فصلنامه علوم محیطی، دوره چهاردهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۵

۱۵۹-۱۷۲

بررسی تنوع زیستی تعدادی از ژنوتیپ‌های برتر فندق (*Corylus avellana* L.) منطقه فندقلو بر اساس برخی از خصوصیات میوه و شرایط محیطی

جواد فرخی[۱]، احمد ارشادی[۱*]، سونا حسین‌آوا[۲] و مهران اوچی اردبیلی[۳]

[۱] گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
[۲] مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، وزارت جهاد کشاورزی، کرج، ایران
[۳] جهاد دانشگاهی واحد استان اردبیل، اردبیل، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۵/۸/۲۸

فرخی،ج.، ا. ارشادی، س. حسین آو و م. اوچی اردبیلی. ۱۳۹۵. منطقه فندقلو بر اساس برخی (*Corylus avellana* L.) بررسی تنوع زیستی تعدادی از ژنوتیپهای برتر فندق از خصوصیات میوه و شرایط محیطی. فصلنامه علوم محیطی. ۱۴(۳): ۱۷۲-۱۵۹.

سابقه و هدف: زیستگاه فندقلو بزرگ‌ترین خزانه ژنی فندق در شمال غرب ایران است. تنوع آب‌وهوایی و تکثیر مداوم جنسی، تنوع ژنتیکی غنی را بین فندق‌های این ناحیه به وجود آورده است. هدف از این پژوهش، تجزیه‌وتحلیل تنوع زیستی ژنوتیپ‌های برتر فندق در زیستگاه فندقلو با استفاده از بررسی همبستگی بین صفات، روش‌های تجزیه به مؤلفه اصلی و تجزیه خوشه‌ای و همچنین بررسی رابطه صفات میوه و مغز هر یک از ژنوتیپ‌ها با شرایط محیطی محل رشد آنهاست.

مواد و روش‌ها: در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ بیست ژنوتیپ برتر از نظر صفات مورفولوژیکی و فنولوژیکی از بین ۷۰ ژنوتیپ اولیه انتخاب و علامت‌گذاری شدند. ده صفت مربوط به ابعاد میوه و مغز، ترکیبات فیتوشیمیایی (درصد روغن، پروتئین و کربوهیدرات در مغز و غلظت تاکسول در برگ‌های مسن) در این ژنوتیپ‌ها اندازه‌گیری شد. به‌منظور بررسی اثرات احتمالی شرایط محیطی، پنج ویژگی میانگین بارندگی سالیانه، دمای سالیانه، ارتفاع از سطح دریا، تعداد روزهای یخبندان و اسیدیته خاک مربوط به مکان‌های نمونه‌برداری از ژنوتیپ‌ها ثبت شد. کل آنالیزهای آماری به کمک نرم‌افزار اس‌پی‌اس‌اس ۱۶ انجام شد.

نتایج و بحث: بر اساس آماره‌های توصیفی بیشترین ضریب تغییرات به صفات ضخامت مغز (۲۶/۳۱٪) و وزن مغز (۲۴/۴۱٪) و کمترین آن به تعداد روزهای یخبندان (۱/۵۳٪) و اسیدیته خاک (۱/۸۳ ٪) تعلق داشت. بیشترین همبستگی مثبت بین صفات طول میوه و درصد مغز (r=۰/۹۴۳, P≤0.01) مشاهده شد. غلظت تاکسول همبستگی منفی در سطح ۵٪ با صفات ضخامت مغز (r= -۰/۵۱۹) و درصد مغز (۰/۵۲۴- =r) نشان داد. در این پژوهش بین ویژگی‌های محیطی و جغرافیایی "اسیدیته خاک" با "میزان بارندگی سالیانه" همبستگی منفی (r= -۰/۸۳۸, P≤0.01) و بین "ارتفاع از سطح دریا" با "میانگین بارندگی سالیانه" همبستگی مثبت (r=۰/۴۸۱, P ≤ 0.05) دیده شد. "میانگین بارندگی سالیانه" با "درصد مغز" همبستگی منفی (r= -۰/۴۹۵, P≤0.05) نشان داد. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که ۵ مؤلفه اول مسئول ۷۰/۸۵٪ کل تغییرات بود. تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های فندق را به دو گروه تقسیم کرد. گروه دوم شامل سه ژنوتیپ بود که زیستگاه آنها در ارتفاع بالاتر از ۱۷ ژنوتیپ گروه اول بود. این پژوهش نشان داد که ژنوتیپ‌های بومی فندق زیستگاه فندقلو از تنوع ژنتیکی قابل‌توجهی برخوردارند که می‌توانند در اجرای برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار گیرند. هرچند در میان صفات محیطی بررسی‌شده تأثیر ارتفاع از سطح دریا روی ژنوتیپ‌ها نسبت به سایر عوامل محیطی بیشتر بود؛ با وجود این تنوع مشاهده‌شده درون جمعیت فندق زیستگاه فندقلو بیشتر مربوط به تفاوت ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها است تا شرایط محیطی آنها.

* Corresponding Author. *E-mail Address*: ershadi@basu.ac.ir

نتیجه‌گیری: محدود شدن در بین کوه‌های بلند و دارا بودن اقلیم سردسیری، زیستگاه فندقلو را به یکی از خزانه‌های ژنی منحصربه‌فرد فندق در مقایسه با سایر زیستگاه‌های کشور تبدیل کرده است. میوه ژنوتیپ‌های فندق بررسی‌شده در زیستگاه فندقلو در مقایسه با سایر زیستگاه‌های کشور عموماً کوچک‌تر، کروی ولی با درصد مغز نسبتاً بالاتر بود. هرچند هیچ‌یک از ژنوتیپ‌های بررسی‌شده به‌تنهایی پتانسیل معرفی شدن به‌عنوان یک رقم جدید را نداشتند ولی می‌توان از آنها در تلاقی با ارقام تجاری برای اصلاح ارقام فندق سازگار با شرایط آب‌وهوایی خشن منطقه استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: زیستگاه، تاکسول، تنوع ژنتیکی، فندق.

مقدمه

فندق متعلق به خانواده Betulaceae و گیاهی خزان‌پذیر، ناهمرس و تک‌پایه است (Rushforth, 1999). فندق یکی از محصولات مهم خشکباری است که از نظر میزان تولید بعد از بادام هندی، گردو، بادام، شاه‌بلوط و پسته در رتبه ششم جهانی قرار دارد (FAOSTAT, 2014). مغز فندق به دلیل داشتن حدود ۶۰ درصد روغن، ۱۷/۵ درصد کربوهیدرات و ۱۳ تا ۱۷ درصد پروتئین و مقادیر زیادی مواد معدنی و ویتامین‌ها، می‌تواند نقش مهمی در تغذیه و سلامتی انسان داشته باشد (Ozdemir and Akinci, 2004). مهم‌ترین ترکیب شناخته‌شده دارویی فندق ماده آنتی‌توموری با نام تجاری Taxol است که برای درمان انواع سرطان‌ها به کار می‌رود (Hoffman and Shahidi, 2009; Hoffman *et al.*, 1998). پراکنش جغرافیایی و رویشگاه‌های اصلی فندق در نیمکره شمالی و در کرانه دریاها و اقیانوس‌ها متمرکز بوده و شامل اروپا، قفقاز و بخش‌های شرقی آسیا و آمریکا (اورگان و واشنگتن) است (Thompson, 1996). به نظر می‌رسد فندق در سه ناحیه، شامل ترکیه، حوزه مدیترانه و ایران، به‌صورت مستقل اهلی‌سازی شده است (Boccacci and Botta, 2009). تنوع آب‌وهوایی و هتروزیگوسیتی بالای ناشی از تکثیر جنسی مداوم، تنوع ژنتیکی غنی را در جمعیت‌های بومی فندق ایران به وجود آورده است. گونه اروپایی فندق در شمال و شمال غرب ایران به‌طور طبیعی گسترش یافته و این مناطق اقلیم مناسبی برای کشت اقتصادی فندق دارند (Mehlenbacher, 1991; Thompson, 1996). رویشگاه‌های طبیعی فندق عمدتاً در کمربند فندق‌خیز کشور و در مناطق اشکورات، ناوان، تالش، دینوچال، گلی‌داغ، الموت، طارم و فندقلو قرار دارند (Sabeti, 1994). یکی از این رویشگاه‌ها جنگل فندقلو است که با مساحت حدود ۲۰۷/۹ کیلومترمربع بین طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۴۲ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۵ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۳۹ دقیقه قرار داشته و با ارتفاعی حدود ۱۳۵۰ تا ۱۶۰۰ متر از سطح دریا و در ۳۰ کیلومتری شرق شهر اردبیل واقع است (Emkani Nane Karan *et al.*, 2013). ارزیابی خصوصیات مورفولوژیکی و ترکیبات فیتوشیمیایی میوه یکی از ابزارهای قابل‌اطمینان برای شناسایی و توصیف تنوع زیستی ژنوتیپ‌های فندق است (Hosseinova and Pirkhezri, 2010). وجود داده‌های قابل‌اعتماد حاصل از ارزیابی توده‌ها و ارقام گیاهی، شرایط اقلیمی، توپوگرافی و تراکم رویشگاه‌های طبیعی پیش‌نیاز اولیه و مهم برای اتخاذ سیاست احیا، بهره‌برداری، کشت و توسعه اقتصادی فندق در هر منطقه است (Wolz, 2012). برای دسته‌بندی این داده‌ها، تکنیک‌های آماری مناسب موردنیاز است که هم‌زمان بتواند داده‌های چندگانه را برای هر ژنوتیپ تجزیه‌وتحلیل کند. روش‌های آنالیز چندمتغیره از قبیل تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در تعیین میزان تنوع ژنتیکی چندین گونه میوه شامل زیتون (Cantini *et al.*, 1999)، انار (Mars and Marrakchi, 1999) و گردو (Mosivand *et al.*, Ebrahimi *et al.*, 2015; 2012) استفاده‌شده است. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در تعیین زمان برداشت دقیق ژنوتیپ‌های فندق‌های کشور ایتالیا (Menesatti *et al.*, 2008) و در تعیین برخی ترکیبات شیمیایی میوه در ژنوتیپ‌های فندق کشور پرتقال استفاده شد (Amaral *et al.*, 2006). بررسی ۱۵ صفت مورفولوژیکی بین ۴۱ ژنوتیپ فندق گونه *Corylus colurna* در هند توسط آنالیز چندمتغیره منجر به ایجاد ۹ گروه متمایز بین ژنوتیپ‌ها شد (Srivastava *et al.*, 2010). از این روش تجزیه برای بررسی ۲۱ صفت مورفولوژیکی در ۷ رقم فندق ایرانی (Hossein Ava and Pirkhezri, 2010) و بررسی ۱۴ صفت مورفولوژیکی در ۴۲ ژنوتیپ و ۱۱ رقم فندق

اروپایی استفاده شده است (Boccacci *et al.*, 2013). همچنین از این تکنیک آماری برای بررسی تنوع در میزان اسیدهای چرب، لیپید کل و آلفاتوکوفرول در ۴۶ ژنوتیپ فندق اروپایی استفاده شد (Bacchetta *et al.*, 2015). فندق‌های این ناحیه در چند دهه گذشته متحمل فرسایش ژنتیکی وسیعی شده‌اند و استفاده از تنوع ژنتیکی موجود در ژنوتیپ‌های فندق این منطقه و تعیین روابط بین صفات در مجموعه‌های جرم‌پلاسمی در مدیریت بهینه و حفاظت ژنتیکی از این منابع نقش عمده‌ای دارد (Bacchetta *et al.*, 2015). از طرفی شناسایی تنوع ژنتیکی بین توده‌های داخل جمعیت‌های بومی منطقه می‌تواند فرصت خوبی برای اصلاح نژاد گیاهان فراهم آورد (Ebrahimi *et al.*, 2015). هدف از این پژوهش، تجزیه‌وتحلیل تنوع زیستی ژنوتیپ‌های برتر فندق در زیستگاه فندقلو با استفاده از همبستگی بین صفات، روش‌های تجزیه به مؤلفه اصلی و تجزیه خوشه‌ای و همچنین بررسی رابطه خصوصیات میوه و مغز هر یک از ژنوتیپ‌ها با شرایط محیطی محل رشد آنها بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های ۹۳ و ۹۴ روی ۲۰ ژنوتیپ برتر فندق انجام شد (جدول ۱). این ژنوتیپ‌ها با پیمایش سراسر پهنه جنگلی فندقلو (به مساحت ۲۰۷/۹ کیلومتر مربع) و از بین هفتاد ژنوتیپ اولیه که قبلاً بررسی مقدماتی شده بودند، انتخاب شدند. موقعیت جغرافیایی هر تک‌درخت توسط ابزار جی‌پی‌اس مدل (Tracker TK 103 B, China) ثبت شد. با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS اطلاعات مربوط به خصوصیاتی مانند میانگین بارندگی سالیانه، دمای سالیانه، ارتفاع از سطح دریا، تعداد روزهای یخبندان و اسیدیته خاک مربوط به مکان‌های نمونه‌برداری‌شده هر ۲۰ ژنوتیپ ثبت شد و با اطلاعات قبلی موجود در ایستگاه هواشناسی و اداره کل منابع طبیعی استان اردبیل تطبیق داده شد. ارزیابی نقشه به‌دست‌آمده نشان داد که رویش فندق در تمامی پهنه جنگلی فندقلو به‌صورت یکنواخت نبوده و عمدتاً در دو ناحیه با میانگین دمایی و بارندگی سالیانه متفاوت متمرکز است (شکل ۱). ده صفت مربوط به ویژگی‌های میوه شامل: طول میوه، ضخامت میوه، طول مغز، ضخامت مغز (هر چهار مورد توسط کولیس دیجیتالی اندازه‌گیری شد)، وزن مغز (توسط ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شد)، درصد مغز (نسبت وزن خشک مغز به وزن میوه)، کربوهیدرات کل، درصد روغن، درصد پروتئین و تاکسول و پنج صفت مربوط به شرایط محیطی محل پرورش شامل: بارندگی و میانگین دمای سالیانه، ارتفاع از سطح دریا، تعداد روزهای یخبندان و اسیدیته خاک بررسی شد (جدول ۱). درصد روغن به روش سوکسله با حلال اتر نفت (Parvaneh, 1998)، میزان پروتئین با روش کجلدال (Parvaneh, 1998)و کربوهیدرات کل به روش فهلینگ (Mccready *et al.*, 1950) سنجیده شد. برای تعیین غلظت تاکسول از دستگاه اچ‌پی‌ال‌سی، مدل (Knauer, Germany) مجهز به ستون Perfectsil Target, ODS3, 5 (C-18 μm, 250 × 4.6mm Teknokrome, Germany) و به کمک استاندارد تاکسول (Sigma) استفاده شد (Qaderi *et al.*, 2013). آماره‌های توصیفی اعم از میانگین، بیشینه، کمینه و ضریب تغییرات برای ۱۵ صفت محاسبه شد. روابط بین صفات بر اساس ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شد. برای شناسایی الگوی تغییرات و اهمیت صفات در هر جز، از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. خوشه‌بندی ژنوتیپ‌ها به گروه‌های مشابه با استفاده از روش وارد و بر پایه فاصله مربع اقلیدسی صورت گرفت. کل آنالیزهای آماری به کمک نرم‌افزار اس‌پی‌اس‌اس ۱۶ (SPSS Inc., Chicago, IL, USA, Norusis, 1998) انجام شد.

نتایج و بحث

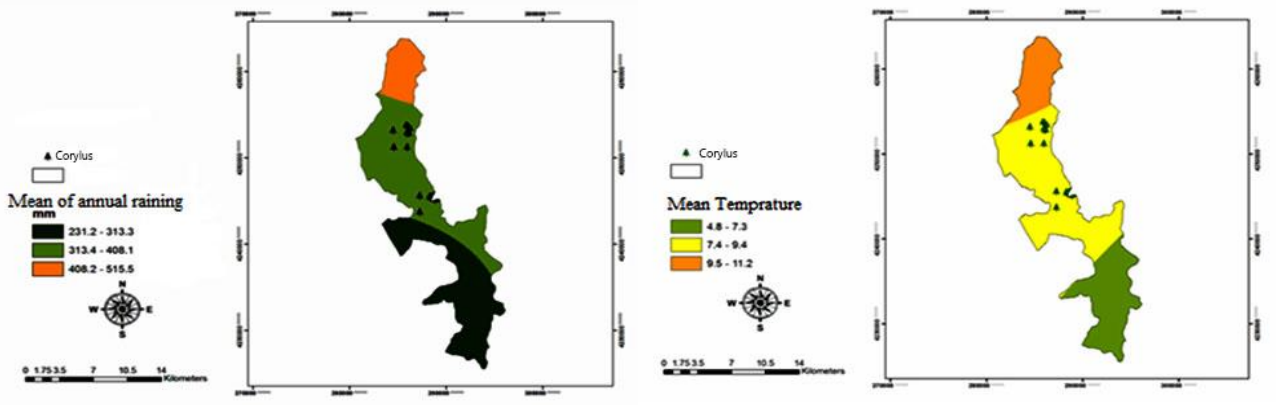
آنالیز توصیفی

نتایج آنالیز توصیفی اعم از بیشینه و کمینه، میانگین و ضریب تغییرات صفات بررسی‌شده در جدول ۲ آورده شده است. وجود مقادیر حداقلی ضریب تغییرات برای ویژگی‌های محیطی و جغرافیایی یادشده حاکی از تفاوت کم شرایط محیطی دو بخش نمونه‌برداری‌شده شمالی و جنوبی این زیستگاه است (جدول ۲). در بین صفات محیطی و جغرافیایی بررسی‌شده، بیشترین پراکندگی داده‌ها در اطراف میانگین مربوط به "میانگین دمای سالیانه" (۹/۲۶ ٪) و کمترین برای "تعداد روزهای یخبندان" (۱/۵۳ ٪) و "اسیدیته خاک" (۱/۸۳ ٪) بود. در بین صفات مرتبط با ژنوتیپ‌ها، بیشترین ضریب تغییرات (۲۶/۳۱ ٪) مربوط به "ضخامت مغز" بود.

جدول ۱- صفات میوه، مغز و ترکیبات فیتوشیمیایی بیست ژنوتیپ فندق به همراه ویژگی‌های محیطی زیستگاه آنها.

Table 2. Characteristics of nut, kernel, and phytochemical composition of twenty hazelnut genotypes along with environmental properties of their habitat.

ژنوتیپ Genotypes	طول میوه Nut-length (cm)	ضخامت میوه Nut thickness (cm)	طول مغز Kernel length (cm)	ضخامت مغز Kernel thickness (cm)	وزن مغز Kernel weight (g)	درصد مغز Nut percent (%)	میزان کربوهیدرات Carbohydrate (%)	میزان روغن Oil (%)	میزان پروتئین protein (%)	میزان تاکسول Taxol (µg /g)	بارندگی سالیانه Annual rain (mm)	دمای سالیانه Annual temperature (C°)	ارتفاع از سطح دریا Elevation above the sea (m)	تعداد روزهای یخبندان Number of frosty days	اسیدیته خاک pH Soil
68	1.3	1.00	0.47	0.41	0.49	30.86	13.25	47.78	11.80	2.09	354.14	8.40	1341	75	7.12
70	1.5	0.74	0.88	0.61	0.67	55	14.15	75.59	10.40	1.26	354.14	8.40	1351	76	7.12
16	1.2	1.15	0.74	0.65	0.73	67.89	13.62	47	12.4	1.24	353.68	8.46	1355	77	7.12
31	1.00	0.80	0.62	0.61	0.60	56.2	15.36	42.45	11.50	1.15	354.14	8.40	1364	76	7.12
52	1.00	1.43	0.41	0.53	0.37	32.7	16.06	56.19	10.9	1.04	353.68	8.40	1364	77	7.12
21	1.40	0.7	0.46	0.42	1.09	45.42	14.69	53.85	12.6	1.23	354.75	8.46	1341	76	7.12
63	1.20	1.1	0.59	0.45	0.94	30.9	12.41	42.25	12.9	1.87	356.62	9.05	1462	74	7.30
65	1.40	1.00	0.75	0.62	0.68	42.3	12.70	63.37	10.9	1.34	356.62	9.05	1389	80	7.30
37	1.55	1.00	0.64	0.57	0.84	56	15.88	66.48	10.7	1.08	353.66	8.40	1403	76	7.30
15	1.36	1.17	0.52	0.50	0.68	48.59	16.91	46.72	13.1	1.06	355.19	8.46	1370	76	7.30
41	1.2	0.9	0.74	0.72	0.42	68	15.98	56.2	11.4	1.09	353.66	8.34	1384	75	7.30
20	1.31	1.24	0.73	0.69	0.94	49.74	14.00	65.91	10.8	1.54	354.14	8.45	1347	76	7.30
34	1.65	1.2	0.67	0.58	0.91	65	9.49	52.7	10.3	1.06	352.71	8.34	1398	76	7.10
46	1.70	1.14	0.54	0.52	0.37	36	13.10	31.43	11.7	1.12	354.14	8.40	1382	76	7.12
23	1.22	1.00	0.89	0.81	0.72	41.62	14.45	46.32	12.6	1.01	353.53	5.38	1357	77	7.14
10	1.00	0.9	0.51	0.45	0.86	32.33	16.94	43.4	13.6	1.78	356.60	9.24	1440	76	7.51
29	2.1	0.7	1.07	0.63	0.69	43	13.28	45.74	12.2	1.23	354.75	8.46	1360	76	7.12
66	1.30	1.1	0.64	0.62	0.55	47.54	15.06	46.3	11.5	1.41	354.46	9.14	1348	77	7.52
8	1.10	0.8	0.71	0.61	0.70	47.33	13.61	45.12	13.6	1.13	356.38	9.01	1413	77	7.30
51	1.60	1.00	0.64	0.52	0.40	45.32	12.35	46.85	12.4	1.54	353.68	8.40	1346	77	7.12



شکل ۱- میانگین دما و بارندگی سالیانه در محل‌های نمونه‌برداری ژنوتیپ‌های فندق.

Fig. 1- Means of annual temperature and raining in sampling places of hazelnut genotypes.

فاکتور ضخامت مغز یکی از صفات مهم در بررسی ژنوتیپ‌های فندق است. به‌طوری‌که بر اساس بررسی‌های انجام‌شده روی ۲۹ ژنوتیپ فندق در کشور اسلوونی، این صفت متنوع‌ترین صفت در بین ژنوتیپ‌ها تشخیص داده شد (Solar *et al.*, 2009). صفاتی مانند "وزن مغز" (۲۴/۴۱ ٪) و "طول مغز" (۲۴/۲۴ ٪) نیز پراکندگی بیشتری در اطراف میانگین نسبت به بقیه صفات نشان دادند. در این پژوهش میانگین طول میوه ۱/۳۸ سانتی‌متر، ضخامت میوه ۱ سانتی‌متر، طول مغز ۰/۶۶ سانتی‌متر، ضخامت مغز ۰/۵۷ سانتی‌متر و درصد مغز ۴۷/۰۹٪ بود. در بررسی صورت‌گرفته روی صفات کمی و کیفی ۷ رقم ایرانی و یک رقم خارجی به نام "Fertile de cutard " تحت شرایط اقلیمی ایستگاه تحقیقاتی کرج میانگین درصد مغز ۴۴/۲۸ ٪ گزارش شد (Hossein Ava and Pirkhezri, 2010). در بررسی ۲۹ ژنوتیپ فندق ایرانی از مناطق کلیبر، اشکورات و فندقلو، به همراه ۶ رقم تجاری فندق، میانگین طول میوه، ضخامت میوه، طول مغز و درصد مغز به ترتیب برای ژنوتیپ‌های کلیبر ۲/۸۹ سانتی‌متر، ۱/۶۳ سانتی‌متر و ۱/۲۵ سانتی‌متر و ۲۰/۸۶٪؛ برای ژنوتیپ‌های اشکورات ۱/۷۲ سانتی‌متر، ۱/۶۸ سانتی‌متر، ۱/۳۴ سانتی‌متر و ۴۵/۶۹٪ و برای ژنوتیپ‌های فندقلو ۱/۳۱ سانتی‌متر، ۱/۰۴ سانتی‌متر، ۰/۹۷ سانتی‌متر و ۳۹/۴۰٪ گزارش شد (Mohammadzadeh *et al.*, 2014). نتایج به‌دست‌آمده برای ژنوتیپ‌های فندقلو با نتایج این پژوهش مطابقت داشته و نشانگر اندازه کوچک میوه ولی درصد بالای مغز در این ژنوتیپ‌ها است. در بررسی دیگری که روی ۳۰ ژنوتیپ از ناوان، الموت، طارم و فندقلو انجام شد میانگین کل درصد مغز ۴۵/۲ ٪ و میانگین درصد مغز در ژنوتیپ‌های فندقلو ۴۱/۶ ٪ گزارش شد (Nejatian *et al.*, 2012). بررسی تنوع ژنوتیپ‌های فندق و گزینش ژنوتیپ‌ها با درصد مغز بالا بخش قابل‌توجهی از برنامه‌های اصلاحی فندق را تشکیل می‌دهد (Valentini *et al.*, 2006). یکی از مهم‌ترین ترکیبات فیتوشیمیایی بررسی‌شده در این پژوهش میزان ماده مؤثره دارویی پاکلیتاکسل با نام تجاری تاکسول (Taxol) است. میانگین غلظت تاکسول برابر با ۱/۳۱ (میکروگرم در گرم وزن خشک) و ضریب تغییرات آن ۲۲/۹٪ بود. وجود تاکسول و تاکسان‌های مربوط به آن در گیاهان رده نهاندانگان برای اولین بار در شاخه، ساقه و برگ درختان فندق اروپایی و قارچ‌های هم‌زیست با آن گزارش شد (Hoffman *et al.*, 1998). بیشترین مقدار تاکسول به ترتیب در برگ‌های مسن، سرشاخه‌ها و درنهایت در مقادیر بسیار اندک در مغز خام و پوسته چوبی فندق گزارش شد (Hoffman *et al.*, 1998). بر اساس داده‌های (جدول ۱) غلظت تاکسول گزارش‌شده در نمونه برگ‌های مسن ژنوتیپ‌های فندق این پژوهش بیشتر از مقادیر گزارش‌شده توسط Hoffman *et al.* (2001) برای ارقام تجاری"Ennis " ۱/۰۵ و "Nonpariel" ۱/۰۱ میکروگرم در گرم بود. البته در برخی ارقام تجاری مانند "Gassway"، "Hazel Giant" و "Lewis" غلظت تاکسان‌ها در عصاره برگ مسن به ترتیب ۱۵/۴۲، ۱۰/۹۱ و ۵/۶۱ میکروگرم در گرم گزارش شد که به‌مراتب بیشتر از مقادیر به‌دست‌آمده در این پژوهش بود. غلظت بالای تاکسول با مقاومت بالای این ارقام در برابر بیماری بلایت شرقی مرتبط بود (Hoffman *et al.*, 2001). در بررسی رقم تجاری فندق ترکیه "Tumbol" وجود هیچ تاکسانی روی مغز و پوسته سبز و چوبی فندق گزارش نشد درصورتی‌که میزان تاکسان‌ها در برگ‌های مسن از ۸/۶۱ تا ۶۸/۲۲ میکروگرم در گرم وزن خشک متغیر بود (Hoffman and Shahidi, 2009) در درختان سرخدار غلظت تاکسول بین ۰/۰۰۴ تا ۰/۰۱ درصد گزارش شد (Kelsey *et al.*, 1992). اگرچه میزان تاکسول در ژنوتیپ‌های فندق این پژوهش در مقایسه با سرخدار خیلی پائین است اما به علت ارزش اقتصادی بالای تاکسول، کمبود درختان سرخدار، هزینه بالای سنتز آن و تقاضای رو به رشد برای این دارو، منابع طبیعی دیگری مانند فندق که محدودیت‌های سرخدار را ندارد، می‌تواند برای تولید آن موردتوجه قرار گیرد (Gallego Palacios, 2015). علاوه بر تاکسول، ترکیبات فیتوشیمیایی عمده در فندق چربی (روغن) و پروتئین است. ازاین‌رو یکی از اهداف اصلاحی فندق ایجاد ارقام با درصد بیشتر پروتئین است (Botta *et al.*, 1994; Silva *et al.*, 2007; Rezaei *et al.*, 2014). در این پژوهش ، درصد روغن بین ژنوتیپ‌ها ۳۱/۴۳ تا ۶۶/۴۸ و درصد پروتئین بین ۱۰/۳ تا ۱۳/۶ بود (جدول ۲).

جدول ۲- آنالیز توصیفی (میانگین، بیشینه، کمینه و ضریب تغییرات) ۱۵ صفت اندازه‌گیری‌شده.

Table 2. Descreaptive analysis (Mean, Maximum, Minimum and Coefficent of Variance) of measured characteristes for twenty hazelnut genotypes.

	میانگین Mean	بیشینه Max	کمینه Min	ضریب تغییرات CV%
طول میوه Nut length (cm)	1.38	2.1	1.00	21.09
ضخامت میوه Nut thickness (cm)	1.00	1.43	0.70	19.85
طول مغز Kernel length (cm)	0.66	1.07	0.41	24.24
ضخامت مغز Kernel thickness (cm)	0.57	0.81	0.41	26.31
وزن مغز Kernel weight (g)	0.68	1.00	0.37	24.41
درصد مغز Kernel percent (%)	47.09	68	30.86	23.41
کربوهیدرات Carbohydrate (%)	14.16	16.94	9.49	12.69
روغن Oil (%)	49.85	66.48	31.43	17.47
پروتئین Protein (%)	11.86	13.6	10.3	8.61
تاکسول Taxol ($\mu g\ g^{-1}$)	1.31	2.18	0.98	22.90
بارندگی سالیانه Annual precipitation (mm)	354.68	356.2	352.71	3.43
دمای سالیانه Annual temperature	8.43	9.24	5.38	9.26
ارتفاع از دریا Elevation above the sea (m)	1374.85	1462	1341	2.48
تعداد روزهای یخبندان Number of frosty days	76.25	80	74	1.53
اسیدیته خاک Soil pH	7.18	7.52	7.1	1.83

Miletić *et al.* (2008) میزان روغن مغز در فندق‌های اروپایی را بین ۴۴/۶ تا ۴۹/۶ درصد و در فندق‌های ترکیه بین ۴۸/۶ تا ۵۴/۶ درصد و میزان پروتئین را (در هر دو نوع اروپایی و ترکی) بین ۱۰/۴ تا ۱۲/۳ درصد گزارش کرد. Ninic-Todorvic *et al.* (1987) میزان روغن در فندق‌های بومی ترکیه را بین ۶۰/۵۸ تا ۶۴/۹ درصد گزارش کردند. در تحقیقی درباره خصوصیات کمی و کیفی برخی ارقام فندق ایرانی در شرایط آب‌وهوایی کرج میزان روغن بین ۶۱/۶۱ تا ۶۸/۷۹ درصد و پروتئین بین ۱۳/۴۴ تا ۱۵/۵۷ درصد متغیر بود (Hossein Ava and Pirkhezri, 2010). در پژوهش Nejatian *et al.* (2012) درباره خصوصیات کمی و کیفی میوه ژنوتیپ‌های فندق برتر گزینش‌شده ایران، میانگین

درصد روغن ژنوتیپ‌های جنگل فندقلو ۶۹/۷ ٪ گزارش شد که بیشتر از میانگین روغن گزارش‌شده در این پژوهش است. در این تحقیق میانگین میزان روغن کل، پروتئین خام و کربوهیدرات به ترتیب ۴۹/۸۵ ٪، ۱۱/۸۶ ٪ و ۱۴/۱۶ ٪ بود. در بررسی ۱۹ ژنوتیپ فندق بومی حاصل از منطقه ویارئال پرتغال میزان روغن کل، پروتئین خام و کربوهیدرات به ترتیب ۶۳ /۹۷ ٪، ۱۰/۸۱ ٪ و ۱۷/۶۱ ٪ گزارش شد). (Amaral *et al.*, 2006 در بیست هیبرید فندق آمریکایی در نبراسکا میزان روغن مغز (۵۸/۲ ٪)، پروتئین (۱۷/۱ ٪) و کربوهیدرات (۲۱/۷ ٪) طی دو سال متمادی گزارش شد (Xu and Hanna, 2010). در تحقیقی روی ۱۷ ژنوتیپ بومی فندق ترکیه حاصل از نواحی مرطوب دریای سیاه، میانگین روغن کل (۶۱/۶۶ ٪) گزارش شد (Ko¨ksal *et al.*, 2006) شرایط مرطوب به ویژه مه‌آلود بودن هوا فاکتور محیطی مهمی در افزایش میزان روغن فندق و نیز پرشدگی مغز است (Ozdemir and Akinci, 2004). ژنوتیپ‌های منطقه ویارئال از شرایط مرطوب مدیترانه‌ای برخوردار بوده و درصد روغن بالایی نسبت به این پژوهش نشان دادند. بررسی بین جمعیت‌های مختلف تائید می‌کند که علاوه بر ژنوتیپ، اقلیم منطقه نیز فاکتور مهم و تأثیرگذاری روی ترکیبات محتوایی فندق است (Ozdemir and Akinci, 2004). مقایسه نتایج بین این پژوهش با بررسی‌های قبلی نشان می‌دهد یکی از عوامل کاهش میزان روغن مغز فندق، سردی و خشکی هوا در طول دوره رشد و زودرس بودن آنها است (Mehlenbacher *et al.*, 1991).

همبستگی بین صفات

بر اساس بررسی ضرایب همبستگی بین صفات، بین برخی از صفات همبستگی معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). در این بررسی بیشترین همبستگی مثبت در سطح احتمالی ($P\leq0.01$) بین صفات "طول میوه" با "درصد مغز" (r=۰/۹۴۳) و همچنین "طول مغز" با "ضخامت مغز" (r= ۰/۷۳۲) مشاهده شد (جدول ۳). "طول میوه" با "طول مغز" همبستگی مثبتی (r= ۰/۴۷۲, $P\leq0.05$) نشان داد. در پژوهش Hossein Ava and Pirkhezri (2010)، همبستگی مثبتی در سطح احتمالی ($P\leq0.01$) بین صفات "طول میوه" با "ضخامت میوه" (r=۰/۸۲۹)، "درصد مغز" (r=۰/۳۳۵)، "درصد روغن" (r=۰/۳۴۱) و "درصد پروتئین" (r=۰/۱۶۸) مشاهده شد. در این پژوهش "میزان تاکسول" در سطح احتمالی ($P\leq0.05$) با صفات "ضخامت مغز" (r=-۰/۵۱۹) و "درصد مغز" (r= -۰/۵۲۴) همبستگی منفی نشان داد (جدول ۳). بین متابولیت‌های اولیه مانند روغن و پروتئین با متابولیت‌های ثانویه مانند ترپنوئیدها که تاکسول نیز جز این دسته ترکیبات شیمیائی است، رقابت وجود دارد (Taiz and Zeiger, 2006). در بین خصوصیات محیطی و جغرافیائی " اسیدیته خاک" در سطح احتمالی ($P\leq0.01$) با "میزان بارندگی سالیانه" همبستگی منفی (r= -۰/۸۳۸) نشان داد. "ارتفاع از سطح دریا" با " میانگین بارندگی سالیانه" (r=۰/۴۸۱, $P \leq 0.05$) همبستگی مثبت نشان داد. (جدول ۳). در نواحی مرتفع‌تر میزان بارندگی سالیانه بیشتر بود. در بررسی رابطه بین خصوصیات محیطی و جغرافیایی با صفات میوه و مغز، "میانگین بارندگی سالیانه" با "درصد مغز" (, r=-۰/۴۹۵$P\leq0.05$) همبستگی منفی نشان داد. این رابطه منفی می‌تواند ناشی از اثر منفی برخی شرایط آب‌وهوایی مانند بارندگی زیاد و دمای پایین بر رشدونمو میوه باشد(Mellena *et al.*, 2014). تأثیر رطوبت نسبی بر پرشدگی مغز بیشتر از بارندگی به‌صورت باران است (Hossein Ava and Pirkhezri, 2010). برای رشد بهینه فندق، دمای سالیانه با میانگین ۱۶ درجه و بارندگی ۷۰۰ میلی‌متر موردنیاز است درحالی‌که میانگین دما و بارندگی سالیانه در منطقه موردبررسی به ترتیب ۸/۴۳ درجه و ۳۵۵ میلی‌متر است (جدول ۲). احتمالاً اقلیم سرد و نیمه‌خشک در این زیستگاه که منجر به کاهش دوره رشد می‌شود بر کاهش رشد و کوچکی اندازه دانه و مغز در مقایسه با سایر زیستگاه‌های بومی فندق تأثیرگذار است. همچنین شرایط نیمه‌خشک موجود در زیستگاه فندقلو از عوامل افزایش میزان تاکسول در بافت‌های گیاه است. تأثیر شرایط خشکی بر افزایش غلظت تاکسول در برگ‌های مسن درختچه‌های سرخدار نیز گزارش‌شده است (Hoffman, 1999).

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین صفات بررسی‌شده در بیست ژنوتیپ فندق.

Table 3. Correlation coefficients between characteristics in twenty hazelnut genotypes.

	طول میوه Nut length	ضخامت میوه Nut thickness	طول مغز Kernel length	ضخامت مغز Kernel thickness	وزن مغز Kernel weight	درصد مغز Kernel percent	کربوهیدرات Carbohydrate	روغن Oil	پروتئین Protein	تاکسول Taxol	بارندگی سالیانه Annual raining	دمای سالیانه Annual temperature	ارتفاع از دریا Elevation above the sea	تعداد روزهای یخبندان Frosty days	اسیدیته خاک Soil pH
طول میوه Nut length	1.000														
ضخامت میوه Nut thickness	-0.196	1.000													
طول مغز Kernel length	0.472*	-0.397	1.000												
ضخامت مغز Kernel thickness	-0.111	-0.016	0.732**	1.000											
وزن مغز Kernel weight	-0.154	-0.197	0.074	-0.106	1.000										
درصد مغز Kernel percent	0.943**	-0.086	0.362	0.526*	0.101	1.000									
کربوهیدرات Carbohydrete	-0.389	-0.136	-0.295	-0.010	-0.124	0.073	1.000								
روغن Oil	0.041	-0.164	-0.171	-0.243	0.287	0.299	0.088	1.000							
پروتئین Protein	-0.262	-0.303	0.083	0.271	0.144	-0.359	0.235	-0.543*	1.000						
تاکسول Taxol	-0.173	-0.037	-0.141	-0519*	0.109	-0.524*	0.202	-0.118	0.219	1.000					
بارندگی سالیانه Annual raining	-0.360	-0.237	-0.257	-0.187	0.218	-0.495*	0.185	-0.188	0.538*	0.364	1.000				
دمای سالیانه Annual temperature	-0.042	-0.031	-0.040	-0.537*	0.051	-0.059	0.011	0.032	0.020	0.367	0.393	1.000			
ارتفاع از دریا Elevation above the sea	-0.171	0.001	-0.326	-0.213	0.339	-0.162	-0.069	-0.146	0.325	0.192	0.481*	0.336	1.000		
تعداد روزهای یخبندان Frosty days	-0.035	0.113	0.174	0.307	-0.155	0.032	-0.064	0.321	-0.218	-0.280	0.151	-0.059	-0.286	1.000	
اسیدیته خاک Soil pH	-0.396	0.058	-0.128	-0.149	-0.123	-0.357	-0.176	-0.190	0.366	0.395	**-0.838	-0.451	0.449*	-0.164	1.000

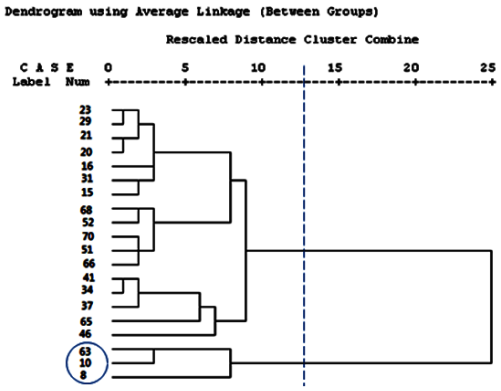
*و ** به ترتیب نشان‌دهنده سطح احتمال پنج و یک درصد

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که ۵ مؤلفه اول (PC1 تا PC5) مرتبط با صفات دارای مقادیر بردار ویژه (λ_1 = ۴/۳۸، λ_2 = ۲/۷، λ_3= ۱/۸۵، λ_4 =۱/۷۶ و λ_5= ۱/۳۵) توصیف‌کننده ۷۰/۸۵٪ کل تغییرات بودند (جدول ۴). بین صفات بررسی‌شده، مؤلفه اول و دوم به ترتیب توصیف‌گر ۲۵/۵۷٪ و ۱۶/۰۱٪ کل تغییرات بود. مؤلفه اول با صفاتی چون ابعاد میوه و مغز، کربوهیدرات، بارندگی و دمای سالیانه، ارتفاع از سطح دریا و اسیدیته خاک همبستگی مثبت نشان داد. مؤلفه دوم علاوه بر خصوصیات محیطی و جغرافیائی مانند دمای سالیانه و اسیدیته خاک با صفات فیتوشیمیایی مانند درصد پروتئین، روغن و کربوهیدرات همبستگی داشت؛ بنابراین می‌توان مؤلفه اول را دربرگیرنده ویژگی‌های بوم‌جغرافیایی و ابعاد میوه و مغز و مؤلفه دوم را دربرگیرنده صفات فیتوشیمیایی نامید (جدول ۴). نقاط تغییر واریانس استخراج‌شده توسط ۵ مؤلفه اصلی نشان داد که واریانس توصیف‌شده توسط اجزای اصلی منفرد قویاً بین مؤلفه اول و دوم کاهش یافت. بالا بودن واریانس بین اجزای صفات، به دلیل همبستگی بالای صفات (متغیرهای) اولیه است (جداول ۳ و ۴). بهترین نتایج زمانی عاید می‌شود که متغیرهای اولیه دارای همبستگی زیاد مثبت یا منفی باشند (Ebrahimi *et al*., 2015). علاوه بر وجود همبستگی بین مشاهدات اولیه، تغییر در تعداد بردارهای ویژه و واریانس آن‌ها با نوع معیار برداری نیز مرتبط است (Abdi and Williams, 2010) بر اساس آنالیز چندمتغیره ویژگی‌های بیوشیمیایی ۴۶ ژنوتیپ فندق اروپایی نشان داد که سه مؤلفه اول مسئول ۸۲/۵٪ کل تغییرات بود. مؤلفه اول با ۳۸/۳۹ ٪ کل تغییرات با محتوی روغن کل، لینولئیک و اسید اولئیک در ارتباط بود. مؤلفه دوم با ۳۰/۲۵ ٪ کل تغییرات با اسید پالمیتولئیک و پالمیتیک مرتبط بود. مؤلفه سوم که دربرگیرنده ۱۳/۸۹ ٪ کل تغییرات بود مرتبط با آلفاتوکوفرول بود (Bacchetta *et al*., 2015) .همچنین بر اساس آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی روی ۱۴ صفت مورفولوژیکی در ۴۲ ژنوتیپ و ۱۱ رقم فندق اروپائی، مؤلفه اول و دوم به ترتیب ۲۵/۱۰ ٪ و ۱۳/۶۰ ٪ کل تغییرات را شامل شدند. مؤلفه اول دربرگیرنده اندازه مغز و مؤلفه دوم صفات مرتبط با شکل مغز و میوه را شامل شد (Boccacci *et al*., 2013). تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بین ۱۵ صفت مورفولوژیکی در ۴۴ ژنوتیپ فندق گونه *Corylus colurna* در کشور هند نشان داد که ۷ مؤلفه اصلی (PC1 تا PC7) مسئول ۷۷/۹۲ ٪ کل تغییرات در داده‌ها بودند. مؤلفه اول ۲۲/۲۶ ٪ کل تغییرات را تبیین کرد و دربرگیرنده ضخامت مغز، میزان پروتئین، وزن مغز، طول میوه و تعداد میوه به ازای خوشه بود. مؤلفه دوم مسئول ۱۵/۸ ٪ کل تغییرات بود که اساساً در ترکیب باضخامت پوسته چوبی و ضخامت مغز است (Srivastava *et al*., 2010).

تجزیه خوشه‌ای

در این پژوهش دندروگرام الگوریتم ریاضی گروه‌های جفت‌نشده توسط روش وارد (۱۹۶۳) و بر پایه فاصله مربع اقلیدسی ایجاد شد (شکل ۲). تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها در ۲ گروه قرارداد. گروه اول شامل ۱۷ ژنوتیپ و گروه دوم شامل ۳ ژنوتیپ به شماره‌های ۶۳، ۱۰ و ۸ بودند. طول و ضخامت میوه و درصد مغز در هر سه این ژنوتیپ‌ها مشابه هم بودند (جدول ۱). در ژنوتیپ‌های ۶۳، ۱۰ و ۸ درصد روغن به ترتیب ۴۲/۲۵ ٪ ، ۴۳/۴ ٪ و ۴۵/۱۲ ٪ و درصد پروتئین به ترتیب ۱۲/۹ ٪، ۱۳/۶ ٪ و ۱۳/۶ ٪ بود. فقط این سه ژنوتیپ در ارتفاع بالای ۱۴۰۵ متری سطح دریا قرار داشتند. از این رو، می‌توان گفت که اختلاف ارتفاع عامل محیطی عمده در تمایز این سه ژنوتیپ از بقیه ژنوتیپ‌ها بود (جدول ۱). گروه اول شامل سه زیرگروه بود که در زیرگروه اول ۷ ژنوتیپ و در زیرگروه‌های دوم و سوم هرکدام ۵ ژنوتیپ قرار داشتند. این ۱۷ ژنوتیپ در ارتفاع از سطح دریا و شرایط اقلیمی شبیه هم بوده و در یک خوشه مجزا قرار گرفتند. در بررسی ۴۱ ژنوتیپ گونه فندق *Corylus colurna* در کشور هند، تعداد ۹ خوشه ایجاد شد که نشان داد الگوی خوشه‌بندی مستقل از الگوی پراکنش اکوجغرافیایی ژنوتیپ‌ها بود (Srivastava *et al*., 2010). در این پژوهش وجود خرداقلیم‌های مختلف ناشی از اختلاف ارتفاع عامل تمایز بین ژنوتیپ‌ها تشخیص داده شد که با یافته‌های این پژوهش تطابق دارد. در پژوهش دیگری بر پایه آنالیز چندمتغیره، اثرات نواحی جغرافیایی مختلف روی ترکیبات معدنی مغز در ۵۳ توده فندق از شش ناحیه اروپا شامل فرانسه، جنوب و شمال ایتالیا، پرتغال، اسلوونی و اسپانیا بررسی شد. تفاوت عمده در ترکیبات مغز ژنوتیپ‌های فندق رویشگاه‌های طبیعی فرانسه و ایتالیا مشاهده شد که نسبت به بقیه نواحی دارای اختلاف ارتفاع بالاتری بودند (Bacchetta *et al*., 2015).



شکل ۲- گروه‌بندی بیست ژنوتیپ فندق بر اساس ۱۵ صفت بررسی‌شده با استفاده از روش وارد (مقیاس. فاصله مربع اقلیدسی).

Fig. 2- Grouping of twenty hazelnut genotypes based on 15 studied characteristics using Ward method (scale. Squared Euclidean distance).

جدول ۴- مقادیر ویژه و نسبت تغییرات کلی، برداریژه و همبستگی بین صفات اولیه و پنج جز اول بین بیست ژنوتیپ فندق.

4. Table 4. Eigenvalues and proportion of total variability, eigenvector and correlation among.

مورد Item	محور اجزای اصلی PC axis				
مقادیر ویژه Eigenvalue	4.38	2.7	1.85	1.76	1.35
نسبت Proportion	25.57	16.01	10.89	10.39	7.96
واریانس تجمعی Cumulative	25.57	41.59	52.48	62.88	70.85
صفت **Variable**	**برداریژه** **Eigenvector**				
	مؤلفه اول **PC1**	**مؤلفه دوم** **PC2**	**مؤلفه سوم** **PC3**	**مؤلفه چهارم** **PC4**	**مؤلفه پنجم** **PC5**
طول میوه Nut length	0.377	-0.601	0.079	0.054	-0.469
ضخامت میوه Nut thickness	0.105	0.286	-0.590	-0.301	-0.105
طول مغز Kernel length	0.281	-0.182	0.539	0.525	-0.459
ضخامت مغز Kernel thickness	0.032	0.294	0.381	0.454	-0.623
وزن مغز Kernel weight	-0.309	-0.182	-0.140	0.540	0.277
درصد مغز Kernel percent	-0.288	-0.141	-0.147	0.558	-0.546
کربوهیدرات Carbohydrate	0.663	0.381	-0.186	-0.314	-0.544
روغن Oil	-0.544	0.557	0.198	-0.142	0.154
پروتئین Protein	-0.010	0.320	-0.524	0.433	-0.135
تاکسول Taxol	-0.240	-0.091	0.555	-0.139	0.609
بارندگی سالیانه Annual precipitation	0.259	-0.192	-0.139	-0.188	0.608
دمای سالیانه Annual temperature	0.247	0.262	0.321	0.235	0.798
ارتفاع از دریا Elevation above the sea	0.243	-0.138	-0.425	0.109	0.572
تعداد روزهای یخبندان Number of frosty days	-0.063	-0.243	-0.018	0.246	0.614
اسیدیته خاک Soil pH	0.550	0.611	0.013	0.199	-0.218

the original characteristics and first five principal components (PCs) in 20 hazelnut genotypes

نتیجه‌گیری

شرایط آب‌وهوایی با زمستان مرطوب و ملایم و تابستان خنک از شرایط بهینه رشد و تولید تجاری فندق است. زیستگاه طبیعی فندقلو در بین کوه‌های مشرف به تالش محصور بوده و ازنظر اقلیم سرد-نیمه‌خشک محسوب می‌شود. اقلیم سردسیری این زیستگاه یکی از دلایل ایجاد ژنوتیپ‌های متفاوت فندق نسبت به سایر زیستگاه‌های طبیعی این گیاه است. میوه ژنوتیپ‌های فندق بررسی‌شده در زیستگاه فندقلو عموماً کوچک‌تر، کروی و با درصد مغز نسبتاً بالاتر در مقایسه با سایر زیستگاه‌های کشور بود. ازاین‌رو این ژنوتیپ‌ها می‌توانند در برنامه‌های به‌نژادی به‌منظور ایجاد ارقام مناسب با اهداف فراوری و صنعت شکلات‌سازی مورد توجه قرار گیرند. برگ‌های مسن ریخته‌شده در پای درختان فندق این زیستگاه را می‌توان به‌عنوان منبع جدید و جایگزین سرخدار برای استحصال تاکسول طبیعی مطرح کرد. داده‌های محیطی و جغرافیایی ثبت‌شده برای هر یک از ژنوتیپ‌ها یکنواختی بالایی نشان داد. می‌توان نتیجه گرفت که تنوع مشاهده‌شده درون جمعیت فندق زیستگاه فندقلو بیشتر مربوط به خود ژنوتیپ‌ها است تا شرایط محیطی آنها اگرچه در بین صفات محیطی تأثیر ارتفاع از سطح دریا بر روی ژنوتیپ‌ها نسبت به سایر عوامل محیطی بیشتر بود. فاصله ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها که از آنالیزهای آماری به‌دست‌آمده می‌تواند راهنمای مناسبی برای طراحی تلاقی‌های هدفمند باشد. هرچند هیچ‌یک از ژنوتیپ‌های بررسی‌شده به‌تنهایی پتانسیل معرفی شدن به‌عنوان یک رقم جدید را نداشتند ولی می‌توان از آن‌ها در تلاقی با ارقام تجاری برای اصلاح ارقام فندق سازگار با شرایط آب و هوایی منطقه استفاده کرد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند تا از کارکنان جهاد دانشگاهی واحد استان اردبیل به دلیل فراهم آوردن امکانات لازم برای بازدید از زیستگاه جنگلی فندقلو کمال تشکر را به عمل آورند.

منابع

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

Amaral, J., Casal, S., Rui, M., Alves, M., Seabra, R. M. and Oliverira, B. P., 2006. Tocopherol and tocotrienol content of hazelnut cultivars grown in Portugal. Journal Agriculture Food Chemistery Journal. 54, 1329-1336.

Bacchetta, L., Rovira, M., Tronci, C., Aramini, M., Drogoud,i P., Silva, A. P., Solar, A., Avanzato, D., Botta, R., Valentini, N. and Boccacci, P.A., 2015. Multidisciplinary approach to enhance the conservation and use of hazelnut Corylus avellana L. genetic resources. Genetic Resource and Crop Evolution Journal. 62, 649-663.

Boccacci, P., Aramini, M., Valentini, N., Bacchetta, L., Rovira, M., Drogoudi, P., Silva, A.P., Solar, A., Calizzano, F., Erdogan, V., Cristofori, V., Ciarmiello, L.F., Contessa, C., Ferreira, J.J., Marra, F.P. and Botta, R., 2013. Moliecular and morphological diversity of on- farm hazelnut (Corylus avellana L.) landraces from southern Europe and their role in the origin and diffusion of cultivated germplasm. Tree Genetic and Genomics Journal. 9, 1465-1480.

Boccacci, P. and Botta, R., 2009. Investigating the origin of hazelnut (Corylus avellana L.) cultivars using chloroplast microsatellites. Genetic Resources and Crop Evolution Journal. 56 (6), 851-859.

Botta, R., Gianotti, C., Richardson, D., Suwanagul, A. and Sanz, C.L., 1994. Hazelnut variety organic acids sugars and total lipid fatty acids. Acta Horticulturae Journal. 351, 693–699.

Cantini, C., Cimato, A. and Sani, G., 1999. Morphological evaluation of olive germplasm present in Tuscany region. Euphytica Journal. 109, 173-181.

Ebrahimi, A., Khadivi-Khubb, A., Nosratic, Z. and Karim, R., 2015. Identification of superior walnut (Juglans regia) genotypes with late leafing and high kernel quality in Iran. Scientia Horticulture Journal. 193, 195–201.

Emkani Nane Karan, H., Motaji, A., Akhavan, R. and Kiadaliri, H., 2013. Study the concomitant species of hazelnut and competitiveness of hazelnut species with their (Case Study: Ardabil province Fandogloo forests). International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 5, 2242-2246.

FAO, 2014. FAOSTAT. Available online at: http://faostat.fao.org/site/567.

Gallego Palacios, A., 2015. Corylus avellana a new biotechnological source of anticancer agents. Ph.D. Thesis. De la Salut University, Spain.

Hoffman, A., 1999. Taxane and ABA production in yew under different soil water regimes. Hortscience. 5, 882–885.

Hoffman, A., Khan, W., Worapong, J., Strobel, G., Griffin, D., Arbogast, B., Barofsky, D., Boone, R.B., Ning, L., Zheng, P. and Daley, L., 1998. Bioprospecting for taxol in angiosperm plant extracts. Spectroscopy Eugene Oregan Journal. 6, 22-32.

Hoffman, A., Rose, M., Wiegandt, K., Gulati, H. and Wassem, K., 2001. Hazelnut. (Filbert) a new source of taxans. Hortscience. 5, 1121–1129.

Hoffman, A. and Shahidi, F., 2009. Paclitaxel and other taxanes in hazelnut. Journal of Fundtional Foods. 1, 33 –37.

Hossein Ava, S. and Pirkhezri, M., 2010. Evaluation of quantitative and quality characteristics in some Hazelnut (Corylus avellana L.) varieties in Karaj climatic conditions. Journal of Behzeraei Nahal va Bazr. 3, 329-340. (In Persian with English abstract).

Kelsey, R.G. and Vance, N.C., 1992. Taxol and cephalomannine concentrations in the foliage and bark of shade-grown and sun-exposed Taxus brevifolia trees. Journal of Natural Products. 5, 912-917.

Ko¨ksal, I. A., Artik, N., Simsek, A. and Gu¨nes, N., 2006. Nutrient composition of hazelnut (Corylus avellana L) varieties cultivated in Turkey. Food Chemistry Journal. 9, 509–515.

Mars, M. and Marrakchi, M., 1999. Diversity of pomegranate (Punica granatum L.) germplasm in Tunisia. Genetic Resources and Crop Evolution 46, 461–467.

Mccready, R. M., Guggolz, J., Silviera, V. and Owens, H S., 1950. Determination of starch and amylose in vegetables. Analytical Chemistry Journal. 22, 1156-1164.

Mehlenbacher, S.A., 1991. Hazelnuts (Corylus) genetic resources of temperate fruit and nut crops. Acta Horticulture. 290, 791–836.

Mellena, E., Sandoval, P., Gonzalez, A., Galdames, B., Jequier, J., Contreras, M. and Azocar, G., 2014. Preliminary results of rupplimentary pollination on hazelnut in south Chille. Acta Horticulturae Journal. 1052- 1062.

Menesattia, P., Corrado, C., Pagliaa, G., Pallottinoa, D., Andreab, S., Rimatoria, V. and Aguzzic, J., 2008. Postharvest technology shape-based methodology for multivariate discrimination among Italian hazelnut cultivars. Agricultural Engineering Research Unit of the Agriculture Research Journal. 16, 128-145.

Miletić, R., Mirtović, M., Rakakićević, M. and Blagojević Žaklin, M., 2008. The study of populations of hazelnut C. avelana L. and Turkish hazelnut C. colurna L. and their selection Karaklajić-Stajić. Genetica Journal. 19, 13-22.

Mohammadzadeh, M., Fattahi Moghaddam, M.R., Zamani, Z. and Kadivi-Khub, A., 2014. The study of molecular markers and important characteristics in hazelnut by Regressional analysis. Journal of Cellule va Baft. 3, 289-299. (In Persian with English abstract).

Mosivand, M., Hassani, D., Payamnour, V. and JafarAghaei, M., 2012. Comparison of tree, nut, and kernel characteristics in several walnut species and inter-specific hybrids. Crop Breeding Journal. 3, 25-29.

Nejatian, M., Hosseinova, S. and Javadi, D., 2012. Collection and preliminary evaluation of some hazelnut genotypes of Iran. Journal of Behnejadi Nahal va Bazr. 28 (1), 115-132. (In Persian with English abstract).

Ninic-Todorvic, J. and Cerivic, S., 1987. Upotrebna vrednost plodova mecje leske (Corylus colurna L.). Jugoslovensko Voćarstvo Journal. 79, 23-26.

Ozdemir, F. and Akinci, I., 2004. Physical and nutritional properties of four major commercial Turkish hazelnut varieties. Journal of Food Enginering. 63, 341-347

Parvaneh, V., 1998. Quality Control and the Chemical Analysis of Foods, 4th ed. Tehran University Publication, Tehran, Iran. .

Qaderi, A., Omidi, M., Zebarjadi, A.R. and Hajiaghaee, R., 2013. Over- expression effect of gene encoding 3-hydroxy-3- Methylglutaryl-CoA reductase on production of taxol in Iranian hazel (Corylus avellana L.) Journal of Medicinal Plants. 12, 100-110.

Rezaei, F., Bakhshi, D., Fotouhi Ghazvini, R., Javadi, D. and Pourghayoumi, M.R., 2014. Evaluation of fatty acid content and nutritional properties of selected native and imported hazelnut (Corylus avellana L.) varieties grown in Iran. Journal of Applied Botany and Food Quality. 84, 104-107.

Rushforth, K., 1999. Trees of Britain and Europe. Harper Collins Publishers, London, England.

Sabeti, H., 1994. Forest Trees and Shrubs of Iran. Yazd University Publications, Yazd, Iran.

Silva, A., Santoz, A., Cavalheiro, J., Riberio, C., Santoz, F. and Goncalves, B., 2007. Fruit chemical composition of hazelnut cultivars grown in Portugal. Journal Applied Horticulture. 9, 157-161.

Solar, A. and Stampar, F., 2009. Inter-year variability of pomological traits evaluated in different hazelnut cultivars in Slivenia. Internationa Society Horticulture Science (ISHS) Acta Horticulturae. 845, 169-174.

Srivastava, K., Khurseed, K., Zargar, A. and Shyma, R.S., 2010. Geneyic divergence among Corylus colurna genotypes based on morphological characters of hazelnut. Biodiversity Research Conservative Journal. 17, 13-17.

Taiz, L. and Zeiger, E., 2006. Plant Physiology, Sunderland, Massachusetts. Sinauer Associates Inc. Sunderland, USA.

Thompson, M.M., Lagersted, H.B., Mehlenbacher, S. A., Janick, J. and Moore, J., 1996. Fruit Breeding. Wageningen Press, Netherlands

Valentini, N., Rolle, L., Stévigny, C. and Zeppa, A., 2006. Mechanical behaviour of hazelnuts used for table consumption under compression loading. Journal of Science Food Agriculture. 86, 1262-1257.

Wolz, K., 2012. GIS for Planners. Instructor Troy Mix. In Processing and Distribution Facility Placement for Wisconsin's Expanding Hazelnut Industry. University of Illinois at Urbana-Champaign, 25th April, Wisconsin, USA.

Xu, X. Y. and Hanna, M. A., 2010. Evaluation of Nebraska hybrid hazelnuts. Nut, kernel characteristics, kernel proximate composition, and oil and protein properties. Industrial Crops and Products Journal. 31, 84–91.

Yao, Q. and Mehlenbacher, S.A., 2000. Heritability, variance component and correlation of morphological and phonological traits in hazelnut. Plant Breeding Journal. 119, 369-381.

Biodiversity study of several superior hazelnut (*Corylus avellana* L.) genotypes in Fandogloo on the basis of some fruit and environmental characteristics

Javad Farrokhi[1], Ahmad Ershadi[2*], Sona Hosseinova[3] and Mehran Ochi Ardabili[3]

[1] Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, University of Bu-Ali Sina, Hamedan, Iran
[2] Department of Seed and Plant Improvement Institute, Ministry of Agriculture (Jahad-e Keshavarzi), Karaj, Iran
[3] Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Ardabil, Iran

Received: March 15, 2016 Accepted: November 18, 2016

Citation: Frrokhi, J., Ershadi, A. Hosseinova, S. and Qchi Ardabili, M., 2016. Biodiversity study of several superior hazelnut (*Corylus avellana* L.) genotypes in Fandogloo on the basis of som fruit and environmental characteristics. Environmental Sciences. 14(3), 159-172.

Introduction: Fandogloo habitat, the largest gene pool of hazelnuts, is located in the Northwest of Iran. A combination of climatic variation and consecutive sexual propagation have produced a very rich genetic diversity among local hazelnuts in this gene pool. The goal of this research was to conduct a biodiversity analysis of hazelnuts in Fandogloo habitat using a correlational study among variables, principle component analysis and cluster analysis. Meanwhile, probable relationships between the studied variables of hazelnuts and their growing location were also evaluated.

Materials and methods: Twenty superior genotypes were selected out of 70 primarily studied genotypes and labelled in 2014-2015 on the basis of important morphological and phonological traits. Ten variables regarding nut and kernel dimension and phytochemical compositions (oil, protein, and carbohydrates percentages of kernels and the amount of Taxol in mature leaves) were evaluated. In order to study the environmental effects, five environmental traits including the means of annual rainfall and temperature, elevation above sea level, number of frosty days, and soil pH were evaluated for each sampling place. The statistical analysis was done with SPSS 16.

Results and discussion: According to descriptive statistics, the highest coefficient of variance (C.V.) values belonged to nut thickness (26.31%), and nut weight (24.41%), while the lowest C.V. values belonged to frosty days (1.53%), and soil pH (1.83%). There was a strong correlation between nut length and kernel percentage (r = 0.943, P<0.01) and a negative correlation between Taxol and kernel thickness (r = -0.519, P<0.05) and kernel percentage (r = -0.524, P<0.05). There was a negative correlation between soil pH and annual precipitation (r = -0.838, P<0.01) while elevation above sea level was positively correlated with annual precipitation (r = 0.481, P<0.01). Annual rainfall had a negative correlation (r = -0.495, P<0.05) with kernel ratio. Principle component analysis showed that the first five principle components (PCs) accounted for 70.85% of the total variation. Cluster analysis produced a dendrogram with two main clusters. The genotypes classified in group II were located in a higher elevation than the group I genotypes. This study showed a significant genetic diversity among the hazelnuts of Fandogloo habitat, which is of great value for breeding programmes. The diversity observed within hazelnuts in Fandogloo is related rather to their genetic variation than the impact of environmental conditions. However, among environmental properties, elevation above sea level had more effects on genotype attributes in comparison with other environmental factors.

Conclusion: Hemmed in by tall mountains with a cold climate, Fandogloo has become one of the unique gene pools of hazelnut in Iran. The nuts of the studied genotypes in Fandogloo were smaller, globular with relatively high kernel ratio than hazelnuts from other habitats in Iran. Although none of the studied genotypes are potentially eligible to be introduced as a new cultivar, but they may be crossed with commercial cultivars in order to produce new hazelnut cultivars compatible with the harsh climatic conditions of Fandogloo.

Keywords: Filbert, Genetic diversity, Habitat, Taxol.

[*] Corresponding Author. *E-mail Address*: ershadi@basu.ac.ir