

بررسی تنوع مورفولوژیکی دانه‌های چند ژنوتیپ خارجی پسته در شرایط آب و هوایی

رفسنجان

مرضیه ثقفی^۱، حمیدرضا کریمی*^۲، علی‌اکبر محمدی میریک^۳، مجید اسماعیلی‌زاده^۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۲۷

تاریخ ارسال: ۱۳۹۷/۰۸/۱۰

چکیده

در این پژوهش به منظور مطالعه تنوع مورفولوژیکی در جمعیت‌های نیمه‌خواهری پسته، از ۳۸ ژنوتیپ پسته متعلق به ۵ فامیل نیمه‌خواهری ارقام اکبری و اوحدی از ایران و ازون، سیرت و کرمزی از ترکیه که در سال ۱۳۸۸ از طریق بذر در کلکسیون دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان کشت شده بودند، استفاده شد. این مطالعه در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ انجام پذیرفت. تنوع مورفولوژیکی ژنوتیپ‌ها با اندازه‌گیری ۱۲ صفت کمی و ۳ صفت کیفی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تجزیه به عامل‌ها صفات مورفولوژیکی مورد بررسی را به دو گروه عاملی که در مجموع ۷۸/۶ درصد از واریانس کل را توجیه کردند، تقسیم کرد که مهم‌ترین صفات تفکیک‌کننده در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه صفات مرتبط به برگ و برگچه می‌باشد. علاوه بر این تجزیه کلاستر صفات مورفولوژیکی توانست ژنوتیپ‌های ترکیه و ایران را از یکدیگر تفکیک کند اگرچه ژنوتیپ‌های متعلق به رقم سیرت رابطه ژنتیکی بیشتری با ارقام ایرانی داشت.

واژه‌های کلیدی: پسته، کلاستر، ژنوتیپ، تنوع مورفولوژیکی

مقدمه

گسترش روز افزون کشت پسته در دیگر مناطق جهان و میانگین تولید بالاتر در واحد سطح در مقایسه با ایران، تهدید جدی برای صادرات این محصول در کشور می‌باشد. از طرف دیگر برای باغ‌های یکدست و با عملکرد و کیفیت بالای هر محصول از طریق به‌نژادی، در مرحله اول نیازمند بررسی صفات مهم مورفولوژیکی و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه باغبانی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، ایران

۲- استاد گروه باغبانی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، ایران

* نویسنده مسئول: h.karimi214@vru.ac.ir

۳- استادیار گروه ژنتیک و تولیدات گیاهی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، ایران

۴- دانشیار گروه باغبانی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، ایران

هستیم (۸). اگرچه بیش از ۷۰ رقم پسته در ایران شناسایی و جمع‌آوری شده است، کشت و کار پسته در این کشور، به چند رقم با ارزش تجاری بالاتر مثل اکبری، اوحدی، احمدآقایی، کله‌قوچی محدود می‌گردد. برخی از این ارقام همانند اکبری و کله‌قوچی دارای مشکلات عدیده‌ای از جمله عدم تامین نیاز سرمایی و حساسیت به دمای بالای تابستان و تناوب باردهی شدید و برخی آفات و بیماری‌ها می‌باشد که باعث شده است که صنعت پسته‌کاری کشور را تهدید کند از طرفی مشکل خشکسالی و عدم وجود آب آبیاری با کیفیت بالا در مناطق پسته‌کاری مشکل جدی برای باغات پسته کشور شده است. لذا انجام کارهای به‌نژادی از طریق تلاقی و یا گزینش در داخل توده‌های بذری به‌منظور معرفی ارقام جدید که دارای اهمیت تجاری باشد دارای اهمیت می‌باشد. از مهم‌ترین ارقام پسته تحت کشت در کشور ترکیه می‌توان ازون، کرمزی، حلبی، سیرت، بیازبین، سلطانی، بیگرمی و بیلژن را نام برد که از نظر سطح زیر کشت ارقام ازون، و کرمزی در درجه اول و ارقام حلبی و سیرت در درجه دوم اهمیت قرار دارند. اکثر باغات پسته ترکیه به صورت دیم بوده و گزینش‌های طبیعی صورت گرفته در این کشور باعث شده است که ژنوتیپ‌های تحت کشت از مقاومت خوبی از لحاظ تحمل به خشکی دارا باشند (۴، ۱۸). شناسایی و ارزیابی ارقام و ژنوتیپ‌های پسته از لحاظ بهبود مدیریت باغ‌های پسته و کاربرد آن‌ها در برنامه‌های به‌نژادی ارقام و پایه‌های پسته، دارای اهمیت می‌باشد. در مطالعات اولیه تنوع ژنتیکی پسته، نشانگرهای مورفولوژیکی مانند شکل میوه و برگ مورد استفاده قرار گرفته است. نشانگرهای ژنتیکی تفاوت‌های ظاهری هستند که در موجودات مختلف وجود دارند و در نسل‌های بعدی نیز ظاهر می‌شوند. این تفاوت‌ها می‌توانند به‌صورت عرضی در صفات قابل رویت مانند شکل برگ تجلی یابند. این دسته از نشانگرهای ژنتیکی از آن‌جا که در ارتباط با ظاهر گیاه هستند نشانگرهای مورفولوژیکی نامیده می‌شوند (۴). طی مطالعاتی تنوع ژنتیکی گونه‌های جنس پسته به‌وسیله نشانگرهای مورفولوژیکی از قبیل ویژگی‌های برگ، میوه و تنه مورد بررسی قرار گرفته است (۱۳، ۱۴). تاکنون مطالعات چندی در زمینه روابط ژنتیکی گونه‌ها و ارقام پسته صورت گرفته است که براساس نتایج آن‌ها، می‌توان استنتاج کرد که گونه‌های پسته به‌دلیل نحوه گرده‌افشانی، خصوصیت دوپایگی، تلاقی‌پذیری بین‌گونه‌ای و هتروزیگوتی بالا، دارای تنوع ژنتیکی زیادی می‌باشند که می‌تواند به‌عنوان منبعی برای گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب مورد استفاده قرار گیرد (۵). اولین مطالعه مورفولوژیکی انجام شده روی جنس پسته توسط انگلر انجام شد که هشت گونه و تعداد کمی واریته برای این جنس شناسایی گردید (۱۱). به‌دنبال آن کوکوارو و جیلت (۱۷) براساس مورفولوژی برگ و اندازه درخت، یک گونه جدید در آفریقای شمالی به نام *P. aethiopica* Kokwaro معرفی نمودند. تاکنون جامع‌ترین رده‌بندی جنس پسته توسط زهری گزارش شده است که جنس پسته را به ۴ بخش و ۱۱ گونه براساس ویژگی‌ها برگ و مورفولوژی میوه تقسیم کرده است (۱۹). به این منظور طی دهه‌های گذشته عمده ژنوتیپ‌های پسته کشورهای ایران، آمریکا، ایتالیا و سوریه شناسایی و از

لحاظ مورفولوژیکی و مولکولی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در مطالعات اولیه مربوط به تنوع ژنتیکی پسته، نشانگرهای مورفولوژیکی مانند شکل میوه و برگ مورد استفاده محققین قرار گرفتند (۱۹)، ولی تاثیرپذیری این دسته از نشانگرها از شرایط محیطی، سن گیاه، طولانی بودن مراحل رشد گیاه برای ظهور و ثبت مشخصات ظاهری اندام‌ها، کاربرد آن‌ها را مشکل ساخته است (۶). در گزارشی با بررسی روابط ژنتیکی تعدادی از گونه‌های پسته موجود در ایران و ترکیه گزارش شده است ژنوتیپ‌های موجود در گونه ورا با توجه به خاستگاه آن‌ها (ترکیه و ایران) از هم جدا می‌شوند به طوری که در بین ارقام پسته ترکیه، ارقام ازون و کرمزی دارای بالاترین تشابه ژنتیکی هستند و رقم سیرت دارای فاصله ژنتیکی بیش تری نسبت به دو رقم فوق است. احتمالاً رقم سیرت به دلیل تشابه زیاد خصوصیات خشک میوه با ارقام ایرانی، دارای منشا ایرانی می‌باشد (۱۵). در گزارش دیگری کفکاس و همکاران (۱۲) بیان کردند که رقم سیرت کاملاً از ارقام ایرانی تفکیک شده و این رقم ارتباط نزدیکی با رقم هاکیرسو دارد، (هاکیرسو محلی در استان هاکاری ترکیه می‌باشد که در مرز شمال غربی ایران و شمال عراق واقع است). این احتمال وجود دارد که پسته از ایران به شمال غربی عراق انتقال یافته و سپس، رقم فوق از بین آن‌ها گزینش شده و به کشور ترکیه انتقال یافته است.

کفکاس و همکاران (۱۳) تنوع مورفولوژیکی سه گونه آتلانتیکا، تربینتوس و یوریکارپا در ترکیه را با استفاده از صفات برگ و میوه مطالعه نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد در تمام گونه‌ها، بین وزن میوه با طول برگچه و همچنین ابعاد برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. کفکاس و همکاران (۱۲) فیلوژنی مورفولوژی و مولکولی گونه‌های پسته در ترکیه را مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش از ۴۰ ژنوتیپ پسته وحشی متعلق به گونه‌های یوریکارپا (*P. eurycarpa*)، آتلانتیکا (*P. atlantica*) و تربینتوس (*P. terebinthus*) از نقاط مختلف ترکیه برای مطالعه استفاده شد. نتایج تجزیه خوشه‌ای بر اساس داده‌های مورفولوژیکی نشان داد نزدیک‌ترین گونه به پسته خوراکی، گونه یوریکارپا می‌باشد. کریمی و همکاران (۱۴) ۱۱ نمونه پسته از استان‌های کرمان، فارس و از موسسه تحقیقات پسته ایران (IPRI) را طی پژوهشی مورد ارزیابی مورفولوژیکی قرار دارند، سی و یک خصوصیت مورفولوژیک (۱۷ کمی و ۱۴ کیفی) براساس توصیف‌گر پسته (IPGRI) مورد بررسی قرار دادند و گزارش دادند که همبستگی منفی و مثبت قابل توجهی در ویژگی‌های اندازه‌گیری وجود دارد به طوری که طول و عرض خشک‌میوه با عرض برگ همبستگی مثبتی دارد. ارجمند و همکاران (۹) تنوع ژنتیکی ۳۳ رقم ماده پسته ایرانی با استفاده از صفات مورفولوژیک مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش ۴۱ صفت مورفولوژیک از قبیل ویژگی‌های خوشه و رشد طولی و قطری طی دو سال مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بالاترین فاصله را بین ارقام سفید پسته نوق و پوست پیازی و کمترین فاصله را بین ارقام بادامی راور و سیریزی نشان داد. صادقی سرشت و همکاران (۲) تنوع و روابط بین صفات رویشی در دانه‌های حاصل از هیبرید طبیعی بنه‌باغی به‌عنوان یک

پایه در پسته را مورد بررسی قرار دادند. این پژوهش بر روی ۱۰۸ دانه‌های بنه‌باغی حاصل از یک توده بذری طراحی شد و ۱۴ صفت مورفولوژیک از جمله تیپ رویش اولیه، طول و قطر ساقه، ابعاد برگ و برگچه، تعداد برگ و برگچه ارزیابی شد. نتایج نشان داد که صفت حجم ساقه و تعداد برگ جزو صفات تاثیرگذار بر قطر و ارتفاع دانه‌ها بود. کریمی (۱۶) روابط بین صفات مورفولوژیکی بین شش گونه و زیرگونه پسته موجود در ایران را از دید پایه مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که در رقم بادامی‌ریز زرنند بین ارتفاع ساقه و سطح برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. همچنین در رقم سرخس همبستگی مثبت و معنی‌داری بین صفت سطح برگ با قطر ساقه و تعداد برگ مشاهده شد. علاوه بر این ایشان گزارش کرد همبستگی مثبت معنی‌داری بین طول برگچه انتهایی و عرض برگچه انتهایی با تعداد برگچه وجود دارد. یکی از تنش‌های محیطی که کشت و کار پسته را تهدید می‌کند تنش خشکی می‌باشد به طوری که سالیانه میزانی از باغات پسته به دلیل کم آبی از چرخه تولید خارج می‌شود. مناطقی که پسته به صورت دیم کشت می‌شود به دلیل گزینش‌های طبیعی می‌تواند مخزن ژن‌های مقاومت به خشکی باشد که می‌توان با گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم در این مناطق از آن‌ها به‌نژادی از آن‌ها به‌عنوان والد استفاده کرد. علاوه بر این بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های گیاهی و ارزیابی اولیه آن‌ها، پایه و اساس شروع هر کار اصلاحی می‌باشد با توجه به اینکه سه رقم ازون، سیرت و قرمزی از ارقام اصلی ترکیه می‌باشد که به‌صورت دیم کشت می‌شود این امکان وجود دارد که ارقام فوق دارای مقاومت مناسبی به تنش خشکی باشند و بتوان از آنها در تلاقی با ارقام ایرانی پسته استفاده کرد. لذا با توجه به توضیحات فوق پژوهش حاضر به‌منظور ارزیابی و تعیین روابط ژنتیکی ژنوتیپ‌های از سه رقم فوق با ژنوتیپ‌های متعلق به دورگه اکبری و دورگه اوحدی صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از دانه‌های ۳۸ ژنوتیپ پسته متعلق به ۵ فامیل نیمه‌خواه‌ری با کدهای S (سیرت) با ۹ درخت، K (قرمزی) با ۸ درخت، U (ازون) با ۳ درخت، H (دورگه اکبری) با ۱۳ درخت، OH (دورگه اوحدی) با ۵ درخت، که در سال ۱۳۸۸ از طریق بذر در کلکسیون دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان (عج) کشت شده بودند، استفاده شد. ژنوتیپ‌های مربوط به دورگه اکبری و اوحدی ناشی از تلاقی کنترل‌شده ارقام فوق با یک ژنوتیپ نر و ژنوتیپ‌های ناشی از ارقام سیرت، ازون و قرمزی ناشی از نمونه‌گیری می‌باشد. این پژوهش در دو سال متوالی در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی انجام شد. صفات مورفولوژیکی براساس توصیفگر (IPGRI) تعیین گردید. ۸ صفت کمی برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۲). برای ارزیابی صفات کمی برگ (طول و عرض

برگ، طول و عرض برگچه انتهایی و تعداد برگچه) از هر درخت ۱۰ عدد برگ جدا و صفات اندازه‌گیری شدند. صفات کیفی برگ (شکل برگچه انتهایی، شکل نوک برگچه انتهایی، شکل قاعده برگچه انتهایی) براساس توصیفگر مورد ارزیابی قرار گرفت و کدگذاری شدند. تجزیه همبستگی و تجزیه عامل‌ها و همچنین ترسیم اشکال با استفاده از نرم‌افزار Minitab انجام گردید. میزان هدایت الکتریکی خاک و آب منطقه مورد آزمایش به ترتیب ۶/۱۵ و ۲/۶۳ دسی‌زیمنس بر متر و پی هاش خاک و آب به ترتیب ۸/۲۵ و ۷/۴۰ برآورد شد. همچنین درختان به فاصله ۲۰ روز یکبار آبیاری می‌شدند. همچنین میانگین کمینه و بیشینه دما در طول آزمایش به ترتیب ۱۷/۷ و ۳۴ درجه سانتی‌گراد بود.

نتایج

میانگین، کمینه و بیشینه صفات مورد بررسی

براساس نتایج به‌دست آمده از میانگین صفات مورفولوژیکی در ژنوتیپ‌های مورد بررسی، طول برگ در گستره‌ی از ۱۰/۳۳ تا ۱۶/۶۷ سانتی‌متر، که بیش‌ترین طول برگ در ژنوتیپ OH2 و کمترین طول برگ در ژنوتیپ U2 مشاهده شد. عرض برگ دارای گستره‌ای از ۷/۳۳ تا ۱۷/۶۷ سانتی‌متر بود، که بیش‌ترین میزان در ژنوتیپ S3 و کمترین میزان در H11 مشاهده شد. در رابطه با طول برگچه انتهایی، گستره‌ای از ۴/۱۷ تا ۱۰/۳۳ سانتی‌متر مشاهده شد، که بیش‌ترین میزان در ژنوتیپ S5 و کمترین میزان در ژنوتیپ U2 مشاهده شد. در عرض برگچه انتهایی دارای گستره‌ای از ۲/۹ تا ۶/۶۷ سانتی‌متر بود، که بیش‌ترین میزان در ژنوتیپ S5 و کمترین میزان در ژنوتیپ K6 دیده شد. گستره تعداد برگچه در ژنوتیپ‌ها از ۵ تا ۷ عدد بود، که بیش‌ترین میزان در ژنوتیپ‌های K1، K6، K7، S2 و S8 و کمترین میزان در ژنوتیپ‌های دورگه اکبری مشاهده شد. سطح برگ دارای گستره‌ای از ۲۰/۱۷ تا ۷۲/۶۵ سانتی‌مترمربع بود، که بیش‌ترین میزان در ژنوتیپ‌های OH3 و S5، و کمترین میزان در ژنوتیپ H3 مشاهده شد. بیش‌ترین میزان شاخص سبزینگی (۶۱/۰۳) در ژنوتیپ K3 و کمترین آن در ژنوتیپ S8 مشاهده شد (جدول ۱).

تجزیه به عامل صفات کمی برگ

تجزیه به عامل‌ها، صفات کمی اندازه‌گیری شده را در ۲ گروه عاملی تقسیم کرد که در مجموع ۷۸/۶ درصد از واریانس کل را توجیه کرد. برطبق نتایج تجزیه صفات به عامل‌ها (جدول ۲) در عامل اول صفات طول برگ، عرض برگ، طول برگچه، عرض برگچه، سطح برگ و نسبت طول به عرض برگچه انتهایی از مهم‌ترین صفاتی بودند که بیش‌ترین تاثیر را بر تفکیک ژنوتیپ‌های مورد بررسی داشتند. که این عامل ۶۲/۶ درصد واریانس کل را در بر گرفت.

جدول ۱- میانگین صفات کمی اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های مورد بررسی.

| صفات | | | | | | | | |
|---------|---------|---------|-------------------|-------------------|-------------|-----------------------|---------|---------------|
| ژنوتیپ* | طول برگ | عرض برگ | طول برگچه انتهایی | عرض برگچه انتهایی | تعداد برگچه | طول/عرض برگچه انتهایی | سطح برگ | شاخص سبزی‌نگی |
| H1 | ۱۵/۶۷ | ۱۲ | ۸/۱۷ | ۴/۶۷ | ۵ | ۱/۷۳ | ۴۰/۲۰ | ۵۱/۵۷ |
| H2 | ۱۲/۹۰ | ۹/۶ | ۵/۵ | ۴/۵ | ۵ | ۱/۲۲ | ۲۴/۶۸ | ۵۵/۲۶ |
| H3 | ۱۲/۱۷ | ۹/۶۷ | ۶/۶۷ | ۴/۳۳ | ۵ | ۱/۵۵ | ۲۰/۱۷ | ۴۹/۵۰ |
| H4 | ۱۲/۸۳ | ۹/۸۳ | ۶/۳۳ | ۴/۶۷ | ۵ | ۱/۳۶ | ۳۶/۳۲ | ۵۳/۸۷ |
| H5 | ۱۳/۳۳ | ۱۰/۲۳ | ۵/۵ | ۴ | ۵ | ۱/۳۸ | ۴۰/۰۶ | ۴۶/۹۷ |
| H6 | ۱۵/۴ | ۱۲/۳۳ | ۶/۵ | ۴/۸۳ | ۵ | ۱/۳۵ | ۴۴/۲۸ | ۴۸/۴۳ |
| H7 | ۱۴ | ۱۱/۱ | ۵/۸۳ | ۴/۵ | ۵ | ۱/۳۰ | ۴۶/۴۹ | ۴۹/۴۸ |
| H8 | ۱۲/۱۷ | ۱۰/۰۷ | ۵/۵ | ۴/۱ | ۵ | ۱/۳۵ | ۳۶/۹۴ | ۵۲/۴۰ |
| H9 | ۱۵/۴۳ | ۹/۵۷ | ۵/۵ | ۴/۷۷ | ۵ | ۱/۱۶ | ۲۸/۹۷ | ۵۴/۴۵ |
| H10 | ۱۰/۴۳ | ۷/۳۳ | ۵/۵ | ۳/۹ | ۵ | ۱/۴۰ | ۲۳/۱۷ | ۵۱/۸۱ |
| H11 | ۱۳/۳۳ | ۹/۰۷ | ۵/۶۷ | ۴/۰۷ | ۵/۶۷ | ۱/۳۹ | ۳۷/۵۷ | ۵۰/۱۲ |
| H13 | ۱۴/۵ | ۱۱/۶۷ | ۶/۸۳ | ۴/۸۳ | ۵ | ۱/۴۲ | ۴۱/۲۲ | ۵۱/۱۱ |
| H15 | ۱۳/۶۷ | ۱۱/۴ | ۷ | ۴/۶ | ۵ | ۱/۵۳ | ۳۲/۰۹ | ۵۰/۱۵ |
| U1 | ۱۳/۳۳ | ۱۱/۶۷ | ۶/۱۷ | ۴/۱۷ | ۶/۳۳ | ۱/۴۸ | ۵۰/۸۶ | ۵۸/۹۱ |
| U2 | ۱۰/۳۳ | ۱۲/۱ | ۴/۱۷ | ۳/۳۳ | ۶/۳۳ | ۱/۲۵ | ۲۱/۲۳ | ۵۱/۸۶ |
| U3 | ۱۲/۵ | ۹/۷۳ | ۶/۵ | ۴/۳۳ | ۵ | ۱/۵۱ | ۳۵/۹۸ | ۴۹/۳۸ |
| K1 | ۱۶ | ۸/۷۳ | ۶/۵ | ۴/۵ | ۷ | ۱/۴۶ | ۳۷/۴۹ | ۶۰/۳۰ |
| K2 | ۱۴/۱۷ | ۱۰/۶۷ | ۵/۱۷ | ۴/۳۳ | ۶/۳۳ | ۱/۲۰ | ۴۳/۹۶ | ۵۸/۰۷ |
| K3 | ۱۱/۷۳ | ۱۰/۲۳ | ۵ | ۴/۱ | ۵/۶۷ | ۱/۲۵ | ۳۶/۹۳ | ۶۷/۱ |
| K4 | ۱۵/۸۳ | ۸/۴ | ۶/۵ | ۴/۸۶ | ۶/۳۳ | ۱/۳۴ | ۴۱/۲۹ | ۶۰/۵۳ |
| K5 | ۱۳/۵ | ۸/۶۷ | ۶ | ۴/۲۳ | ۶/۳۳ | ۱/۴۲ | ۳۰/۱۱ | ۵۹/۲۲ |
| K6 | ۱۲/۳۳ | ۹/۲۷ | ۵ | ۲/۹ | ۷ | ۱/۷۲ | ۳۱/۹۴ | ۵۱ |
| K7 | ۱۱/۵ | ۱۱/۴ | ۵/۱۷ | ۴/۳۳ | ۷ | ۱/۱۹ | ۳۹/۳۰ | ۴۹/۵۵ |
| K8 | ۱۴ | ۱۱/۵ | ۵ | ۴/۶۷ | ۶/۳۳ | ۱/۰۸ | ۴۰/۶۵ | ۴۸/۹۷ |
| S1 | ۱۶/۱۷ | ۱۲/۶۷ | ۶/۸۳ | ۴/۱۷ | ۶/۳۳ | ۱/۶۳ | ۴۹/۶۸ | ۵۷/۷۳ |
| S2 | ۱۶/۱۷ | ۱۰/۸۳ | ۶/۶۷ | ۳/۹ | ۷ | ۱/۷۱ | ۴۶/۷۴ | ۶۱/۰۳ |
| S3 | ۱۵/۶۷ | ۱۷/۶۷ | ۷/۱۷ | ۴/۶۷ | ۵/۶۷ | ۱/۵۴ | ۴۸/۹۳ | ۵۵/۸۷ |
| S4 | ۱۳/۵ | ۱۰/۸۳ | ۶/۱۷ | ۴/۶۷ | ۵/۶۷ | ۱/۳۲ | ۴۱/۹۰ | ۵۴/۴۸ |
| S5 | ۱۹ | ۱۷/۶۷ | ۱۰/۳۳ | ۶/۶۷ | ۵ | ۱/۵۶ | ۷۲/۳۸ | ۵۱/۴۳ |
| S6 | ۱۶/۲۷ | ۱۲/۴۳ | ۷/۸۳ | ۴/۷۳ | ۶/۳۳ | ۱/۶۵ | ۵۸ | ۵۳/۶۹ |
| S7 | ۱۱/۳۳ | ۱۰/۳۶ | ۵/۸۳ | ۳/۷۷ | ۵ | ۱/۵۴ | ۳۶/۹۲ | ۵۰/۹۷ |
| S8 | ۱۳/۵ | ۹/۶۷ | ۵/۶۷ | ۳/۸۳ | ۷ | ۱/۴۹ | ۳۶/۷۸ | ۴۰/۶۸ |
| S9 | ۱۵/۹ | ۱۳/۹۳ | ۸/۵ | ۴/۷۷ | ۵ | ۱/۷۹ | ۵۳/۸۳ | ۵۱/۳۶ |
| OH1 | ۱۴/۱۷ | ۱۳/۵ | ۸ | ۴/۶۷ | ۵ | ۱/۷۱ | ۴۹/۸۷ | ۵۳/۳۱ |
| OH2 | ۱۶/۶۷ | ۱۴/۵ | ۸/۱۷ | ۵ | ۵ | ۱/۶۷ | ۴۹/۳۱ | ۵۸/۶۱ |
| OH3 | ۱۸ | ۱۴/۷۷ | ۷/۶۷ | ۵/۱۷ | ۵/۶۷ | ۱/۵۰ | ۷۲/۶۵ | ۵۶/۱۴ |
| OH4 | ۱۵/۶۷ | ۱۴/۱۷ | ۷/۶۷ | ۴/۰۷ | ۵ | ۱/۸۹ | ۳۹/۷۸ | ۶۰/۴۷ |
| OH5 | ۱۵/۶۷ | ۱۴/۸۳ | ۸/۱۷ | ۴/۶۷ | ۵ | ۱/۷۵ | ۵۴/۸۴ | ۵۸/۷۹ |

* H: هیبرید اکبری، U: ازون، K: کرمزی، S: سیرت، OH: هیبرید اوحدی.

جدول ۲- نتایج تجزیه صفات به عامل‌ها (واریانس، ضرایب عاملی و بار عاملی هر صفت).

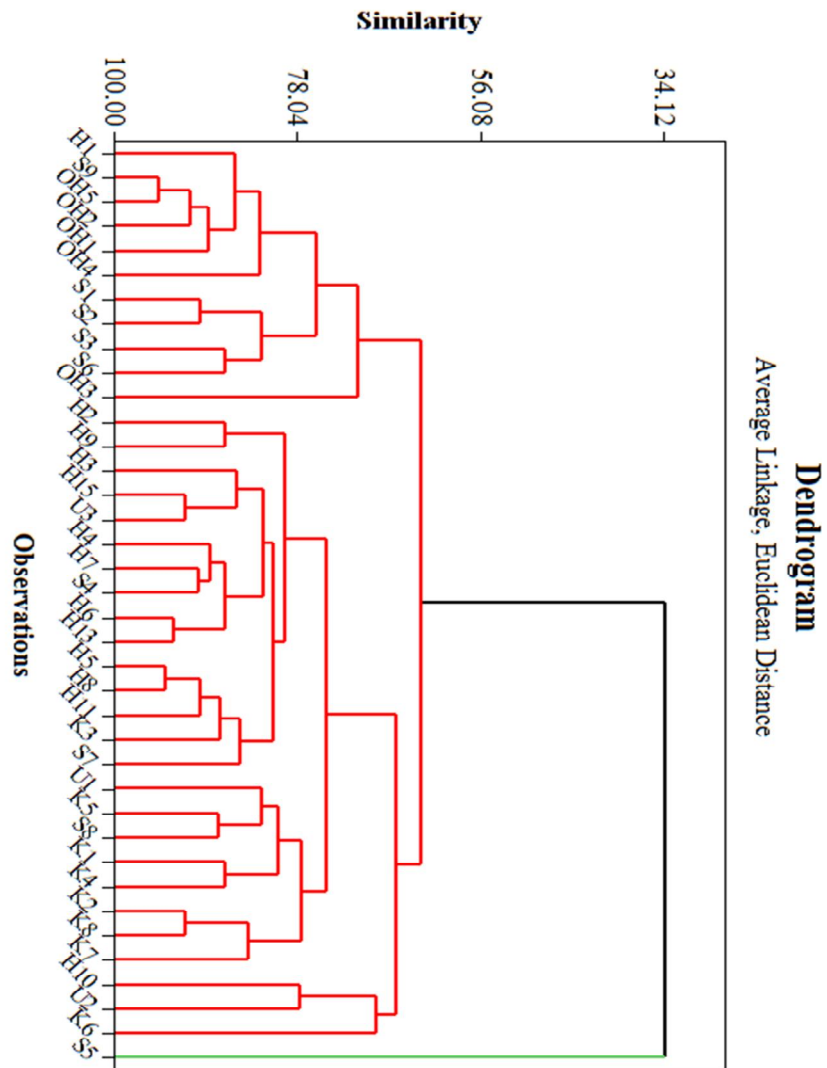
| عامل | ۱ | ۲ |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| درصد واریانس | ۶۲/۶ | ۱۵/۹ |
| واریانس | ۴/۳۸۴ | ۱/۱۱۵ |
| صفات | بار عاملی | |
| طول برگ | ۰/۸۸۳ ^{**} | ۰/۱۹۹ |
| عرض برگ | ۰/۹۷۲ ^{**} | ۰/۰۱۸ |
| طول برگچه انتهایی | ۰/۹۵۷ ^{**} | -۰/۰۳۴ |
| عرض برگچه انتهایی | ۰/۷۸۲ ^{**} | -۰/۳۹۰ |
| تعداد برگچه | -۰/۳۱۱ | ۰/۸۵۴ ^{**} |
| سطح برگ | ۰/۸۳۷ ^{**} | ۰/۲۳۱ |
| نسبت طول به عرض برگ | ۰/۵۷۸ ^{**} | ۰/۳۷۳ |
| شاخص سبزی‌نگی | -۰/۴۵۰ | ۱/۵۵۰ ^{**} |

^{**} بار عاملی بزرگ‌تر از ۰/۵۵ به‌عنوان بار عاملی معنی‌دار در نظر گرفته شد.

در عامل دوم صفت تعداد برگچه مهم‌ترین صفتی بود که تاثیر بر تفکیک ژنوتیپ‌ها داشت، که این عامل با ۱۵/۹ درصد از واریانس کل را تشکیل داد.

تجزیه خوشه‌ای براساس داده‌های کمی مورفولوژیکی

تجزیه خوشه‌ای براساس ۲ عامل اصلی که ۷۸ درصد واریانس را بین صفات نشان داد صورت پذیرفت. براساس تجزیه خوشه‌ای تشابه ۶۵، ژنوتیپ‌ها به دو گروه کلی تقسیم شدند (شکل ۱). ژنوتیپ S5، در خارج از کلاستر واقع شد که کمترین شباهت را از لحاظ صفات کمی برگ با سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی نشان داد. گروه اول شامل ژنوتیپ‌های ازون، کرمزی و اکثر ژنوتیپ‌های دورگه اکبری بود. گروه دوم، بیش‌تر ژنوتیپ‌های دورگه اوحدی و ژنوتیپ‌های سیرت را شامل شد. گروه اول خود به دو زیرگروه تقسیم شد. زیرگروه اول شامل دورگه‌های اکبری و زیرگروه دوم شامل بیش‌تر ژنوتیپ‌های کرمزی بود. تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها با استفاده از داده‌های مورفولوژیکی توانست اکثر ژنوتیپ‌های ترکیه را از ژنوتیپ‌های حاصل از رقم اکبری ایران تفکیک کند، با این حال برخی از ژنوتیپ‌های ترکیه از جمله سیرت در بین ژنوتیپ‌های ایران وجود داشت که می‌تواند دلالت بر شباهت برخی از



شکل ۱- خوشه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد بررسی براساس صفات کمی برگ.

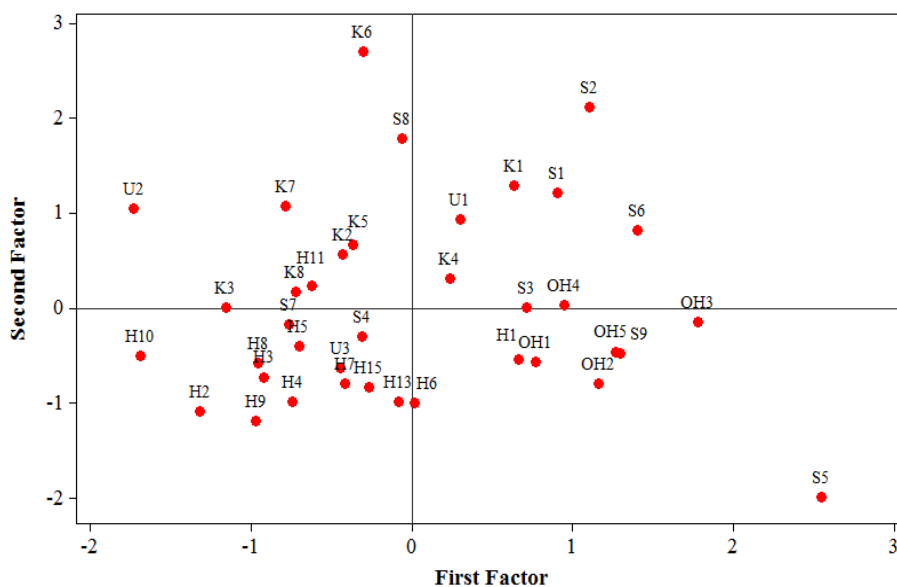
H: هیبرید اکبری، U: ازون، K: کرمزی، S: سیرت، OH: هیبرید اوحدی.

ژنوتیپ‌های ترکیه با ژنوتیپ‌های ایران است. ژنوتیپ دورگه اوحدی که حاصل تلاقی ژنوتیپ اوحدی ایران و ژنوتیپ نر کاشکا از ترکیه است نیز ویژگی‌های هر دو گروه را نشان داد.

بای پلات

بای پلات قادرند تصویری دو یا سه بعدی ایجاد نمایند که هر یک از ابعاد آن‌ها یک عامل اصلی موثر محسوب می‌شود. بنابراین پراکنش ژنوتیپ‌ها در محدوده این عوامل اصلی می‌تواند به تعیین بهتر فاصله ژنوتیپ‌ها و تفاوت بین آن‌ها کمک کند. به خصوص ژنوتیپ‌هایی که در یک، دو یا سه عامل به صورت بسیار قوی یا ضعیف هستند. با استفاده از دو عامل اول تجزیه به عامل‌ها که درصد بالایی از تنوع را توجیه می‌کنند. پراکنش ژنوتیپ‌های مورد بررسی در یک فضای دو بعدی ترسیم گردید. تا یک طرح کلی از شدت تفاوت‌ها و قرابت‌های بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بدست آید.

آزمون بای پلات براساس مولفه اول و دوم ژنوتیپ‌های مورد بررسی را به ۴ دسته که اجزا هر دسته نزدیک هم قرار گرفته‌اند تقسیم نمود (شکل ۲). پراکنش دو بعدی ژنوتیپ‌ها در بین سه مولفه اول نمایی عمومی از روابط ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها را نشان داد که در موارد متعددی با نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای تطابق دارد. براساس تجزیه بای پلات ژنوتیپ‌هایی که در یک محدوده نزدیک به هم قرار دارند از نظر صفات موثر در عامل‌های اول و دوم شباهت بیشتری نشان دادند و در یک گروه قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های دورگه اوحدی از نظر صفات موثر در عامل اول (قسمت مثبت) نسبت به هم شباهت داشتند و ژنوتیپ‌های دورگه اکبری در عامل‌های اول و دوم (قسمت منفی) نسبت به هم شباهت داشتند و ژنوتیپ‌های کرمزی در عامل اول (قسمت مثبت) نسبت به هم شباهت داشتند.



شکل ۲- الگوی دو بعدی پراکنش ژنوتیپ‌های مورد بررسی با استفاده از دو مولفه اول حاصل از تجزیه فاکتور داده‌های کمی برگ.

H: هیبرید اکبری، U: ازون، K: کرمزی، S: سیرت، OH: هیبرید اوحدی.

بحث

وجود تنوع ژنتیکی از عوامل مهم سازگاری موجودات با شرایط محیطی است. تنوع جمعیتی به موجودات زنده کمک می‌کند تا با شرایط محیطی و با تغییرات محیطی مقابله کنند، به‌نظر می‌رسد تشابه بین گونه‌ها به میزان زیادی وابسته به شرایط محیطی است به عبارتی گونه‌هایی که با شرایط اقلیمی خاصی سازگاری یافته باشند از نظر ژنتیکی نیز دارای سطح تشابه بالاتری نسبت به هم هستند (۱). می‌توان گفت ارزیابی و بررسی تنوع ژنتیکی براساس فنوتیپ یا صفات قابل اندازه‌گیری، به میزان زیادی متأثر از عوامل محیطی هستند که بر بروز صفات مورفولوژیکی تاثیر می‌گذارند (۷).

در پژوهش حاضر دامنه وسیعی از کمینه و بیشینه صفات مورفولوژیکی اندازه‌گیری دیده شد که حاکی از تنوع مورفولوژیکی بالا در ژنوتیپ‌های مورد بررسی است علاوه بر این از بارزترین ویژگی‌های مورفولوژیکی در تفکیک ژنوتیپ ایرانی از ژنوتیپ ترکیه تعداد برگچه در برگ بود به‌طوری‌که ارقام ترکیه از تعداد برگچه بیشتری نسبت به ژنوتیپ ایرانی برخوردار بودند، با این حال ژنوتیپ دورگه اوحدی از نظر تعداد برگچه مشابه با ژنوتیپ ایرانی بود. نتایج تجزیه به عامل‌های صورت گرفته در پژوهش فوق نشان داد که صفات مورد بررسی در دو گروه عاملی قرار گرفتند که در مجموع ۷۸/۶ درصد از واریانس کل را توجیه کردند که در عامل اول صفات مرتبط به برگ و برگچه بود که ۶۲/۶ درصد از واریانس را در بر گرفت، که با نتایج کریمی (۱۴) و کفکاس (۱۳) در خصوص اینکه صفات برگ و برگچه می‌توانند به‌عنوان مهم‌ترین ویژگی تفکیک کننده در ژنوتیپ‌های پسته باشند، مطابقت دارد. کفکاس (۱۳) تنوع فنوتیپی و مورفولوژیکی درون‌گونه‌های مهم پسته وحشی ترکیه، از جمله آتلانتیکا، در سطح بین‌گونه و درون‌گونه، با استفاده از تعداد زیادی از صفات کمی و کیفی برگ بررسی کردند و گزارش کردند که تنوع بالایی در سطح گونه و درون‌گونه وجود دارد. به‌منظور مطالعه تنوع مورفولوژیکی داخل و در میان جمعیت‌های بنه آتلانتیکای موجود در کشور الجزایر، بلجایی (۱۰) تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای صفات مورفولوژیکی برگ‌ها و میوه‌ها، و همچنین جنبه‌های میکرو مورفولوژیکی برگ‌ها، در هشت جمعیت وحشی را در شرایط مختلف آب و هوایی بررسی کردند. تجزیه و تحلیل واریانس برای صفات مورفولوژیکی مورد مطالعه تنوع قابل توجهی در درون و در میان جمعیت‌ها را نشان داد. همچنین در پژوهش فوق تنوع وسیعی در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه مشاهده شد که می‌تواند زمینه مناسبی برای گزینش ژنوتیپ‌های امید بخش در مراحل بعدی این کار اصلاحی باشد.

از روش‌های تعیین تشابه ژنتیکی، تجزیه خوشه‌ای است که به عنوان یکی از روش‌های آماری چند متغیره می‌باشد. از این روش می‌توان ژنوتیپ‌ها و گونه‌های مشابه را با استفاده از روش‌های عددی گروه‌بندی، برحسب خصوصیات

یکسان در یک گروه قرار داد. گروه‌بندی می‌تواند بر مبنای صفات کیفی یا کمی یا تلفیق هر دو نوع صفت انجام شود (۳). تجزیه‌ای خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها با استفاده از داده‌های مورفولوژیکی توانست ژنوتیپ‌های ترکیه را از ژنوتیپ‌های حاصل از رقم اکبری ایران تفکیک کند، با این حال برخی از ژنوتیپ‌های ترکیه از جمله سیرت در بین ژنوتیپ‌های ایران وجود داشت که می‌تواند دلالت بر شباهت برخی از ژنوتیپ‌های ترکیه با ژنوتیپ‌های ایران است. از بین ژنوتیپ‌های ترکیه به‌طور کلی ژنوتیپ سیرت از لحاظ مورفولوژی میوه شبیه به ارقام ایرانی می‌باشد (۴). در پژوهشی کفکاس (۱۱) گزارش کردند که رقم سیرت کاملاً از رقم ایرانی تفکیک شده و ارتباط نزدیکی با رقم هاکیرسو دارد و این احتمال وجود دارد که پسته از ایران به شمال غربی عراق انتقال یافته و سپس رقم فوق از بین آن‌ها گزینش شده و به ترکیه منتقل شده باشد. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که ژنوتیپ دورگه اوحدی که حاصل تلاقی ژنوتیپ اوحدی ایران و ترکیه است نیز ویژگی‌های هر دو گروه را نشان داده است. در پژوهشی که علی پور و غفار موفق (۳) بر روی تنوع ژنتیکی ارقام پسته ایرانی انجام دادند گزارش کردند که نتایج تجزیه خوشه‌ای مشخص نمود که گروه‌بندی ارقام به‌صورت منطقه‌ای می‌باشد، به‌طوری‌که ارقام مربوط به مناطق مختلف در گروه‌های مجزا قرار گرفتند. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که علاوه بر این ژنوتیپ‌های رقم کرمزی و ازون در گروه‌های نزدیک به هم قرار گرفتند که با نتایج کریمی و همکاران (۱۴) مبنی بر تشابه بالای رقم کرمزی و ازون مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری کلی

شناسایی و ارزیابی ارقام و ژنوتیپ‌های پسته از لحاظ بهبود مدیریت باغ‌های پسته و کاربرد آن‌ها در برنامه‌های به‌نژادی ارقام و پایه‌های پسته، دارای اهمیت می‌باشد. در مطالعات اولیه تنوع ژنتیکی پسته، نشانگرهای مورفولوژیکی مانند شکل میوه و برگ مورد استفاده قرار گرفته است. تاکنون مطالعات چندی در زمینه روابط ژنتیکی گونه‌ها و ارقام پسته صورت گرفته است که براساس نتایج آن‌ها، می‌توان استنتاج کرد که گونه‌های پسته به‌دلیل نحوه گرده‌افشانی، خصوصیت دوپایگی، تلاقی‌پذیری بین‌گونه‌ای و هتروزیگوتی بالا، دارای تنوع ژنتیکی زیادی می‌باشند که می‌تواند به‌عنوان منبعی برای گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب مورد استفاده قرار گیرد. اولین گام در زمینه به‌نژادی هر محصول زراعی از جمله پسته دستیابی به منابع ژنتیکی آن، بررسی تنوع ژنتیکی موجود، تعیین و شناسایی صفات مطلوب و ویژگی‌های رویشی و زایشی ارقام است. مهم‌ترین عامل جهت نیل به اهداف اصلاحی همچون افزایش عملکرد در واحد سطح، ایجاد ارقام مقاوم به بیماری‌ها، آفات، سرما، خشکی و بهبود کیفیت محصول، شناسایی و ارزیابی ژرم‌پلاسم پسته و حفظ مراکز ژنتیکی گیاه می‌باشد. در پژوهش حاضر، نتایج تجزیه به‌عامل‌ها نشان داد مهم‌ترین صفات تفکیک‌کننده دانه‌ها صفات

مربوط به برگ و برگچه بود، همچنین تجزیه کلاستر صفات مورفولوژیکی، اکثر دانه‌های متعلق به ژنوتیپ‌های ترکیه را از ژنوتیپ‌های ایرانی تفکیک کرد اگرچه برخی از ژنوتیپ‌های سیرت تشابه زیادی با ژنوتیپ‌های ایرانی داشتند. علاوه بر این تنوع وسیعی در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه مشاهده شد که می‌تواند زمینه مناسبی برای گزینش ژنوتیپ‌های امید بخش در مراحل بعدی این کار اصلاحی باشد.

منابع

- ۱- حیدری، س.، مرعشی، ح.، فارسی، م. و میرشمسی کاخکی، و. ۱۳۸۷. بررسی تنوع ژنتیکی جمعیت‌های وحشی و زراعی زرشک (*Berberis sp.*) استان‌های خراسان با استفاده از نشانگرهای مولکولی AFLP. (مجله علوم باغبانی) علوم و صنایع کشاورزی، (شماره ۲)، ۶۵-۷۶.
- ۲- صادقی سرشت، ا.، کریمی، ح.، محمدی میریک، ع. ا. و اسماعیلی‌زاده، م. ۱۳۹۳. تنوع و روابط بین صفات رویشی در دانه‌های حاصل از هیبرید طبیعی بنه‌باغی به‌عنوان یک پایه در پسته. فناوری تولیدات گیاهی، جلد ۱۵، (شماره ۱)، ۱۲۷-۱۴۰.
- ۳- علی‌پور، ح. و غفاری‌موفق، ف. ۱۳۹۰. مطالعه ژنتیکی ارقام پسته ایرانی با استفاده از صفات مورفولوژیک. مجله علوم باغبانی ایران، دوره ۴۲، (شماره ۱)، ۷۳-۸۲.
- ۴- کریمی، ح. ر. ۱۳۸۹. فیلوژنی گونه‌های جنس پسته. انتشارات پلک، تهران.
- ۵- کریمی، ح. ر. ۱۳۹۴. خشک‌میوه‌ها (پسته، بادام، گردو، فندق، پکان و شاه‌بلوط). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۵۱ ص.
- ۶- گل‌عین، ب. ۱۳۸۴. شناسایی و جداسازی ریزوما‌واره‌های مرکبات به‌منظور تشخیص هیبریدها و ارزیابی پرتقال و نارنگی ایران. پایان‌نامه دکتری، دانشکده پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- ۷- هاشمی، ح.، صفرنژاد، آ. و باقری، آ. ۲۰۰۹. بررسی تنوع ژنتیکی در میان توده بومی زیره فارسی ایران (*Bunium persicum* Boiss) با استفاده از نشانگر RAPD. مجله اصلاح نباتات و تحقیقات ژنتیکی مراتع و جنگل‌ها، ۲۴۶-۲۳۸.
- 8- Al-saghir, M. G. and Porter, D. M. 2006. Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) markers of *Pistacia* species (Anacardiaceae). Asian Journal of Plant Sciences, 5, 1002 –1006.

- 9- Arjmand, R., Tavasolian, A., Mohammadinezhad, Gh. and Hokmabadi, H. 2013. *Genetic diversity of 33 Iranian cultivars using morphological traits*. In: Proceedings of 1th *International Congress on Strategies to Achieve Sustainable Development*. 3-4 Jan., Bojnord, Iran, pp23-26.
- 10- Belhadj, S., Derridj, A., Auda, Y., Gers, C. and Gauquelin, T. (2008). Analyse de la variabilite morphologique chez huit populations spontanees de *Pistacia atlantica en Algerie*. *Botany*, 86, 520-532.
- 11- Engler, A. 1883. *Burseraceae et Anacardiaceae* In: De Candolle A.C. (Ed), *Monographiae Phannerogamarum Vol.4*. Paris, (pp.284-293).
- 12- Kafkas, S. and Perl-Treves, R. 2001. Morphological and molecular phylogeny of *Pistacia* species in Turkey. *Theoretical and Applied Genetics*, 102, 908-915.
- 13- Kafkas, S., Kafkas, E. and Perl-Treves, R. 2002. Morphological diversity and a germplasm survey of three wild *Pistacia* species in Turkey. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 49, 261-270.
- 14- Karimi, H. R., Zamani, Z., Ebadi, A. and Fatahi, M. R., 2009. Morphological diversity of *Pistacia* species in Iran. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 56, 561-571.
- 15- Karimi, H. R. and S. Kafkas. 2010. Genetic relationships among *Pistacia* species studied by SAMPL markers. *Plant Systematics and Evolution*, 297, 207-212.
- 16- Karimi, H. R. 2012. Evaluation of the behavior of native Iranian pistachio species as rootstocks. *Journal of Nuts*, 3, 41-46.
- 17- Kokwaro, J. O. and Gillet, J. B. (1980). Notes on the Anacardiaceae of Eastern Africa. *Kew Bulletin*, 34, 745-760.
- 18- Ozden-Tokatli, Y., Akdemir, H., Tilkat, E. and Onay, A. 2010. Current status and conservation of *Pistacia* germplasm. *Biotechnology advances*, 28, 130-141.
- 19- Zohary, M. 1952. A monographic study of the genus *Pistacia Palestine*. *American Journal of Botany*, 5, 187-228.