میانگین (جدول۴)، بیشترین طول برگ (۴۲ میلی‌متر)، عرض برگ (۲۰/۰۶ میلی-متر) و طول دمبرگ (۷/۲۴ میلی‌متر) متعلق به ژنوتیپ OL1 بود. کمترین طول برگ در ژنوتیپ DH2 (۲۶ میلی‌متر)، کمترین عرض برگ در ژنوتیپ NK3 (۱۲/۶۵ میلی‌متر) و کمترین طول دمبرگ در ژنوتیپ NK5 (۴/۰۶ میلی‌متر) مشاهده شد.

برگ به عنوان بافت اصلی فتوسنتز در گیاهان عالی مطرح می‌باشد. در مطالعات مختلفی به رابطه بین تعداد و سطح برگ و اندازه میوه در درختان میوه اشاره شده است (Baïram *et al*., 2019; Singh *et al*., 2007). لذا در ارزیابی‌های مرتبط با تنوع ژنتیکی، لازم است خصوصیات مختلف مرتبط با برگ نیز مورد ارزیابی قرار گیرد. تفاوت در ابعاد برگ زرشک در مطالعات Tatari *et al.* (2019) نیز گزارش شده است.

شاخص‌های رنگی میوه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، نشان داد که تاثیر ژنوتیپ بر شاخص‌های رنگی میوه زرشک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. بالاترین شاخص a* در ژنوتیپ NK2، b* در ژنوتیپ DH2، شاخص رنگی هیو در ژنوتیپ OL6 و شاخص کروما در ژنوتیپ OL3 مشاهده شد. دامنه تغیرات شاخص‌های رنگی میوه L*، a* وb* در تحقیق حاضر به ترتیب بین ۷۲/۱-۹/۰۶، ۶/۲۵-۴۰/۵۵ و ۱/۸۹-۱۸/۶۳ متغیر بودند. بالاترین شاخص هیو و کروما به ترتیب در ژنوتیپ‌های OL6 (۹۹) و OL3 (۱۵/۶۶) مشاهده شد. شاخص‌های رنگی مورد ارزیابی، دارای بیشترین تنوع فنوتیپی در بین اکثر صفات بودند به طوری که بیشترین ضریب تنوع فنوتیپی برای شاخص کروما به میزان ۱۰۹ بدست آمد (جدول ۴).

رنگ از جمله خصوصیات کیفی مهم تاثیرگذار نه تنها در بازارپسندی میوه ها بلکه در صنعت پرسود غذایی نیز می‌باشد. با اینکه استفاده از رنگ‌های مصنوعی و

سنتتیک به دلیل ارزانی و پایداری، از چندین سال گذشته افزایش یافته است، اما مطالعات نشان داده است که استفاده از این رنگ‌ها می‌تواند اثرات بسیار سوئی در سلامتی انسان داشته باشد (Revision *et al*., 2002). لذا مطالعه روی ترکیبات طبیعی با منشا گیاهی و شناسایی منابع جایگزین می‌تواند بسیار حائز اهمیت باشد. انواع دانه‌دار زرشک که در نقاط مختلف کشور به خصوص مناطق کوهستانی پراکنده هستند (Kafi & Balandray, 2002)، به‌علت ارزانی و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و آنتوسیانینی بالا، می‌توانند به عنوان منابع ارزشمند گیاهی جهت استخراج مواد آنتی اکسیدانی طبیعی و رنگ‌های خوراکی مورد استفاده قرار گیرند (Khodabandeh *et al*., 2016). در پژوهش حاضر تنوع زیادی در شاخص های رنگی میوه زرشک در بین ژنوتیپ‌ها مشاهده شد. وجود تنوع در شاخص‌های رنگی میوه زرشک در مطالعات سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Jimenez *et al*., 2011; Berenji Ardastany *et al*., 2013). در مطالعات Khodabandeh *et al*. (2016)، دامنه تغییرات شاخص‌های رنگی در زرشک‌های دانه‌دار برای شاخص رنگ L* بین ۱۶/۸۵تا۲۰/۸۲، شاخص a* بین ۵/۶۸ تا ۳۴/۸۴ و شاخص b* بین ۱/۰۰ تا ۱۸/۹ متغیر بوده است. با توجه به اینکه زرشک در شرایط اقلیمی و اکولوژی خاص از نظر کمیت و کیفیت مواد مؤثره، تیپ‌های شیمیایی متفاوت و متنوعی را تشکیل می‌دهند، این تنوع خود می تواند منجر به تفاوت در دامنه فعالیت‌های دارویی و بیولوژیک نیز شود (Bernath, 2008).

ترکیبات فیتوشیمیایی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که نوع ژنوتیپ مورد مطالعه بر میزان فنل و فلاونوئید کل، محتوای آنتوسیانین و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

فنل‌کل: با توجه به نتایج مقایسات میانگین (جدول ۵)، بالاترین مقدار فنل (۷۵ میلی‌گرم اسید گالیک بر ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره) در ژنوتیپ OL3 و کمترین مقدار در ژنوتیپ OL9 (۳۸/۲ میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره) مشاهده شد. ضریب تغییرات فنوتیپی برای این شاخص ۱۸/۷۲ درصد بدست آمد (جدول ۵).

جدول ۴. مقایسه میانگین تاثیر ژنوتیپ بر صفات مرتبط با برگ و رنگ میوه در ژنوتیپ‌های زرشک وحشی منطقه شاهرود.

Table 4. Means comparison of genotype effect on traits related to leaf and fruit color of studied wild barberry genotypes in Shahroud region.

Genotype	Leaf length (mm)	Leaf width (mm)	Petiol length (mm)	L*	a*	b*	Chroma	Hue
NK1	26.81^{i}	13.6^{g}	4.64^{gf}	24.6^{k}	22.84^{f}	11.15^{e}	1.5^{mn}	70.66^{hi}
NK2	27.3^{jk}	12.76^{i}	4.45^{gf}	21.88^{m}	40.55^{a}	18.63^{a}	1^{pq}	60l^{m}
NK3	28^{hi}	12.65^{i}	5.06^{e}	59.09^{e}	11.93^{i}	8.63^{h}	1.13^{pq}	30^{s}
NK4	37.36^{jk}	13.45^{gh}	4.61^{gf}	44.55 ^{h}	28.95^{d}	18.46^{a}	2.16^{j}	21.2^{t}
NK5	27.75^{i}	13.86^{g}	4.06^{h}	66.38^{b}	7.55^{l}	3.54^{k}	0.98^{q}	81.73^{fg}
NK6	28^{hi}	13.84^{g}	4.76^{ef}	62.55^{c}	20.95^{g}	11.69^{d}	2.1^{j}	80^{g}
NK7	28.1 ^{h}	13.4^{gh}	4.36^{fg}	59.84^{d}	17.68^{h}	9.99^{g}	1.05^{pq}	50.6^{p}
NK8	27.12^{ki}	12.98^{hi}	5.79^{d}	24.35^{l}	12.17^{dg}	6.29^{i}	1.16^{op}	30.6^{rs}
NK9	27.12^{ki}	12.96^{hi}	4.36^{gh}	54.53^{f}	25.25^{e}	10.64^{f}	2.10^{j}	90^{c}
NK10	29^{g}	13^{hi}	4.48^{gh}	59.84^{d}	17.68^{h}	9.99^{g}	14.7^{b}	65^{j}
OL1	42^{a}	20.06^{a}	7.24^{a}	13.17^{p}	9.84^{k}	2.02^{i}	12.06^{d}	^{b} 96
OL2	39^{b}	19^{b}	6.79^{b}	17.75^{o}	10.65^{j}	2.2^{i}	8.1^{e}	^{g} 80
OL3	38.01^{de}	18.7^{cd}	7.34^{a}	18.07^{n}	10.25^{j}	2.12^{i}	15.66^{a}	^{cd} 88
OL4	37.9^{cde}	18.24^{cd}	6.48^{bc}	9.06^{q}	6.25^{m}	1.89^{m}	13.6^{c}	95^{b}
OL5	38.21^{ef}	18.26^{cd}	6.13^{cd}	13.17^{o}	9.48^{k}	2.2^{i}	12.6^{d}	95.3^{b}
OL6	38.53^{de}	19.13^{b}	6.11^{cd}	17.75^{p}	10.65^{j}	2.2^{i}	1.8^{k}	99^{a}
OL7	39.16^{b}	16.92^{ef}	6.31^{c}	18.07^{n}	10.69^{j}	3.07^{k}	2.15^{g}	86.66^{e}
OL8	37.9^{f}	16.55^{f}	6.12^{cd}	9.06^{q}	6.25^{m}	1.89^{m}	2.66^{i}	55.33^{no}
OL9	38^{f}	17.22^{e}	6.48^{bc}	17.75^{o}	10.65^{j}	2.2^{m}	1.85^{k}	99^{a}
OL10	38.59^{cd}	16.92^{ef}	6.11^{cd}	18.07^{n}	10.65^{j}	3.07^{k}	7.4^{f}	64.3^{j}
OL11	37.9^{f}	16.55^{f}	6.11^{cd}	9.06^{q}	6.25^{m}	1.89^{p}	3.92^{g}	97.6^{ab}
OL12	38.9^{bc}	17.23^{e}	6.31^{c}	13.17^{p}	9.48^{g}	2.02^{i}	1.33^{no}	97.6^{ab}
OL13	37.95^{f}	18.01^{d}	6.12^{cd}	39.71^{j}	37.58^{b}	17.38^{b}	^{n} 1.5	33^{r}
OL14	38.92^{bc}	18^{d}	6.5^{bc}	45.1^{g}	27.54^{g}	5.23^{j}	2.13^{j}	68.6^{i}
OL15	39^{b}	19^{b}	6.4^{bc}	39.71^{j}	37.58^{bc}	17.28^{b}	3.32^{n}	^{ki} 62
DH1	27^{l}	13^{hi}	4.36^{gh}	41.41^{i}	31.08^{c}	15.75^{c}	1.58^{mi}	^{ki} 62
DH2	26^{m}	14^{g}	4.79^{ef}	72.1^{a}	11.25^{i}	5.78^{j}	3.4^{n}	62^{ki}
Max	42	20.06	7.34	72.1	40.55	18.63	15.66	99
Min	26	12.65	4.06	9.06	6.25	1.89	0.98	21.2
CV %	10.55	15.7	17.55	65.25	74.35	77.63	109	28.10

در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی داری ندارند .

In each column means followed by at least a common letter, are not significantly different at 1% probebility level.

پلی‌فنل‌ها گروهی از متابولیت‌های ثانویه هستند که در بسیاری از گیاهان وجود دارند و نقش اساسی در رنگ، طعم و ویژگی‌های ارگانولپتیک (حسی) میوه‌ها دارند (Alcaraz-Mármol *et al*., 2017). بالابودن محتوای ترکیبات فنلی در زرشک، توجه متخصصین برای ارزیابی ژنوتیپ‌های مختلف زرشک و استفاده از آنها در مصارف دارویی و خوراکی را افزایش داده است (Okatani *et al*., 2019). نتایج برخی مطالعات نشان داده شده است که میوه‌های زرشک از غنی‌ترین منابع ترکیبات فنلی و آنتوسیانین بوده و از فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالای در بین ریز میوه‌ها برخوردار است (Moyer *et al*., 2002; Sun *et al*., 2002). Ozgen *et al*. (2012)، با مطالعه روی میزان ترکیبات فنلی و آنتی‌اکسیدانی شش نمونه برتر زرشک از گونه *Berberis vulgaris* L.، دامنه تغییرات فنل کل را بین ۲۵۱۲ تا ۳۶۲۹ میلی‌گرم در لیتر گزارش کردند. Hassanpour & Alizadeh (2016)، با ارزیابی ۲۰ ژنوتیپ وحشی از دو گونه *B. vulgaris* و *B. integerrima* در استان آذربایجان‌غربی، دامنه تغییرات فنل کل را بین ۲۶۱/۶۸ تا ۶۲۳/۰۷ میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰گرم وزن تر بیان کردند. در مطالعات Gholizadeh-Moghadam *et al*. (2019) نیز دامنه تغییرات فنل کل بین ۲۵/۹۸ تا ۹۴/۰۴ میلی گرم اسید گالیک در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره گزارش شد که مطابق با نتایج این پژوهش بود.

توجه به نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که دامنه تغییرات فنل کل در زرشک، در مطالعات مختلف به صورت متفاوتی بیان شده است. دلیل این امر می‌تواند به تفاوت ژنتیکی ژنوتیپ‌ها، روش مورد استفاده برای اندازه‌گیری فنل کل و شرایط متفاوت رشد و نموی باشد. با این حال آنچه که در همه این مطالعات یکسان می‌باشد، غنی بودن میوه گونه‌های مختلف زرشک از نظر ترکیبات فنلی می‌باشد. نشان داده شده است که نوع ژنوتیپ، شرایط آب و هوایی، منطقه جغرافیایی، عملیات پس از برداشت، بلوغ میوه و مرحله برداشت میوه بر میزان فنل میوه تاثیر می‌گذارد (Kadir *et al*., 2009). این موضوع اهمیت ارزیابی تکمیلی ژنوتیپ‌های برتر گزینش شده در مطالعات آتی را نشان می‌دهد.

میزان فلاونوئیدکل: با توجه به نتایج مقایسات میانگین (جدول ۵)، بیشترین محتوای فلاونوئیدکل (۳۷/۲ میلی‌گرم کوئرسیتین بر ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره) در ژنوتیپ OL3 و کمترین مقدار (۱۴ میلی‌گرم کوئرسیتین بر ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره) در ژنوتیپ DH2 مشاهده شد. دامنه تغییرات نسبت فلاونوئید به فنل کل بین ۰/۲۸ تا ۰/۶۸ متغیر بود. بالاترین و کمترین نسبت فلاونوئید به فنل کل به ترتیب در ژنوتیپ‌های NK1 و NK5 مشاهده شد (جدول ۵).

میزان تجمع فلاونوئیدها در میوه‌ها علاوه بر ژنوتیپ، به شرایط آب و هوایی زیستگاه گیاهی مرتبط است و علاوه بر عوامل محیطی و اقلیمی، شرایط خاکی، مرحله بلوغ و شرایط پس از برداشت بر متابولیت‌های ثانویه همچون فلاونوئید ژنوتیپ‌ها تاثیر می‌گذارند (Kadir *et al*., 2009; Mariangel *et al*., 2013). میزان فلاونوئید موجود در میوه ژنوتیپ‌های مختلف زرشک در محدوده بین ۶۶/۱۳ تا۲۸۰ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر گزارش شده است (Koncic *et al*., 2010). دامنه تغییرات فلاونوئید کل در ژنوتیپ‌های وحشی زرشک موجود در استان آذربایجان غربی، بین ۱۳۲/۶۶ تا ۲۸۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر و برای نسبت فلاونوئید به فنل کل بین ۰/۳۷ تا ۰/۸۸ گزارش شده است (Hassanpour & Alizadeh, 2016). دامنه تغییرات فلاونوئید کل در مطالعات Gholizadeh-Moghadam *et al*. (2019) بین ۲/۹۶ تا ۷۶/۷۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره گزارش شد که تا حدودی مطابق با نتایج پژوهش حاضر بود. نسبت بالای فلاونوئید کل بر فنل کل با توجه به اهمیت فلاونوئیدها به عنوان عوامل مهم آنتی‌اکسیدانی در عصاره‌های گیاهی، می‌تواند بسیار ارزشمند باشد. هر چند که پایین بودن میزان فنل کل نیز می‌تواند مقدار این نسبت را افزایش دهد. Hassanpour & Alizadeh (2016) نشان دادند که در ژنوتیپ‌های جمع آوری شده از مناطق با بارندگی و رطوبت کم، نسبت فلاونوئید به فنل کل بالاتر می‌باشد. این موضوع نشان دهنده تاثیرات شرایط محیطی بر درصد و نوع متابولیت های ثانویه می‌باشد. هر چند در برخی مطالعات نشان داده شده است که سهم عوامل محیطی در تنوع ترکیبات فنلی کمتر از ژنتیک می‌باشد (Carbone *et al*., 2009).

جدول ۵. مقایسه میانگین تاثیر نوع ژنوتیپ بر برخی صفات فیتوشیمیایی مورد ارزیابی در میوه ژنوتیپ‌های زرشک شاهرود.

Table 5. Mean Comparison of the effect of genotype type on some evaluated phytochemical traits in the fruit of barberry genotypes in Shahroud.

Genotype	Total phenol (mg GAE/100 mL extract)	Total flavonoids (mg QUE/100 mL extract)	Total anthocyanin (mg/100 mL extract)	Antioxidant activity (%)	Total flavonoids / Total phenol
NK1	39 ^{s}	26.37^{i}	12^{e}	23^{g}	0.68
NK2	43.16^{q}	27.1^{h}	20^{a}	14^{m}	0.63
NK3	56.5^{l}	28.2^{ef}	9^{h}	29^{e}	0.50
NK4	52.13^{k}	27.13^{gh}	19.11^{b}	11^{q}	0.52
NK5	55.1 ^{hi}	15.2^{n}	4.01^{l}	22^{h}	0.28
NK6	44.86^{p}	18.9^{m}	12.16^{e}	21.13^{i}	0.42
NK7	50.1^{m}	29.2^{d}	10^{g}	18.2^{j}	0.58
NK8	50.6^{l}	28^{f}	7.06^{i}	16^{k}	0.55
NK9	55.22^{h}	30^{c}	15.03^{d}	26.06^{f}	0.54
NK10	55^{i}	29^{d}	10^{g}	18.5^{j}	0.53
OL1	68^{d}	30.20^{c}	4^{l}	32^{c}	0.44
OL2	69^{b}	32.27^{b}	4.10^{l}	37^{b}	0.47
OL3	75^{a}	37.2^{a}	5.07^{k}	38^{a}	0.50
OL4	68.3^{c}	30.20^{c}	3.1^{m}	30^{d}	0.44
OL5	39.9^{r}	25^{k}	2.10^{n}	11.03^{r}	0.63
OL6	38.9^{s}	22^{l}	3.12^{m}	12.75^{no}	0.57
OL7	55.1^{hi}	28.2^{ef}	4.03^{l}	12.7^{no}	0.51
OL8	56^{g}	29.1^{d}	2.16^{n}	10^{s}	0.52
OL9	38.2^{i}	25.13^{k}	3.16^{m}	11.2^{r}	0.66
OL10	66^{e}	29.13^{d}	4.26^{l}	12.16^{pq}	0.44
OL11	65^{f}	28.13^{ef}	2/16^{n}	11^{r}	0.43
OL12	66^{e}	28.23^{e}	15^{d}	10.3^{s}	0.43
OL13	56^{g}	27.3^{gh}	11.10^{f}	10.3^{s}	0.49
OL14	55^{i}	27.03^{h}	6.1^{j}	29.1^{e}	0.49
OL15	54^{j}	27.33^{g}	11.17^{f}	12.51^{p}	0.51
DH1	49.2^{n}	22^{l}	16.10^{c}	15^{l}	0.45
DH2	48.2^{o}	14^{o}	6.23^{j}	13^{n}	0.29
Max	75	37.2	20	38	0.68
Min	38.2	14	2.10	10	0.28
CV%	18.72	18.18	65.89	46.87	18

در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی داری ندارند .

In each column means followed by at least a common letter, are not significantly different at 1% probebility level.

میزان آنتوسیانین‌کل: با توجه به نتایج مقایسات میانگین (جدول ۵)، بالاترین مقدار آنتوسیانین در ژنوتیپ NK2 به مقدار ۲۰ میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره و کمترین مقدار در ژنوتیپ OL5 به میزان ۲/۱۰ میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره مشاهده شد. در بین ترکیبات فیتوشیمیایی ارزیابی شده بالاترین مقدار تنوع فنوتیپی بین ژنوتیپ‌ها، برای آنتوسیانین به مقدار ۶۵/۸۹ درصد ثبت شد (جدول ۵).

ترکیبات آنتوسیانینی و رنگدانه‌ها دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی بوده و قادرند از سلول‌ها در مقابل انواع رادیکال‌های آزاد محافظت نمایند (Kuo *et al.,* 2008). آنتوسیانین‌ها جزء اصلی ترکیبات فنلی و محلول در آب بوده و در واکوئل‌ها تجمع می‌یابند (Reque *et al.*, 2014). میزان آنتوسیانین میوه ژنوتیپ‌های زرشک در مطالعات قبلی بین ۳۶۰-۸۶۴ میلی‌گرم در لیتر (Erosy *et al.,* 2018) و ۵۰۶/۷- ۸۰۳/۶ میلی‌گرم بر لیتر (Ozgen *et al.,* 2012) گزارش شده است. در پژوهش حاضر بیشترین تنوع فنوتیپی در صفت آنتوسیانین ژنوتیپ‌ها مشاهده شد که نشان‌دهنده تنوع ژنوتیپ‌ها از نظر محتوای آنتوسیانین می‌باشد.

این موضوع لزوم توجه به این صفت و ارزیابی آن در بررسی تنوع ژنتیکی زرشک را بیشتر مشخص می‌کند. تنوع در میزان آنتوسیانین در بین ژنوتیپ‌های مختلف زرشک در سایر مطالعات نیز نشان داده شده است (Farhadi Chitgar *et al.,* 2014; Yildiz *et al*., 2014).

میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی (DPPH): با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲)، تفاوت معنی‌داری از نظر فعالیت آنتی‌اکسیدانی در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه وجود داشت. بالاترین و کمترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی به ترتیب در ژنوتیپ OL3 و OL8 مشاهده شد.

آنتی‌اکسیدان‌ها به ترکیباتی گفته می‌شود که با دادن الکترون به رادیکال‌های آزاد باعث تاخیر و یا مانع اکسیداسیون مولکول‌های زیستی می‌شوند و گیاه زرشک سرشار از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی است (Hanachi *et al.,* 2009). بیشترین خاصیت آنتی‌اکسیدانی میوه زرشک، ناشی از وجود ترکیبات فنلی می‌باشد (El-Wahab *et al*., 2013). Gholizadeh-Moghadam *et al.* (2019) با مطالعه فعالیت آنتی اکسیدانی و بیوشیمیایی ۱۸ ژنوتیپ از گونه‌های مختلف زرشک شمال غرب ایران نشان دادند که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به‌ویژه گونه‌های *B. vulgaris* و *B. crataegina* دارای فعالیت آنتی اکسیدانی بالایی بوده و دامنه فعالیت آنتی‌اکسیدانی را بین ۱۳/۲۰ تا ۵۶/۸۴ درصد گزارش کردند.

در پژوهش حاضر مشخص شد که ژنوتیپ‌های دانه‌دار زرشک منطقه شاهرود، از منابع غنی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی بوده و از پتانسیل بالایی برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر برخوردار هستند. براساس ارزیابی‌های فیتوشیمیایی، ژنوتیپ‌های OL1، OL2، OL3، OL10 و OL13 از منطقه اولنگ، ژنوتیپ‌های NK2 و NK9 از منطقه نکارمن و ژنوتیپ DH1 از منطقه ده‌خیر نسبت به سایر ژنوتیپ‌های هر منطقه برتر بودند و می‌توانند برای شناسایی ژنوتیپ‌های امید بخش از لحاظ خصوصیات آنتی‌اکسیدانی و فیتوشیمیایی مورد ارزیابی تکمیلی قرار گیرند.

نتیجه‌گیری کلی

ارزیابی پتانسیل ژنتیکی ژنوتیپ‌های مختلف زرشک دانه-دار از جمله اقدامات مهم و ارزشمند برای حفظ و مدیریت ذخایر ژنتیکی این گیاه در کشور می‌باشد. شناسایی ژنوتیپ‌های برتر و استفاده از آن‌ها در برنامه-های اصلاحی، امکان معرفی ارقام مناسب را فراهم کرده و از فرسایش ژنتیکی این گیاه ارزشمند جلوگیری می کند. ژنوتیپ‌های وحشی و دانه‌دار زرشک، منبع بسیار ارزشمندی از ترکیبات طبیعی آنتی اکسیدانی می‌باشند که در استخراج مواد موثره می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. شناسایی ژنوتیپ‌های برتر امکان ارزیابی تکمیلی این ژنوتیپ‌ها را در مطالعات آتی فراهم می کند. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تنوع زیستی گسترده‌ای در میان ژنوتیپ‌های وحشی زرشک مورد مطالعه وجود دارد. میوه‌های این ژنوتیپ‌ها از لحاظ صفاتی مانند وزن، طول و عرض میوه و دانه، تعداد بذر در میوه، شاخص‌های رنگ و خصوصیات فیتوشیمیایی متفاوت بودند. بر اساس کلیه صفات پومولوژیک ارزیابی شده، ژنوتیپ‌های OL1، OL2، OL8، OL13، NK9، NK2 و DH2 و از لحاظ خصوصیات فیتوشیمیایی، ژنوتیپ‌های OL1، OL2، OL3، OL10، OL13، NK2، NK9 و DH1 برتر از سایر ژنوتیپ‌های منطقه خود بودند و می‌توانند برای شناسایی ژنوتیپ‌های امید بخش از لحاظ خصوصیات آنتی‌اکسیدانی و فیتوشیمیایی مورد ارزیابی تکمیلی قرار گیرند.

سپاسگزاری

از معاونت محترم دانشگاه ارومیه به‌خاطر تأمین بخشی از هزینه‌های انجام این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Ahmed, M., Anjum, M.A., Naz, R. M., Khan, M.R. & Hussain, S. (2013). Characterization of indigenous barberry germplasm in Pakistan, variability in morphological characteristics and nutritional composition. *Fruits*, 68(5), 409-422.

2. Akbulut, M., Calısır, S., Marakoglu, T. & Coklar, H. (2009). Some physicomechanical and nutritional properties of barberry (*Berberis vulgaris* L.) fruits. *Journal of Food Process Engineering*, 32, 497-511.
3. Alcaraz-Mármol, F., Nuncio-Jáuregui, N., García-Sánchez, F., Martínez-Nicolás, J.J. & Hernández, F. (2017). Characterization of twenty pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars grown in Spain, Aptitudes for fresh consumption and processing. *Scientia Horticulturae*, 219, 152–160.
4. Alemardan, A., Asadi, W., Rezaei, M., Tabrizi, L. & Mohammadi, S. (2013). Cultivation of Iranian seedless barberry (*Berberis integerrima* 'Bidaneh'): A medicinal shrub. *Industrial Crops and Products*, 50, 276-287.
5. Alizadeh, Sh. & Hassanpour, H. (2017). Investigation of fruit morphological properties of some wild barberry genotypes in West Azerbaijan province. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 48 (1), 37-27 (In Farsi).
6. Arroyo, A.I., Yolanda, P., Hugo, S. & Concepcion, A. (2021). plant –plant interactions and local patterns of diversity from semi-arid to subalpine Mediterranean. *Plant, Biodiversity and Conservation*, 30, 3481-3508.
7. Atares, L. (2011). Process conditions effect on the quality of banana osmotically. *Journal of Food Engineering*, 103, 401-408.
8. Baïram, E., Lemorvan, C., Delaire, M. & Buck-Sorlin, G. (2019). Fruit and leaf response to different source–sink ratios in Apple, at the scale of the fruit-bearing branch. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1-14.
9. Berenji Ardestani, S., Sahari, A., Barzegar, M. & Abbasi, S. (2013). Some physicochemical properties of Iranian native barberry fruits (abi and poloei), *Berberis integerrima* and *Berberis vulgaris*. *Journal of Food and Pharmaceutical Sciences*, 1, 60-67.
10. Bernath, J. (2008). Strategies and recent achievements in selection of medicinal and aromatic plants. *Acta Horticulture*, 576, 65-68.
11. Carbone, F., Preuss, A., De Vos, R.C.H., D'Amico, E., Perrotta, G., Bovy, A.G., Martens, S. & Rosati, C. (2009). Developmental, genetic and environmental factors affect the expression of flavonoid genes, enzymes and metabolites in strawberryfruits. *Plant, Cell and Environment*, 32, 1117-1131.
12. Chang, Q., Zuo, Z., Harrison, F. & Chow, M.S.S. (2002). Hawthorn. *Clinical Pharmacology*, 42, 605-612.
13. El-Wahab, A. E. A., Ghareeb, D. A., Sarhan, E. E. M, Abu-Serie, M. M. & Demellawy, M. A. E. (2013). *In vitro* biological assessment of *Berberis vulgaris* and its active constituent, berberine, antioxidants, antiacetylcholinesterase, antidiabetic and anticancer effects. *Academic Journal*, 5(13), 218-226.
14. Ersoy, N., Muhammed, K.U.P.E., Sagbas, H. I. & Ercisli, S. (2018). Physicochemical diversity among barberry (*Berberis vulgaris* L.) fruits from Eastern Anatolia. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 46(2), 336-342.
15. Fang, ch., Fernie, A. & Jie, L. (2019). Exploring the diversity of plant metabolism. *Trends in Plant Science*, 24, 83-98.
16. Farhadi Chitgar, M., Varidi, M., Varidi, M.J. & Shahidi, F. (2014). Evaluation of physical and chemical characteristics of three Iranian barberry species. *Journal of Food Research*, 24, 63-76.
17. Gholizadeh-Moghadam, N., Hosseini, B. & Alirezalu, A. (2019). Classification of barberry genotypes by multivariate analysis of biochemical constituents and HPLC profiles. *Phytochemical Analysis*, 30(4), 385-394.
18. Goodarzi H., Khadivi, A., Abbasifar A. & Akramian M. (2018). Phenotypic, pomological and chemical variations of the seedless barberry (*Berberis vulgaris* L. var. *asperma*). *Scientia Horticulturae,* 238, 38-50.
19. Hanachi, P. & Golkho, Sh. (2009). Using HPLC to determination the composition and antioxidant activity of *Berberis vulgaris*. *Europian Journals Publishing*, 29: 47-54.
20. Hassanpour, H., & Alizadeh, S. (2016). Evaluation of phenolic compound, antioxidant activities and antioxidant enzymes of barberry genotypes in Iran. *Scientia Horticulturae*, 200, 125–130.
21. Jimenez, C.D., Flores, C.S., He, J., TAIAN, Q., Schwartz, S.J. & Giusti, M.M. (2011).Characterization and preliminary bioactivity determination of *Berberis boliviana* Lecher fruit anthocyanins. *Food Chemistry*, 128 (3), 717-724.
22. Kadir, U.Y., Sezai, E., Yasar, Z., Memnune, S. & Ebru, Y.K. (2009). Preliminarycharacterization of cornelian cherry (*Cornus mas* L.) genotypes for their physico-chemical properties. *Food Chem*istry, 114, 408-412.
23. Kafi, M. & Balandari, B. (2002). *Barberry, production and processing technology*. Mashhad Ferdowsi University. Mashhad Language and Literature Publications. 212 pp.

24. Khodabandeh, M., Azizi, M., Balandari, A. & Aruei, H. (2016). *Phytochemical evaluation of twelve native barberry populations of Iran*. The First National Symposium on Small Fruits, Hamadan, Iran.
25. Koncic, M.Z., Kremer, D., Karlovic, K. & Kosalec, I. (2010). Evaluation of antioxidant activities and phenolic content of *Berberis vulgaris* L. and *Berberis croatica* Horvat. *Food and Chemical Toxicology*, 48, 2176-2180.
26. Kremer, D., jurisic grubesic, R., popovic, Z. & Karlovic, K. (2012). Fruit and seed traits of *Berberís croatica* Horvat and *Berberis vulgaris* L. *Acta Botanicca Croatica*, 7l (l) 115-123.
27. Kuo, C., Chi, C. & Liu, T. (2004). The anti-inflammatory potential of berberine *invitro* and *in vivo*. *Cancer Letters*, 203(2), 127-137.
28. Mariangel, E., Díaz, M. R., Alvarez, W. L., Bensch, E., Schalchli, H. & Ibarra, P. (2013). The antioxidant properties of calafate (*Berberis microphylla*) fruits from four different locations in southern Chile. *Ciencia e Investigación Agraria: Revista Latinoamericana de Ciencias de la Agricultura*, 40(1), 161-170.
29. Mohammadzadeh N., Mehri, S. & Hosseinzadeh, H. (2017). *Berberis vulgaris* and its constituent berberine as an-tidotes? and protective agents against natural or chemical toxicities. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences,* 20, 538-551 (In Farsi).
30. Moyer, R.A., Hummer, K.E., Finn, C.E., Frei, B. & Wrolstad. R.E. (2002). Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity in diverse small fruits, *Vaccinium*, *Rubus*, and *Ribes*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 519-525.
31. Nakajima, J., Tanaka, I., Seo, S., Yamazaki, M. & Saito, K. (2004). LC/PDA/ESIMS profiling and radical scavenging activity of anthocyanins in various berries. *Journal of BioMed Research International*, 5, 241-247.
32. Okatani, V., Aysen Melda, A. & Colak, E. (2019). Chemical and phytochemical and content of Barberry (*Berberis vulgaris* L.) Fruit genotypes from Sivaslidistrict of Usak province of western Turkey. *Pakistan. Journal of Botany*, 51(1), 165-170.
33. Ozgen, M., Saraçoğlu, O., & Gecer, E.N. (2012). Antioxidant capacity and chemical properties of selected barberry (*Berberis vulgaris* L.) fruits. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 53(6), 447-451.
34. Reque, P.M., Steffens, R.S., Jablonski, A. & Flores, S.H. (2014). Cold storage of blueberry (*Vaccinium* spp.) fruits and juice: Anthocyanin stability and antioxidant activity. *Journal of Food Composition and Analysis*, 33(1), 111-116.
35. Revision. C., Tomes, F.X., Collins, C., Robert, L., Sprado, M. & Shackelford, D. (2002). Food and drug administration. Proposed testing guidelines for developmental toxicity studies. *Journal of Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 30, 39-44.
36. Rezaei M. and Balandary A. (2015). Study of seed set in crossing among seedless barberry and wild type barberry genotypes. *Iranian Journal of Horticulture Science,* 46(2), 323-331.(In Farsi).
37. Singh, V.K., Tiwari, A.K.M., Singh, D.K. & Pathak, S.M. (2007). Effect of leaf number and area on the fruit growth of regular and biennial bearing mango (*Mangifera indica* L.) grown under north Indian conditions. *International Journal of Fruit Science*, *6*(4), 77-91.
38. Singleton, V.L., Orthofer, R. & Lamuela-Raventós, R.M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178.
39. Sun, J., Chu, Y.F., Wu, X. & Liu. R.H. (2002). Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 7449-7454.
40. Talebi, S., Alizadeh, M., Ramezanpoue, S., Ghasemnezhad, A. (2019). The antioxidant properties of some endemic barberry genotypes of iran. . *Iranian Journal of Horticulture Science,* 51(1), 91-107. (In Farsi).
41. Tatari, M., Ghasemi, A. & Zeraatgar, H. (2019). Assessment of genetic diversity of barberry germplasm (*Berberis* spp.) in central regions of Iran by morphological markers. *Journal of Horticultural Research*, 27(1), 11-20.
42. Tavakoli, A., Sahari M.A., Barzegar. M. & Ghajari M.A. (2016). Physicochemical and fatty acids composition of Barberry integerrima seed. *International Journal of Nutrition*, 1(4), 8-21.
43. Yildiz, H., Ercisli, S., Sengul, M., Topdas, E.F., Beyhan, O., Cakir, O., Narmanlioglu, H.K. & Orhan, E. (2014). Some physicochemical characteristics, bioactive content and antioxidant characteristics of non-sprayed barberry (*Berberis vulgaris* L.) fruits from Turkey. *Erwerbs-Obstbau*, 56, 123-129.