

ارزیابی تنوع ژنتیکی در برخی ارقام ایرانی و خارجی و ژنوتیپ‌های امید

بخش زیتون با استفاده از نشانگرهای ISSR

Evaluation of genetic variation in some Iranian and foreign cultivars and promising genotypes of Olive using ISSR markers

مجید گلمحمدی^۱، امید سفالیان^{۲*}، جعفر احمدی^۳، مهدی طاهری^۴، علیرضا قنبری^۵، ولی‌اله رسولی^۶

- ۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل و مربی پژوهش، مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی، قزوین، ایران
- ۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
- ۳- استاد، گروه ژنتیک و به نژادی گیاهی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران
- ۴- دانشیار، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، زنجان، ایران
- ۵- دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
- ۶- استادیار، گروه تحقیقاتی حبوبات، مرکز تحقیقات و آموزش و پرورش و منابع طبیعی و منابع طبیعی، قزوین، ایران

Golmohammadi M¹, Sofalian O^{*2}, Ahmadi J³, Taheri M⁴, Ghanbari A⁵, Rasoli V⁶

- 1- PhD Candidate, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil and instructor of Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Qazvin, Iran
- 2- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
- 3- Professor, Department of Genetics and Plant Breeding, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran
- 4- Associate Professor, Department of Soil and water Research, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zanjan, Iran
- 5- Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
- 6- Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Qazvin, Iran

* نویسنده مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: o_sofalian@uma.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۹۷/۴/۱۱ - تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۱۵)

چکیده

زیتون به عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان باغی شناخته می‌شود که دارای بیش از ۱۲۰۰ رقم کاملاً متمایز و تعداد فراوانی رقم وحشی در جهان است. در این مطالعه تنوع ژنتیکی موجود در یک مجموعه از ارقام زیتون ایرانی و خارجی با استفاده از نشانگرهای ISSR ارزیابی شد. در مجموع ۱۶ آغازگر، ۱۹۰ قطعه تکثیر یافت که ۱۷۲ قطعه از آن‌ها (۹۰/۵۲ درصد) چند شکل بود. میانگین شاخص‌های قدرت تمایز (Rp) و محتوای اطلاعات چند شکل (PIC) به ترتیب برابر با ۱۰/۲۲ و ۰/۴۵ بود که بیانگر قابلیت آغازگرهای استفاده شده در ارزیابی تنوع ژنتیکی بود. نتایج تجزیه واریانس مولکولی (AMOVA) نشان داد که ۷ درصد از تغییرات کل، مربوط به تنوع بین گروهی و ۹۳ درصد از تغییرات مربوط به تنوع درون گروهی ارقام و ژنوتیپ‌های زیتون بود. میانگین درصد مکان‌های چند شکل (PPL)، تعداد آلل‌های مشاهده شده (Na) و مؤثر (Ne)، اطلاعات شانون (I) و تنوع ژنتیکی (H) به ترتیب برابر با ۸۲/۱۱ درصد، ۱/۷۳، ۱/۴۳، ۰/۳۹ و ۰/۲۶ بود و ارقام ایرانی نسبت به خارجی از نظر کلیه پارامترهای تنوع ژنتیکی دارای مقادیر بالاتری بودند. روابط ژنتیکی بین ارقام مورد بررسی با استفاده از تجزیه خوشه‌ای بررسی شد و نتایج به دست آمده نشان داد که کلیه ارقام درون سه گروه اصلی قرار گرفتند. نتایج تجزیه به مختصات اصلی (PCoA) نیز تأییدکننده نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای بود. به طور کلی، نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد نشانگرهای ISSR استفاده شده به طور مطلوبی قادر به منعکس نمودن میزان تنوع ژنتیکی و روابط بین ارقام زیتون هستند. از این رو، استفاده از این آغازگرها در سایر مطالعات ژنتیکی مانند نقشه‌یابی QTL و تجزیه ارتباطی قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی

زیتون

تنوع ژنتیکی

تجزیه به مختصات اصلی

تجزیه خوشه‌ای

مقدمه

زیتون با نام علمی (*Olea europaea* L.) متعلق به خانواده Oleaceae و یکی از اولین و قدیمی‌ترین درختان میوه است این گیاه برای هزاران سال منبع اصلی روغن خوراکی در حوزه مدیترانه بوده است. امروزه با پیشرفت علم و مشخص شدن خواص غذایی و درمانی زیتون و روغن آن، گرایش به مصرف آن افزایش چشم‌گیری داشته است، چراکه روغن زیتون دارای سطح بالایی از اولئیک اسید است (Seifi 2008). اگرچه برخی از محققان با توجه به شواهد تاریخی و باستان‌شناسی، خاستگاه اولیه زیتون را فلسطین، لبنان، شمال غربی سوریه و مصر می‌دانند و معتقدند که زیتون در اثر تحولات تاریخی و جنگ‌ها به اروپا برده شده است (Zohary 1994). بر اساس گزارش انجمن بین‌المللی زیتون سطح زیر کشت زیتون در دنیا به ۱۰۳۷۱۰۰۰ هکتار رسیده است و این گیاه مناسب کشت در شرایط خشک و نیمه خشک می‌باشد، که جایگاه و اهمیت خاصی در صنعت میوه کاری ایران در آینده‌ای نزدیک به خود اختصاص می‌دهد (Arji et al. 2013). امروزه ایران با دارا بودن ۱۰۰۰۰۰ هکتار سطح زیر کشت زیتون و تولید بیش از ۳۰۰۰ تن روغن در سال به‌عنوان یکی از کشورهای پرورش‌دهنده زیتون در جهان محسوب می‌شود. ذخایر ژنی زیتون ایران یکی از ذخایر ژنی مهم جهان می‌باشد. از این‌رو تشخیص و حفظ واریته‌های مختلف زیتون ایران انجام مطالعات ژنتیکی مختلف را ضروری به‌نظر می‌رساند (Motaghi et al. 2012). اولین قدم برای ارزیابی میزان تفاوت ژنتیکی و دامنه تنوع و نیز برنامه‌ریزی هدفمند برای کارهای اصلاحی، اطلاع از تنوع ژنتیکی و روابط خویشاوندی بین ارقام مناطق مختلف است. تنوع و انتخاب دو رکن اصلی هر برنامه اصلاحی بوده و انجام انتخاب منوط به وجود تنوع مطلوب از حیث هدف مورد بررسی می‌باشد. به‌منظور بهره‌مندی از تنوع موجود و ایجاد تغییرات جدید، ارزیابی منابع ژنتیکی ضروری به‌نظر می‌رسد. تاکنون مطالعات گوناگونی در ارتباط با استفاده از نشانگرهای مولکولی در مطالعه تنوع ژنتیکی ارقام گوناگون زیتون انجام شده است. به‌عنوان نمونه، Motaghi et al. (2012) نوع ژنتیکی موجود در ۴۹ نمونه زیتون متعلق به ۱۰ رقم جمع‌آوری شده از نواحی مختلف ایران را با استفاده از ۲۰ آغازگر RAPD مورد بررسی قرار دادند و

نتایج این مطالعه سطح بالایی از تنوع ژنتیکی را بین ارقام مختلف نشان داد. به‌منظور مطالعه ارقام کشت شده در مولیسه ایتالیا و ارتباط آن‌ها با ارقام مناطق مجاور، هجده رقم از مولیسه با استفاده از نشانگرهای AFLP بررسی شدند. از تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به‌منظور برآورد شباهت‌ها و بررسی منشأ ارقام استفاده شد و ارقام مورد مطالعه با سایر ارقام کاشته شده در ایتالیا و فرانسه مقایسه شدند و ارقام متعدد شباهت‌های زیادی نشان دادند (Angiolillo et al. 2006). Bemsard et al. (2001) مجموعه‌ای متشکل از ۱۱۳ رقم و ژنوتیپ زیتون را با استفاده از نشانگرهای چندشکل RAPD مورد مطالعه قرار دادند. در این بررسی نشانگرهای RAPD به‌صورت قابل توجهی ارقام و ژنوتیپ‌های زیتون را از یکدیگر تفکیک کردند. علاوه‌براین، در آزمایشی Marrozzo et al. (2000) نیز از نشانگرهای SSR برای شناسایی ارقام زیتون استفاده کردند. نتایج حاصل از مطالعه آن‌ها وجود تنوع را در ۵۰ جایگاه SSR برای ارقام مورد مطالعه نشان داد و تنها در دو جایگاه SSR تک شکل بودند. هم‌چنین در این مطالعه تمامی ارقام بر اساس منشأ جغرافیایی خود در گروه‌های مجزایی تفکیک شدند. در ارزیابی Mardi et al. (2016) تنوع و روابط بین مجموعه‌ای از ارقام زیتون با استفاده از نشانگرهای SSR مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصله از این ارزیابی نشان داد که اکثر درختان مادری در گروه مجزایی گروه‌بندی شدند به طوری که با استفاده از کلید شناسایی مولکولی آن‌ها امکان تشخیص ارقام مختلف به‌منظور تأیید اصالت ژنتیکی آن‌ها مسیر شد. Linos et al. (2014) با استفاده از سه سیستم نشانگری SSR، ISSR و RAPD تنوع ژنتیکی موجود در مجموعه‌ای از ژرم‌پلاس‌های زیتون یونان را ورد بررسی قرار دادند. این محققان علاوه بر گزارش سطح بالایی از تنوع ژنتیکی عنوان کردند هر دو سیستم تولید مثلی و رویشی نیز در تکامل ژرم‌پلاس زیتون نقش دارند. در بررسی Abdessemed et al. (2015) نیز مجموعه‌ای از ارقام زیتون بومی آرژانتین را با استفاده از نشانگرهای SSR مورد بررسی قرار گرفتند و نتایج آن‌ها بیانگر میزان قابل توجهی بین و درون گروهی بود.

تعیین منشأ ژنتیکی و ارزیابی تنوع ژنتیکی ارقام زیتون نه تنها از جنبه‌های احداث باغ، بلکه از نظر شناسایی روابط خویشاوندی،

آغازگر و دو دقیقه در دمای ۷۲ درجه سلسیوس به عنوان دمای گسترش و در نهایت هفت دقیقه دمای ۷۲ درجه سلسیوس جهت بسط نهایی انجام شد. محصولات PCR نیز در ژل آگارز ۱/۵ درصد و با استفاده از رنگ آمیزی با Safeview تفکیک و سپس به صورت ماتریس یک (مشاهده باند) و صفر (عدم مشاهده باند) امتیازدهی شدند.

جدول ۱- اسامی ارقام زیتون مورد ارزیابی در این مطالعه

کد	رقم	منشاء	کد	رقم	منشاء
۱	T2	Iran	۱۱	Zard	Iran
۲	T6	Iran	۱۲	Roghani	Iran
۳	T7	Iran	۱۳	Mari	Iran
۴	T10	Iran	۱۴	Beladi	Lebanon
۵	T17	Iran	۱۵	Mission	USA
۶	T19	Iran	۱۶	Manzanilla	Spain
۷	T20	Iran	۱۷	Koroneiki	Greece
۸	T21	Iran	۱۸	Kalamata	Greece
۹	T18	Iran	۱۹	Corfolia	Spain
۱۰	T24	Iran	۲۰	Abou-satl	Syria

به منظور ارزیابی کارایی آغازگرهای استفاده شده برخی از معیارهای کارایی نشانگر همچون محتوی اطلاعات چندشکل (PIC^3)، شاخص نشانگر (MI^4) و قدرت تمایز (Rp^5) بر اساس روابط ارائه شده توسط Powell et al. (1996) محاسبه شد. به منظور تعیین تنوع ژنتیکی بین گروهی و همچنین تنوع درون آن‌ها، تجزیه واریانس مولکولی ($AMOVA^6$) با استفاده از نرم افزار GenAlEX انجام شد. جهت بررسی و مقایسه میزان تنوع ژنتیکی موجود در هر یک از گروه‌های ایرانی و خارجی پارامترهای ژنتیکی درصد لوکوس‌های چندشکل (PPL^7)، شاخص شانون (I^8)، تنوع ژنی نی (H^9)، تعداد آل‌های مشاهده شده (Na^{10}) و تعداد آل‌های مؤثر (Ne^{11}) با استفاده از نرم افزار POP-GENE برآورد شدند. گروه‌بندی توده‌های مورد بررسی بر

برای دستیابی به ارقام جدید اقتصادی و مطابق با نیازهای روز اهمیت زیادی دارد. بنابراین طراحی هر برنامه به‌نژادی و ایجاد باغ با ارقام مورد نظر و گواهی شده مستلزم شناسایی ویژگی‌های اختصاصی هر رقم می‌باشد. نظر به اینکه در سال‌های اخیر گردآوری و گروه‌بندی ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف زیتون در ایران بیش از پیش مورد توجه پژوهشگران توجه قرار گرفته است، از این‌رو هدف از این تحقیق بررسی میزان تنوع ژنتیکی و گروه‌بندی ارقام مختلفی ایرانی و خارجی زیتون با استفاده از نشانگرهای مولکولی بود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش ۲۰ رقم ایرانی و خارجی زیتون مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفت. کلیه ارقام مورد مطالعه از ایستگاه تحقیقاتی زیتون واقع در طارم تهیه و مشخصات آن‌ها در جدول ۱ درج شده است. استخراج DNA ژنومی از برگ‌های هر یک از ارقام مورد مطالعه با استفاده از دستورالعمل $CTAB^1$ و بر اساس روش Doyle and Doyle (1987) انجام شد. کیفیت DNA استخراجی هر توده علاوه بر تعیین توسط دستگاه نانودراپ مدل (THERMO;2000 spectrophotometer) توسط الکتروفورز ژل الکتروفورز ۰/۸ درصد مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله نخست تعداد ۲۵ آغازگر ISSR جهت بررسی تنوع ژنتیکی انتخاب شدند که از بین آن‌ها تنها ۱۶ آغازگر ISSR قادر به تولید قطعات چند شکل بودند و جهت ارزیابی تنوع و برآورد پارامترهای ژنتیکی استفاده شد. مشخصات هر یک از این آغازگرها در جدول ۲ نشان داده شده است. پس از بهینه‌سازی شرایط تکثیر، واکنش زنجیره‌ای پلیمرز (PCR^2) در حجم ۱۵ میکرولیتر شامل ۷/۵ میکرولیتر Master mix2X، ۴/۵ میکرولیتر آب دیونیزه، ۱/۵ میکرولیتر DNA ژنومی (۵۰ نانوگرم) و ۱/۵ میکرولیتر (یک میکرومولار) آغازگر انجام شد. تکثیر PCR در ترموسایکلر با دمای واسرشت‌سازی اولیه ۹۴ درجه سلسیوس به مدت ۷ دقیقه و سپس ۴۰ چرخه با دمای ۹۴ درجه سلسیوس به مدت یک دقیقه، ۵۰ ثانیه دمای ۴۵ درجه سلسیوس اتصال هر

¹ Cethyl Trimethyl Ammonium Bromide

² Polymerase Chain Reaction

³ Polymorphism information content

⁴ Marker index

⁵ Resolving power

⁶ Analysis of molecular variance

⁷ Percentage of polymorphism loci

⁸ Shannon's information index

⁹ Nei's genetic diversity

¹⁰ Number of observed alleles

¹¹ Effective number of alleles

810-910) و (UBC 855) بیشترین تعداد قطعات را تکثیر کردند. میانگین قطعات چندشکل برابر با ۱۰/۷۵ بود و آغازگر (-VW 5672) با ۵ قطعه و آغازگرهای (UBC 811) و (UBC 855) با ۱۵ قطعه به ترتیب از کمترین و بیشترین قطعات چندشکل برخوردار بودند. شاخص نشانگری (*MI*) با میانگین ۵/۰۱ دامنه‌ای از تغییرات را بین آغازگرهای استفاده شده نشان داد به طوری که آغازگرهای (VW-5672) و (UBC 810-910) به ترتیب با مقادیر ۱/۳۷ و ۷/۴۹ دارای کمترین و بیشترین شاخص نشانگری بودند. علاوه بر این، شاخص قدرت تمایز (*Rp*) نیز بین مقادیر ۶ (UBC-846) و ۱۴/۵ (UBC 810-910) با میانگین ۱۰/۲۲ متغیر بود. شاخص محتوی اطلاعات چند شکل (*PIC*) نیز دارای میانگین ۰/۴۵ بود و آغازگرهای (UBC-841-y) و (UBC-817) دارای بیشترین مقدار *PIC* بودند. در مقابل کمترین مقدار *PIC* به آغازگر (VW-5672) تعلق داشت.

اساس ماتریس تشابه جاکارد و به روش Neighbor-joining با استفاده از نرم افزار DARwin ver. 6 صورت گرفت. تجزیه به مختصات اصلی ($PCoA^1$) نیز با استفاده از نرم افزار GenALEX و با هدف ارزیابی روابط بین ارقام مختلف انجام شد.

نتایج و بحث

در جدول ۲ خلاصه‌ای از نتایج به دست آمده از تکثیر ۱۶ آغازگر ISSR استفاده شده در ارزیابی تنوع ژنتیکی ۲۰ رقم زیتون ایرانی و خارجی ارائه شده است. آغازگرهای مورد استفاده در مجموع ۱۹۰ قطعه تکثیری یافت شد که از بین آنها ۱۷۲ قطعه چندشکل بود. تعداد کل قطعات تکثیری از هشت تا پانزده با میانگین ۱۱/۸۷ متغیر بود و در بین آغازگرهای استفاده شده، آغازگر (UBC 846) دارای کمترین قطعه تکثیری و آغازگرهای (UBC

¹ Principal coordinate analysis

جدول ۲- مشخصات توالی آغازگرهای ISSR و نتایج حاصل از تکثیر PCR در ۲۰ رقم زیتون ایرانی و خارجی

ردیف	آغازگر	Sequence (5'→3')	MI	Rp	PIC	PPL	PNB	TNB
۱	UBC-873	GACAGACAGACAGACA	۶/۶۳	۱۰/۸	۰/۴۷	۱۰۰	۱۰	۱۴
۲	UBC-841-y	GAGAGAGAGAGAGAYC	۶/۰۱	۱۳/۱	۰/۴۹	۹۲/۸	۱۳	۱۴
۳	VW-5672	GAAGAAGAAGAAGAA	۱/۳۷	۸/۲۰	۰/۳۶	۵۵/۵۵	۵	۹
۴	UBC 811	GAG AGA GAG AGA GAG AC	۷/۴۹	۱۴/۵	۰/۴۸	۱۰۰	۱۵	۱۵
۵	UBC-834-910	AG AG AG AG AG AG AG YT	۵/۰۴	۱۱/۹	۰/۴۷	۹۱/۶۶	۱۱	۱۲
۶	UBC-827-910	AC AC AC AC AC AC AC G	۳/۰۹	۸/۲	۰/۴۲	۸۰	۸	۱۰
۷	HB12	CAC CAC CAC GC	۵/۷۶	۹/۶	۰/۴۸	۱۰۰	۱۲	۱۲
۸	ISSR-16	ACT CAC TCA CTC ACT C	۶/۶۹	۱۱/۰۹	۰/۴۷	۱۰۰	۱۴	۱۴
۹	ISSR-17	CAC ACA CAC ACA CAC AAG	۴/۹۱	۱۰/۰۹	۰/۴۵	۹۱/۶۶	۱۱	۱۲
۱۰	UBC-825	ACACACACACACACT	۶/۸۲	۱۱/۸	۰/۴۶	۱۰۰	۱۴	۱۴
۱۱	UBC-810	GAG AGA GAG AGA GAG AT	۴/۱۲	۱۰/۸	۰/۴۱	۸۳/۳۳	۱۰	۱۲
۱۲	UBC-817	CAC ACA CAC ACA CAC AA	۴/۰۴	۹/۹	۰/۴۹	۹۰	۹	۱۰
۱۳	UBC-855-910	AC AC AC AC AC AC AC YT	۴/۹۵	۹/۱	۰/۴۷	۱۰۰	۱۰	۱۰
۱۴	UBC-809	AGA AGA AGA AGA AGA GG	۳/۴۸	۷/۷	۰/۴۶	۸۷/۸۸	۸	۹
۱۵	UBC-846	CAC ACA CAC ACA CAC ART	۲/۸۷	۶	۰/۴۱	۸۷/۵	۷	۸
۱۶	UBC-855	ACACACACACACACYT	۶/۹۱	۱۰/۸	۰/۴۶	۱۰۰	۱۵	۱۵
میانگین								
			۵/۰۱	۱۰/۲۲	۰/۴۵	۹۱/۳۳	۱۰/۷۵	۱۱/۸۷

MI, Rp, PIC, PPL, PNB و TNB به ترتیب بیانگر شاخص نشانگری، قدرت تمایز، محتوای اطلاعات چند شکل، درصد مکان‌های چند شکل، تعداد قطعات چند شکل و تعداد کل قطعات تکثیر شده می‌باشند. Y بیانگر نوکلئوتید C یا T می‌باشد.

ژنتیکی در مجموعه‌ای از ارقام زیتون سطح بالایی از چند شکلی را با استفاده از نشانگرهای مولکولی گزارش کردند. تجزیه واریانس مولکولی (AMOVA) بر اساس داده‌های مولکولی به‌دست آمده نشان داد که ۷ درصد از تغییرات کل، مربوط به تنوع بین گروهی است در حالی که ۹۳ درصد از تغییرات با تنوع درون گروهی قابل توجیه بود. (جدول ۳). در واقع سطح بالای تنوع ژنتیکی مشاهده درون گروهی بین ارقام مورد ارزیابی را می‌تواند به دلیل زمینه ژنتیکی بسیار متفاوت این ارقام و همچنین منشاء ژنتیکی متفاوت آن‌ها باشد که آغازگرهای استفاده شده در این تحقیق به خوبی قادر بودند این تنوع را نشان دهند. در تطبیق با این نتایج، Linos et al. (2014) نیز سطح بالایی از تنوع درون گروهی را در مجموعه‌ای از ارقام زیتون متشکل ۱۰۱ رقم و ژنوتیپ گزارش کردند. در جدول ۴ نتایج حاصل از برآورد پارامترهای ژنتیکی به تفکیک برای ارقام ایرانی و خارجی نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود مقادیر میانگین برای کلیه پارامترهای ژنتیکی در ارقام ایرانی بیشتر از ارقام خارجی می‌باشد. تعداد کل آلل‌های مشاهده دارای میانگین ۱/۷۲ بوده و ارقام ایرانی با متوسط ۱/۶۷ آلل مشاهده (N_a) نسبت به ارقام خارجی برتری داشتند. متوسط تعداد آلل‌های موثر نیز برابر با ۱/۴۳ بود که ارقام ایرانی با میانگین ۱/۴۵ دارای تعداد آلل موثر بیشتری نسبت به ارقام خارجی بودند.

در بین شاخص‌های تعیین کننده کارایی یک سیستم نشانگری، دو شاخص‌های PIC و R_p از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند زیرا این دو شاخص قابلیت سیستم نشانگری در تعیین اثر بخشی و پتانسیل آغازگرهای استفاده شده در ارزیابی تنوع ژنتیکی و قدرت تمایز نمونه‌های مورد بررسی را نشان می‌دهند (Powell et al. 1996). به عبارت دیگر شاخص PIC احتمال تشخیص چندشکلی ایجاد شده توسط یک آغازگر بین دو فرد می‌باشد که به تعداد آلل‌های قابل تشخیص و فراوانی آن‌ها وابسته است. شاخص R_p نیز به عنوان معیاری جهت تمایز آغازگرهای به کار رفته مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حقیقت این شاخص توانایی یک سیستم نشانگری را در ایجاد باندهای قابل امتیازدهی تعیین می‌کند. با این وجود، Prevost and Wilkinson (1999) اظهار داشتند که، این شاخص نمی‌تواند اطلاعاتی درباره توانایی یک آغازگر در بازتاب روابط ژنتیکی با تاکسونومی یک گروه ژنوتیپ تحت مطالعه را فراهم کند. با توجه به نتایج به‌دست آمده در این تحقیق مشخص آغازگرهای ISSR استفاده شده از توانایی بالایی در تفکیک ارقام ارزیابی شده دارند به طوری که با بررسی مقادیر شاخص PIC ملاحظه می‌شود که اکثر آغازگرها دارای مقادیر بیش از ۰/۴۰ هستند که این نتایج با یافته‌های Biton et al. (2012)، (2013) و Gismondi and Canini (2013) و Marra et al. (2013) مطابقت نشان داد. این پژوهشگران نیز با بررسی ساختار جمعیت و ارزیابی تنوع

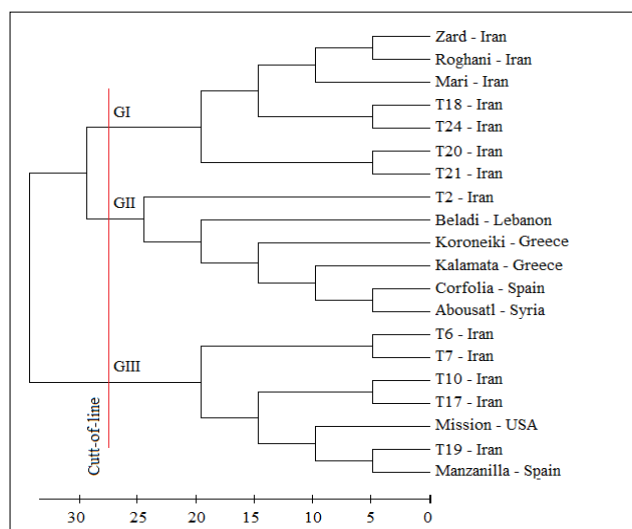
جدول ۳- تجزیه واریانس مولکولی (AMOVA) ۲۰ رقم زیتون مورد ارزیابی با استفاده از آغازگرهای ISSR

منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	واریانس برآورد شده	واریانس توجیه شده
بین جمعیت	۱	۵۲/۴۵	۵۲/۴۵	۲/۱۹	۷
درون جمعیت	۱۸	۵۶۴/۲۵	۳۱/۳۴	۳۱/۳۴	۹۳
کل	۱۹	۶۱۶/۷۰		۳۳/۵۴	۱۰۰

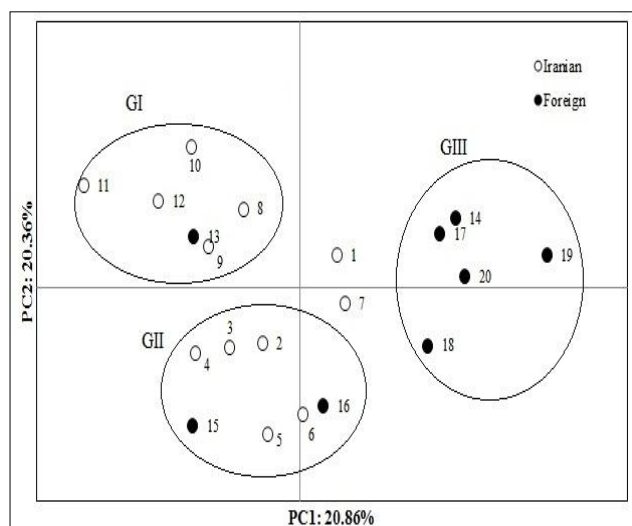
جدول ۴- نتایج حاصل از برآورد پارامترهای ژنتیکی در ارقام ایرانی و خارجی

پارامتر	ارقام ایرانی	ارقام خارجی	کل
تعداد آلل‌های مشاهده شده (N_a)	۱/۷۶±۰/۰۴	۱/۶۷±۰/۰۵	۱/۷۲±۰/۰۳
تعداد آلل‌های موثر (N_e)	۱/۴۵±۰/۰۲	۱/۴۱±۰/۰۲	۱/۴۳±۰/۰۱
شاخص شانون (I)	۰/۴۱±۰/۰۱	۰/۳۸±۰/۰۳	۰/۳۹±۰/۰۲
تنوع ژنتیکی نی (H)	۰/۲۷±۰/۰۳	۰/۲۵±۰/۰۱	۰/۲۶±۰/۰۱
درصد مکان‌های چندشکل	۸۴/۷۴	۷۹/۴۷	۸۲/۱۱

Mission و Manzanilla بود. مشابهاً دو رقم خارجی فوق الذکر بیشترین میزان تشابه را با ارقام موجود در این گروه داشتند (شکل ۱). جهت تأیید گروه‌بندی به‌دست آمده از تجزیه خوشه‌ای، تجزیه به مختصات اصلی (PCoA) انجام و نتایج آن در بای‌پلات مندرج در شکل ۲ نشان داده شده‌است.



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ارقام مختلف زیتون بر اساس ضرایب تشابه ژنتیکی جاکارد



شکل ۲- بای‌پلات حاصل از تجزیه به مختصات اصلی (PCoA) برای ۲۰ رقم مختلف زیتون مورد ارزیابی بر اساس داده‌های ISSR

با توجه به اینکه ارقام ایرانی با هدف اصلاحی شناسایی و انتخاب شده‌اند و هر یک از آن‌ها حاصل به‌گزینی کلونی بین کلون‌های هر رقم بوده‌اند لذا بالابودن تعداد آل‌های مؤثر در این ارقام امیدبخش نسبت به سایر ارقام دور از انتظار نیست. در بین پارامترهای ژنتیکی دو شاخص تنوع ژنی (H) و شانون (I) نسبت به سایر پارامترها از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. در واقع مقادیر بالای این دو شاخص بیانگر سطح بالای تنوع ژنتیکی در جمعیت‌های مورد ارزیابی است. با توجه به جدول ۴ مشاهده می‌شود که مقادیر این دو شاخص نسبتاً بالا و بیشترین مقادیر آن‌ها در ارقام ایرانی برآورد شده‌است. وجود سطح بالایی از تنوع ژنتیکی درون ارقام ایرانی می‌تواند به این دلیل باشد این گیاه باغی از دیرباز در بخش‌های وسیعی از ایران به‌ویژه در رشته کوه‌های زاگرس و جنوب کشور خاستگاه اولیه برخی از گونه‌های زیتون مانند *O. ocherry* و *O. ferrugina* بوده است که در طول تکامل و سازگاری به مناطق رشدی خود از نظر برخی از ژن‌ها و حتی آل‌ها دستخوش تغییرات ژنتیکی شده که به موازات آن تنوع آلی آن افزایش یافته است. به‌طور کلی ماهیت دگرگرده‌افشانی بروز جهش و تأثیر عوامل محیطی از جمله عوامل مؤثر بر ایجاد تنوع در ارقام زیتون شناخته شده‌اند (Roupevander et al. 1998). ضرایب تشابه ژنتیکی بین ارقام مختلف بر اساس روش جاکارد محاسبه و در جدول ۵ نشان داده شده‌است. دامنه ضرایب تشابه بین ۰/۳۵۱ و ۰/۶۹۴ با میانگین ۰/۵۶۵ متغیر بود. ارقام T17 و T10 دارای کمترین تشابه ژنتیکی بودند و در مقابل دو رقم خارجی Abousatl و Corfolia دارای بیشترین تشابه ژنتیکی بودند. به‌منظور گروه‌بندی ارقام مختلف تجزیه خوشه‌ای بر اساس ضرایب تشابه جاکارد و به‌روش Neighbor-joining شد. با توجه به دندروگرام حاصله از این تجزیه ۲۰ رقم زیتون مورد ارزیابی در سه گروه اصلی تفکیک شدند. گروه اول شامل ارقام ایرانی T18, T20, T21, T24, Mari, Roghani و Zard بود. گروه دوم در برگیرنده یک رقم ایرانی (T2) و پنج رقم خارجی Beadi, Koroneiki, Kalamata, Abousatl بود. از این‌رو می‌توان عنوان کرد در بین ارقام ایرانی T2 بیشترین تشابه ژنتیکی را نسبت به این ارقام داشته است. گروه سوم نیز شامل چهار رقم ایرانی T6, T7, T10, T17, T19 به‌همراه دو رقم خارجی

جدول ۵- ضرایب تشابه ژنتیکی برآورده شده برای ارقام زیتون مورد ارزیابی بر اساس روش جاکارد

	T2	T6	T7	T10	T17	T18	T19	T20	T21	T24	Zard	Roghani	Mari	Belydi	Missien	Manzanilla	Koroneiki	Kalamata	Corfolia
T2																			
T6	۰/۵۰																		
T7	۰/۵۱۹	۰/۴۳۱																	
T10	۰/۴۷۱	۰/۳۹۶	۰/۳۹۸																
T17	۰/۵۵۹	۰/۴۹۲	۰/۴۵۴	۰/۳۵۱															
T18	۰/۵۶۸	۰/۵۲۵	۰/۴۸۸	۰/۴۸۳	۰/۴۱۸														
T19	۰/۵۳۸	۰/۵۰۵	۰/۵۳۰	۰/۴۱۵	۰/۴۷۰	۰/۴۶۶													
T20	۰/۶۵۱	۰/۵۶۴	۰/۴۸۱	۰/۵۰۵	۰/۵۶۳	۰/۵۸۳	۰/۴۷۱												
T21	۰/۵۹۵	۰/۵۶۰	۰/۵۰۹	۰/۴۶۴	۰/۴۳۵	۰/۵۷۹	۰/۵۴۰	۰/۵۱۹											
T24	۰/۶۲۵	۰/۶۲۵	۰/۶۱۱	۰/۶۳۲	۰/۶۵۳	۰/۶۷۲	۰/۶۱۸	۰/۵۷۴	۰/۵۱۵										
Zard	۰/۶۷۸	۰/۶۱۰	۰/۶۴۱	۰/۵۷۰	۰/۶۰۶	۰/۵۷۰	۰/۶۲۶	۰/۶۲۴	۰/۵۵۹	۰/۶۱۱									
Roghani	۰/۶۴۹	۰/۶۰۲	۰/۵۶۴	۰/۵۸۵	۰/۶۲۰	۰/۵۴۹	۰/۶۰۷	۰/۵۹۱	۰/۶۱۰	۰/۶۱۵	۰/۵۶۴								
Mari	۰/۵۸۴	۰/۵۱۳	۰/۴۷۴	۰/۴۶۹	۰/۵۲۸	۰/۵۷۰	۰/۶۰۳	۰/۵۵۰	۰/۵۴۷	۰/۵۹۸	۰/۵۱۳	۰/۵۵۲							
Belydi	۰/۶۱۶	۰/۶۴۲	۰/۶۲۷	۰/۵۸۵	۰/۶۰۰	۰/۶۰۹	۰/۵۶۹	۰/۶۶۰	۰/۶۷۶	۰/۶۶۰	۰/۷۰۹	۰/۶۹۴	۰/۶۴۰						
Missien	۰/۶۱۱	۰/۵۲۴	۰/۵۰۰	۰/۵۴۳	۰/۵۱۵	۰/۵۳۳	۰/۵۹۵	۰/۶۴۶	۰/۵۷۷	۰/۶۸۷	۰/۵۵۷	۰/۶۲۴	۰/۵۲۳	۰/۶۹۳					
Manzanilla	۰/۶۴۸	۰/۴۹۲	۰/۴۸۰	۰/۵۱۲	۰/۴۱۱	۰/۴۱۹	۰/۵۰۸	۰/۵۳۸	۰/۵۰۰	۰/۶۱۸	۰/۵۹۴	۰/۵۴۰	۰/۵۳۹	۰/۵۹۸	۰/۴۷۰				
Koroneiki	۰/۵۶۳	۰/۵۵۵	۰/۵۰۰	۰/۵۸۸	۰/۵۴۲	۰/۵۵۱	۰/۵۱۹	۰/۵۹۴	۰/۵۷۷	۰/۶۰۶	۰/۶۲۷	۰/۶۰۷	۰/۵۲۷	۰/۵۸۲	۰/۶۱۷	۰/۵۱۷			
Kalamata	۰/۶۱۹	۰/۵۳۳	۰/۵۳۴	۰/۵۵۶	۰/۵۲۵	۰/۴۹۶	۰/۵۵۳	۰/۶۲۳	۰/۵۶۹	۰/۶۵۸	۰/۶۲۹	۰/۵۹۸	۰/۵۷۱	۰/۶۲۶	۰/۵۳۲	۰/۴۳۶	۰/۴۹۵		
Corfolia	۰/۶۳۰	۰/۵۷۷	۰/۶۲۷	۰/۶۲۴	۰/۵۸۸	۰/۵۹۶	۰/۵۸۳	۰/۶۶۰	۰/۶۳۹	۰/۶۷۳	۰/۷۰۹	۰/۶۹۴	۰/۶۰۲	۰/۵۷۸	۰/۶۵۰	۰/۵۳۶	۰/۴۷۳	۰//۴۸۵	
Abou-satl	۰/۵۹۴	۰/۵۹۶	۰/۵۹۵	۰/۶۰۴	۰/۵۴۴	۰/۵۵۴	۰/۵۶۲	۰/۵۹۸	۰/۵۶۶	۰/۶۳۷	۰/۷۰۰	۰/۶۴۹	۰/۵۶۹	۰/۶۵۷	۰/۵۶۳	۰/۵۳۰	۰/۵۴۵	۰/۵۲۴	۰/۴۳۵

از این رو، برخی از محققان قرار گیری ارقام مختلف با منشاء جغرافیایی متفاوت در یک گروه را به عواملی همچون مهاجرت (Terral et al. 2004; Baldoni et al. 2006; Koehmstedt et al. 2011)، انتخاب ارقام وحشی زیتون (*Olea spp.*) برای برخی از صفات مربوط به میوه آن (Hannachi et al. 2008; Belaj et al. 2010) و در نهایت اصلاح جهت دار با استفاده از منابع ژنتیکی بومی و خارجی (Belaj et al. 2002; Sarri et al. 2006) نسبت داده اند.

نتیجه گیری کلی

به طور کلی نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد سطح بالایی از تنوع ژنتیکی در ارقام زیتون وجود دارد. با ارقام ایرانی و خارجی مشخص شد که ارقام ایرانی از نظر کلیه پارامترهای ژنتیکی برآورد شده نسبت به ارقام خارجی نمود بهتری داشتند که این نتیجه می تواند بیانگر وجود منبع ژنی غنی از زیتون در ایران باشد. از این رو حفاظت از این منابع ژنی امری ضروری بوده و مطالعه بیشتر در این زمینه با به کارگیری تعداد بیش تری رقم بومی و اصلاح شده ایرانی و مقایسه آنها از نظر صفات دارای ارزش اقتصادی با سایر ارقام تجاری و خارجی می تواند مسیر تازه ای در اصلاح و استفاده از منابع ژنتیکی بومی را بگشاید.

سپاسگزاری

بدین وسیله از آزمایشگاه ژنتیک و ژنومیکس دانشکده کشاورزی دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) که امکان انجام بخشی از رساله دکتری در قالب فرصت مطالعاتی داخل را فراهم نمودند به ویژه استاد ارجمند سرکار خانم دکتر فابریکی اورنگ و سرکار خانم کاووسی مسئول آزمایشگاه کمال تشکر را دارم.

منابع

Abdessemed S, Muzzalupo I, Benbouza H (2015) Assessment of genetic diversity among Algerian olive (*Olea europaea* L.) cultivars using SSR marker. *Scientia Horticulturae* 192:10-20.
 Angiolillo A, Reale S, Pilla F, Baldoni L (2006) Molecular analysis of olive cultivars in the Molise region of Italy. *Genetic Resources and Crop Evolution* 53:289-295.
 Arji I, Zeinanloo AA, Hajiamiri A, Najafi M (2013) An investigation into different olive cultivars responses to

دو مؤلفه نخست در مجموع ۴۱/۲۲ درصد از کل تغییرات ژنتیکی موجود در ۲۰ رقم مورد ارزیابی را توجیه کردند. بر اساس بای پلات به دست آمده از این دو مؤلفه ارقام مختلف در سه گروه اصلی تفکیک شدند به طوری که با مقایسه ارقام موجود در هر گروه با گروه های به دست آمده از تجزیه خوشه ای بسیار مشابه بود. با توجه به الگوی گروه بندی ارقام مختلف مشاهده می شود که روند تفکیک ارقام مورد ارزیابی بر اساس منشاء جغرافیایی خود در گروه های جداگانه ای از یکدیگر متمایز شده اند. پیش از این (Breton et al. 2006) اظهار داشتند که تفکیک ارقام جمع آوری شده از مناطق مختلف در گروه های جدا از هم می تواند به واسطه فرایند تکاملی هم زمان آنها در محیط ها و یا خواستگاه های رویشی آنها باشد. علاوه بر این حضور برخی از ارقام خارجی در کنار ارقام ایرانی در یک گروه و بالعکس نیز دور انتظار نبوده و تا حدودی قابل پیش بینی بود. در این راستا دلایلی مختلفی توسط برخی از محققان ارائه شده است. به عنوان نمونه در مطالعه (Haouane et al. 2011) تنوع ژنتیکی موجود مجموعه ای از ارقام زیتون ارزیابی و روند الگوی گروه بندی با منشاء جغرافیایی آنها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آنها نشان داد اگرچه رابط خطی و معنی داری بین الگوی گروه بندی و منشاء جغرافیایی ارقام مشاهده شد، با این حال بسیاری از ارقام مربوط به نواحی غربی و شرقی مدیترانه در کنار یکدیگر در یک گروه قرار گرفتند. همچنین روند الگوی گروه بندی ارقام در بررسی (Belaj et al. 2012) نیز ناهمگن بود و بسیاری از ارقام زیتون مربوط به نواحی مرکزی مدیترانه با ارقام مربوط به نواحی غربی در یک گروه قرار گرفتند و در مقابل برخی از ارقام از هر دو ناحیه در گروه های مجزایی از هم تفکیک شدند.

Sarpole Zehab environmental condition. *Journal of Plant Productions* 35:17-27. (In Farsi).
 Baldoni L, Tosti N, Ricciolini C, Belaj A, Arcioni S, Pannelli G, Germana MA, Mulas M, Porceddu A (2006) Genetic structure of wild and cultivated olives in the central Mediterranean basin. *Annals of Botany* 98:935-942.
 Belaj A, Dominguez-Garcia MC, Atienza SG, Martin Urdiroz N, De la Rosa R, Satovic Z, Martin A, Kilian A,

- Trujillo I, Valpuesta V, del Rio C (2012) Developing a core collection of olive (*Olea europaea* L.) based on molecular markers (DArTs, SSRs SNPs) and agronomic traits. *Tree Genetics & Genomes* 8:365-378.
- Belaj A, Munoz-Diez C, Baldoni L, Satovic Z, Barranco D (2010) Genetic diversity and relationships of wild and cultivated olives at regional level in Spain. *Scientia Horticulturae* 124:323-330.
- Belaj A, Satovic Z, Rallo L, Trujillo I (2002) Genetic diversity and relationships in olive (*Olea europaea* L.) germplasm collections as determined by randomly amplified polymorphic DNA. *Theoretical and Applied Genetics* 105:638-644.
- Besnard G, Breton C, Baradat P, Khadari B, Berville A (2001) Cultivar identification in olive based on RAPD markers. *Journal of American Society for Horticultural Science* 126:668-675.
- Biton I, Shevtsov S, Ostersetzer O, Mani Y, Lavee S, Avidan B, Ben-Ari G (2012) Genetic relationships and hybrid vigour in olive (*Olea europaea* L.) by microsatellites. *Plant Breeding* 131:767-774.
- Breton C, Tersac M, Berville A (2006) Genetic diversity and gene flow between the wild olive (*Olea europaea* L.) and the olive: several Plio-Pleistocene refuge zones in the Mediterranean basin suggested by simple sequence repeats analysis. *Journal of Biogeography* 33:1916-1928.
- Doyle JJ and JK Doyle (1987) A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin* 19:11-15.
- Gismondi A, Canini A (2013) Microsatellite analysis of Latial *Olea europaea* L. cultivars. *Plant Biosystems* 147:686-691.
- Hannachi H, Breton C, Msallem M, Ben El Hadj S, El Gazzah M, Berville A (2008) Differences between native and introduced cultivars as revealed by morphology of drupes, oil composition and SSR polymorphism; a case study in Tunisia. *Scientia Horticulturae* 116:280-290.
- Haouane H, El Bakkali A, Moukhli A, Tollon C, Santoni S, Oukabli A, El Modafar C, Khadari B (2011) Genetic structure and core collection of the World Olive Germplasm Bank of Marrakech: towards the optimised management and use of Mediterranean olive genetic resources. *Genetica* 139:1083-1094.
- Koehmstedt AM, Aradhya MK, Soleri D, Smith JL, Polito VS (2011) Molecular characterization of genetic diversity, structure, and differentiation in the olive (*Olea europaea* L.) germplasm collection of the United States Department of Agriculture. *Genetic Resources and Crop Evolution* 58:519-531.
- Linou A, Nikoloudakis N, Katsiotis A, Hagidimitriou M (2014) Genetic structure of the Greek olive germplasm revealed by RAPD, ISSR and SSR markers. *Scientia Horticulturae* 175:33-43.
- Marra FP, Caruso T, Costa F, Di Vaio C, Mafrica R, Marchese A (2013) Genetic relationships, structure and parentage simulation among the olive tree (*Olea europaea* L. subsp. *europaea*) cultivated in Southern Italy revealed by SSR markers. *Tree Genetics & Genomes* 9:961-973.
- Marrozzo T, Ciprioni G, Marconi R, Cimato A, Testolin R (2000) Isolation and characterization of microsatellite DNA in olive (*Olea europaea* L.). *International Society for Horticulture Science*. 4th International Symposium on Olive Growing.
- Motaghi L, Mazinani SM, Jabari H (2012) Evaluation of genetic diversity in some Iranian olive cultivars using RAPD markers. *Plant and Ecosystem* 33:91-104. (In Farsi).
- Powell W, M Morgante, C Andre, M Hanafey, J Vogel, S Tingey and A Rafalski (1996). The comparison of RFLP, RAPD, AFLP and SSR (microsatellite) markers for germplasm analysis. *Molecular Breeding* 2:225-238.
- Prevost A and MJ Wilkinson (1999) A new system of comparing PCR primers applied to ISSR fingerprinting of potato cultivars. *Theoretical and Applied Genetics* 98:107-112.
- Roupevander Voort JN, Van Eck AM, Draaistravan J, Zandvoort PM, Jacobsen E, Bakker K (1998) An online catalogue of AFLP markers covering the potato genome. *Molecular Breeding* 4:73-77.
- Sarri V, Baldoni L, Porceddu A, Cultrera NGM, Contento A, Frediani M, Belaj A, Trujillo I, Cionini PG (2006) Microsatellite markers are powerful tools for discriminating among olive cultivars and assigning them to defined populations. *Genome* 49:1606-1615.
- Seifi E (2008) Self-Incompatibility of olive. Discipline of wine and horticulture school of agriculture, food, and wine faculty of science, University of Adelaide, Australia.
- Terral JF, Alonso N, Capdevila RB, Chatti N, Fabre L, Fiorentino G, Marival P, Perez Jorda G, Pradat B, Rovira N, Alibert P (2004) Historical biogeography of olive domestication (*Olea europaea* L.) as revealed by geometrical morphometry applied to biological and archaeological material. *Journal of Biogeography* 31:63-77.
- Zeinalabedini M, Zeinaloo A, Jamali SH, Potki P, Khayam Nekouei M, Kavand A, Ahmadi K, Abdi S, Shamskia F, Khoshkam S, Tahernejad Z, Akbar Loni A (2016) Application of microsatellite markers for identification and registration of olive cultivars. *Journal of Plant Production Research* 23:1-21.
- Zohary D (1994) The wild genetic resources of the cultivated olive. *Acta Horticulturae* 356: 62-65.