

تنوع سیتوزنتیکی و کاریوتیپی جمعیت‌های فلفل شیرین *Capsicum annuum* L.

Cytogenetic and karyotypic variations in populations of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.)

روجا شباهنگ^{۱*}، حسین زینلی^۲، مهرزاد هنرور^۱، مجتبی راعی^۱

۱- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد استهبان

۲- استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان

Shabahang R^{*1}, Zeinali H², Honarvar M¹, Raei M¹

1. MSc Student, Assistant Professor, MSc Student, Azad University, Estahban, Iran
2. Assistant Professor, Isfahan Agriculture and Natural Resource Research Center, Isfahan

* نویسنده مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: rojashabahang@yahoo.com

(تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۲۳ - تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۱۸)

چکیده

در این مطالعه تنوع سیتوزنتیکی ۹ جمعیت فلفل شیرین بررسی شد. برومونتالین جهت پیش تیمار نمونه‌ها، محلول لویتسکی جهت تثبیت، سود یک نرمال جهت هیدرولیز و استو آهن هماتوکسیلین برای رنگ آمیزی استفاده شد. پس از تهیه صفحه متافازی از هر جمعیت صفات کاریوتیپی شامل طول کل کروموزوم، شاخص‌های عدم تقارن درون و بین کروموزومی، درصد شکل کلی کاریوتیپ، شاخص عدم تقارن و فرمول کار یوتیپی اندازه‌گیری و محاسبه شد. نتایج نشان داد که جمعیت‌های مورد مطالعه دیپلوئید بودند. بیشتر جمعیت‌های مورد بررسی در کلاس دوم تقارن استبینز قرار گرفتند. بررسی عدم تقارن کاریوتیپ با استفاده از پارامترهای مختلف نشان داد که جمعیت‌های زینتی شیراز و ورامین دارای کاریوتیپ نامتقارن و جمعیت‌های دلمه اراک، ایتالیا و آمریکا کاریوتیپ متقارن داشتند. بر اساس نتایج تجزیه به عامل‌ها به روش تجزیه به مولفه‌های اصلی سه عامل مجموعاً ۸۹/۳۰ درصد تنوع بین داده‌ها را توجیه کردند. تجزیه خوشه‌ای بر اساس صفات مورد مطالعه جمعیت‌ها را در سه دسته مجزا قرار داد. بر این اساس، مشاهده شد که جمعیت‌های نامتقارن در یک گروه قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی

تجزیه خوشه‌ای
تجزیه عامل‌ها
تقارن کاریوتیپی
تنوع ژنتیکی
فلفل

مقدمه

در سال‌های اخیر بیش از ۴۰ درصد داروهای مورد استفاده در کشورهای اروپایی و آمریکایی منشأ گیاهی دارند. بهبود میزان مواد موثره و فعالیت بیولوژیکی این گیاهان از جمله اهداف مهم در برنامه‌های اصلاحی می‌باشد، بنابراین در صورت بهره‌برداری و وارد کردن یک گونه دارویی به کشت و صنعت، بررسی تنوع در بین آنها بسیار ضروری خواهد بود (Pank 2007). گیاه فلفل (*Capsicum sp*) از جمله گیاهان دارویی و غذایی می‌باشد که با دارا بودن ترکیب شیمیایی متنوع شناخته شده و موثر، در زمره مهمترین گیاهان دارویی به شمار می‌رود. از جمله مواد موثره آن می‌توان به ترکیبات فنولیک مانند کاپسایسین اشاره کرد که در صنعت داروسازی برای درمان بیماری‌های افزایش جریان خون، تحریک سیستم عصبی، کاهش شدت سیگنال‌های درد در بدن، افزایش اشتها و رهایی از سواضمه استفاده می‌شود (Stommel and Bosland 2006). جنس *Capsicum* بومی آمریکا می‌باشد و در ایران به صورت خودرو وجود ندارد.

جنس *Capsicum* با ۳۱ گونه به عنوان یک جنس دارویی و معطر در خانواده *Solanaceae* قرار دارد که سطح زیر کشت آن ۱/۵ میلیون هکتار در دنیا می‌باشد (Walsh and Hoot 2001; Moscone et al. 2007; FAO 2007). خانواده سولاناسه با دارا بودن ۱۰۰ جنس و ۲۸۰۰ گونه، خانواده‌ای تک نیا می‌باشد که گونه‌های زراعی مهمی چون گوجه فرنگی، بادمجان، فلفل، سیب زمینی و توتون در آن قرار دارد، به همین دلیل تحقیقات بیولوژیکی و سیستماتیکی زیادی بر روی آن انجام شده است. هرچند که جزئیات فیلوژنی در خانواده سولاناسه هنوز جای بحث دارد (Ibiza et al. 2011). گونه‌های *Capsicum* به دو نام اهلی و وحشی نام‌گذاری شده‌اند که شامل ۲۶ گونه وحشی و پنج گونه اهلی می‌باشد، ۵ گونه اهلی و مورد کشت عبارتند از: *C. frutescens* L., *C. annuum* L., *C. pubescens* (IBPGR) *C. baecatum* L., *C. chinenses* Jaq- (Bosland and Votava 2000) 1988). دو گونه از جنس *Capsicum* فلفل سبز-یا فلفل شیرین مربوط به گونه *C. annuum* و فلفل تند مربوط به گونه *C. frutescens* با واریته‌های متنوع در ایران کشت می‌شود.

۸۵ درصد خانواده سولاناسه دارای عدد پایه کروموزومی $x=12$ هستند و عدد پایه $x=7$ تا $x=15$ در آن دیده شده است (Olmstead et al. 2008). تعداد کروموزوم‌های دیپلوئید جنس *Capsicum* برابر با $2n=2x=24$ گزارش شده است (Pozzobon et al. 2012; Rohami 2010; Scaldaferrero et al. 2005). اطلاعات کروموزومی و اطلاعات کاربوتیپی در الگوی تکاملی در جنس *Capsicum* مهم است و می‌تواند در طبقه‌بندی سیستماتیکی جمعیت‌های مختلف با اهمیت باشد (Pozzobon et al. 2005). اختلاف در شکل و اندازه کروموزوم‌ها در طی تقسیم میتوز، وجود تنوع ژنتیکی و موانع ژنتیکی در بین گونه‌ها که طی جریان ژنی پدید آمده با مطالعات کاربوتیپی نشان داده می‌شود. چنین اختلافاتی همیشه مورد انتظار بوده زیرا مشخص شده که جمعیت‌های یک گونه هر یک سازش خاص خود را در محیطی که در آن می‌رویند، نشان می‌دهند و این سازش‌ها در سطح ژنوم و سطح کاربوتیپ نمایان می‌شوند (Yousefzadeh et al. 1389). به‌طور کلی تحقیقات سیتوناکسونومی، علاوه بر مشخص کردن ارتباط و قرابت بین گونه‌ها، می‌تواند اطلاعات با ارزشی در مورد خزانه ژنی موجود در کشور به منظور بهره‌گیری در بانک ژن فراهم آورد. لذا انجام مطالعات سیتوزنتیکی در گونه‌های گیاهی و همچنین جمعیت‌های متعلق به آنها، خصوصاً گیاهان وحشی و بومی به دلیل فراهم کردن اطلاعات کمی روی تاریخچه تکاملی گیاه، تعیین قرابت‌های بین‌گونه‌ای، تعیین مشخصات کاربوتیپی و غیره از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. هدف این پژوهش، مطالعه و بررسی جمعیت‌های متفاوت از گونه *C. annuum* L. از لحاظ ویژگی‌های کاربوتیپی، عدد کروموزومی و تعیین قرابت و خویشاوندی جمعیت‌های مورد مطالعه با استفاده از تجزیه خوشه‌ای بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تنوع کاربوتیپی، ۹ جمعیت از گونه *C. annuum* L. مطالعه شدند (جدول ۱). ۳ جمعیت مورد مطالعه به نام فلفل زینتی (Ornamental pepper) و ۶ جمعیت به نام فلفل شیرین (Sweet pepper) بودند. بذور جمعیت‌ها از بخش گیاهان دارویی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان

جدول ۱- تعداد کروموزوم، دسته و فرمول کاربوتیپی جمعیت‌های مورد مطالعه گیاه فلفل شیرین *C. annuum* L.

شماره	کد جمعیت	جمعیت‌ها	سطح پلوئیدی و تعداد کروموزوم	دسته کاربوتیپی استیبنز	فرمول کاربوتیپی
۱	Co.esf	زیتنی اصفهان	$2n=2x=24$	2A	$M^{sat+9} m + m^{sat} + Sm^{sat}$
۲	Co.shi	زیتنی شیراز	$2n=2x=24$	1A	$9 m + m^{sat} + 2 Sm$
۳	Co.var	زیتنی ورامین	$2n=2x=24$	1A	$12 m$
۴	Cs.esf	دلمه اصفهان	$2n=2x=24$	2A	$11 m + Sm$
۵	Cs.kla	دلمه کلاچای	$2n=2x=24$	2A	$8 m + m^{sat} + Sm + 2St$
۶	Cs.ita	دلمه ایتالیا	$2n=2x=24$	2A	$9m + m^{sat} + Sm^{sat} + St^{sat}$
۷	Cs.ara	دلمه اراک	$2n=2x=24$	2B	$M + 5 m + 3 m^{sat} + 2 Sm^{sat} + Sm$
۸	Cs.usa	دلمه آمریکا	$2n=2x=24$	2B	$M + 10 m + Sm$
۹	Cs.sem	دلمه سمنان	$2n=2x=24$	2A	$M + 6m + 3m^{sat} + Sm + St$

سانترومری (میانگین شاخص سانترومری/انحراف معیار=CVci) و ضریب عدم تقارن کروموزوم $AI - CVci \times CVcl$ محاسبه شدند. (Romero Zarco 1986; Paszko 2006) جهت بررسی تقارن کاربوتیپی از روش دو طرفه Stebbins (1971) و (1986) Romero Zarco در جهت تعیین فرمول کاربوتیپی جمعیت‌ها از روش Levan et al. (1964) استفاده شد.

برای گروه‌بندی و مقایسه تفاوت‌های کاربوتیپی جمعیت‌ها از تجزیه خوشه‌ای به روش سلسله مراتبی و طبقه‌بندی Ward's استفاده شد و دندوگرام مربوطه نیز جهت دسته‌بندی کاربوتیپی‌ها رسم شد. از تجزیه به عامل‌ها به روش مولفه اصلی برای پی بردن به روابط بین صفات و شناسایی عوامل پنهانی استفاده شد.

نتایج و بحث

در این مطالعه جمعیت‌ها همگی دیپلوئید و تعداد کروموزوم برابر $(2n=2x=24)$ مشاهده شدند (جدول ۱). مقایسه میانگین ویژگی کاربوتیپی جمعیت‌ها در جدول ۲ آمده است. کاربوگرام جمعیت‌ها در شکل ۱ و آیدیوگرام آنها در شکل ۲ آمده است. در دسته بندی کاربوتیپی Stebbins دو جمعیت زیتنی ورامین و شیراز در کلاس ۱A و بقیه جمعیت‌ها در کلاس دوم تقارن کاربوتیپی واقع شدند (جدول ۱). در همه جمعیت‌های مورد بررسی تعداد کروموزوم‌های متاستریک بیشترین تعداد را به خود اختصاص داد، به طوری که فرمول کاربوتیپی جمعیت زیتنی ورامین برابر با $12 m$ بود که نشان‌دهنده داشتن کروموزوم‌های متقارن می‌باشد و

اصفهان تهیه شدند. به منظور تهیه کاربوتیپی از مرستم انتهایی ریشه استفاده شد. بذره‌های کشت شده در اتاقک رشد در دمای متناوب ۲۰ درجه سانتی‌گراد (۸ ساعت) و ۳۰ درجه سانتی‌گراد (۱۶ ساعت) قرار داده شدند. برای تهیه سلول‌های مناسب در مرحله تقسیم میتوزی، ریشه‌چه‌ها در محلول پیش تیمار آلفا بروموفتالین یک درصد به مدت دو ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس در محلول لویتسکی (اسید کرومیک یک درصد و فرمالدئید ده درصد به نسبت یک به یک) به مدت ۳۶ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تثبیت شدند. هیدرولیز توسط سود یک نرمال در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه و رنگ‌آمیزی با استفاده از استو آهن همتوکسین به مدت ۳۵ دقیقه در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد در انکوباتور انجام شد. با بررسی‌های میکروسکوپی، ده‌ها سلول متافازی مناسب عکس‌برداری شدند. پس از شمارش تعداد کروموزوم‌های هر جمعیت، خصوصیات کاربوتیپی ۳ نمونه از هر جمعیت شامل: طول کل ژنوم (T.L)، طول بلندترین کروموزوم (L)، طول کوتاه‌ترین کروموزوم (S)، نسبت طول بلندترین کروموزوم به کوتاه‌ترین کروموزوم (L/S) با استفاده از نرم‌افزار میکرومیتر محاسبه شدند (Reeves 2001).

پارامترهای کاربولوژیکی درصد فرم کلی (TF%)، ضرایب نامتقارن درون کروموزومی (A1) و بین کروموزومی (A2)، ضریب تغییرات طول کروموزوم (میانگین طول کروموزوم/انحراف معیار=CVcl) و ضریب تغییرات شاخص

جدول ۲- ویژگی‌های کاربوتیپی جمعیت‌های مورد بررسی گیاه فلفل شیرین *C. annuum* L.

کد جمعیت	TL	Long arm	Short arm	r value	Cent index	Arm ratio	DRL	TF%	S%	A ₂	A ₁	Cvci	AI
زیتنی اصفهان	۱۱۳/۵۴ ^b	۵/۳۶ ^b	۴/۱۴ ^b	۱/۳۳ ^d	۰/۴۳ ^b	۰/۷۷ ^{abc}	۰/۰۳ ^e	۴۳/۶۱ ^{bc}	۵۱/۱۵ ^{bc}	۰/۱۶ ^{cd}	۰/۲۳ ^{de}	۱۲/۹۱ ^d	۱/۶۱ ^d
زیتنی شیراز	۱۱۷/۱۶ ^a	۵/۵۸ ^a	۴/۱۷ ^b	۱/۳۷ ^{cd}	۰/۴۲ ^{bc}	۰/۷۵ ^{cd}	۰/۰۴ ^d	۰/۴۲/۷۸ ^c	۶۳/۱۵ ^a	۰/۲۳ ^a	۰/۲۴ ^{cd}	۷/۶۳ ^h	۱/۸ ^c
زیتنی ورامین	۱۱۲/۷۸ ^b	۵/۲۱ ^c	۴/۱۸ ^b	۱/۲۶ ^e	۰/۴۴ ^a	۰/۸۰ ^a	۰/۰۴ ^d	۴۴/۵۱ ^a	۶۰/۸۶ ^a	۰/۱۶ ^{bc}	۰/۱۹ ^f	۱۵/۷۶ ^c	۲/۵۱ ^a
دلمه اصفهان	۹۹/۰۶ ^f	۴/۶۲ ^e	۳/۶۳ ^e	۱/۳۶ ^{cd}	۰/۴۳ ^b	۰/۷۶ ^{bc}	۰/۰۵ ^c	۴۴/۰۳ ^{ab}	۵۵/۳ ^{abc}	۰/۰۸ ^e	۰/۲۳ ^{de}	۱۷/۱۳ ^b	۱/۴۳ ^e
دلمه کلاچای	۱۰۱/۸۶ ^e	۵/۱۰ ^c	۳/۳۸ ^f	۱/۵۹ ^a	۰/۳۹ ^e	۰/۶۸ ^e	۰/۰۶ ^b	۳۹/۸۴ ^d	۴۷/۲۳ ^{cd}	۰/۰۳ ^g	۰/۳۱ ^a	۹/۹۳ ^e	۰/۳۵ ^h
دلمه ایتالیا	۱۱۸/۱۹ ^a	۵/۵۰ ^a	۴/۳۴ ^a	۱/۴۰ ^{bc}	۰/۴۳ ^b	۰/۷۹ ^{ab}	۰/۰۴ ^d	۴۴/۰۷ ^{ab}	۵۹/۸ ^{ab}	۰/۰۸ ^d	۰/۲۲ ^d	۷/۹۷ ^g	۰/۶۹ ^f
دلمه اراک	۱۰۶/۸۸ ^c	۵/۰۹ ^c	۳/۸۱ ^d	۱/۴۳ ^b	۰/۴۲ ^{cd}	۰/۷۴ ^d	۰/۰۶ ^a	۴۲/۸۰ ^c	۴۰/۳۱ ^d	۰/۰۲ ^h	۰/۲۶ ^{bc}	۶/۰۵ ⁱ	۰/۱۷ ⁱ
دلمه آمریکا	۱۰۴/۲۷ ^d	۴/۸۸ ^d	۳/۸۱ ^d	۱/۳۳ ^d	۰/۴۳ ^b	۰/۷۸ ^{abc}	۰/۰۴ ^d	۴۳/۸۴ ^{ab}	۵۸/۶۸ ^{ab}	۰/۰۳ ^f	۰/۲۱ ^e	۹/۴۷ ^f	۰/۳۶ ^g
دلمه سمنان	۱۱۴/۰۸ ^b	۵/۵۴ ^a	۳/۹۶ ^c	۱/۵۶ ^a	۰/۴۱ ^d	۰/۷۳ ^d	۰/۰۴ ^d	۴۳/۴۶ ^{bc}	۶۰/۴۶ ^a	۰/۱۶ ^{cd}	۰/۲۷ ^b	۱۸/۱۳ ^a	۲/۲۱ ^b

دهنده مقارن بودن کاربوتیپ این جمعیت و کمترین مقدار در جمعیت‌های دلمه اراک، به میزان ۴۰/۳۱ درصد بود که نشان‌دهنده نامتقارن بودن کاربوتیپ این جمعیت می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۳- تجزیه به عامل‌های صفات کاربوتیپی گیاه فلفل شیرین *C. annuum* L.

صفات	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم
TI	۰/۱۹	۰/۹۶	۰/۰۱
Long arm	۰/۱۹	۰/۹۶	-۰/۰۴
Short arm	۰/۵۷	۰/۷۹	۰/۰۳
rvalue	۰/۹۴	-۰/۰۳	-۰/۰۴
Cen index	۰/۹۸	۰/۱۴	۰/۱۰
Arm ratio	۰/۹۷	۰/۱۷	۰/۱۰
DRL	-۰/۴۵	-۰/۵۳	-۰/۴۶
TF%	۰/۸۶	۰/۱۲	۰/۳۰
S%	۰/۳۵	۰/۴۸	۰/۵۶
A ₂	۰/۱۷	۰/۷۱	۰/۴۷
A ₁	-۰/۹۷	-۰/۱۲	-۰/۱۶
Cvci	۰/۰۴۳	-۰/۲۳	۰/۹۳
AI	۰/۱۸	۰/۴۰	۰/۸۴
مقدار ویژه	۵/۳۰	۳/۸۳	۲/۴۷
واریانس نسبی	۴۰/۷۸	۲۹/۴۹	۱۹/۰۳
واریانس تجمعی	۴۰/۷۸	۷۰/۲۷	۸۹/۳۰

TL) طول کل کروموزوم؛ Long arm) طول بازوی بلند؛ Short arm) طول بازوی کوتاه؛ (r value) نسبت طول بازوی بلند به کوتاه؛ (Cent/ index) شاخص سانترومیری؛ (DRL%) اختلاف دامنه طول نسبی؛ (TF%) درصد فرم کلی؛ (S%) طول نسبی کوتاه‌ترین کروموزوم؛ (A₂) ضریب نامتقارن بین کروموزومی؛ (A₁) ضریب نامتقارن درون کروموزومی؛ (AI) شاخص عدم تقارن.

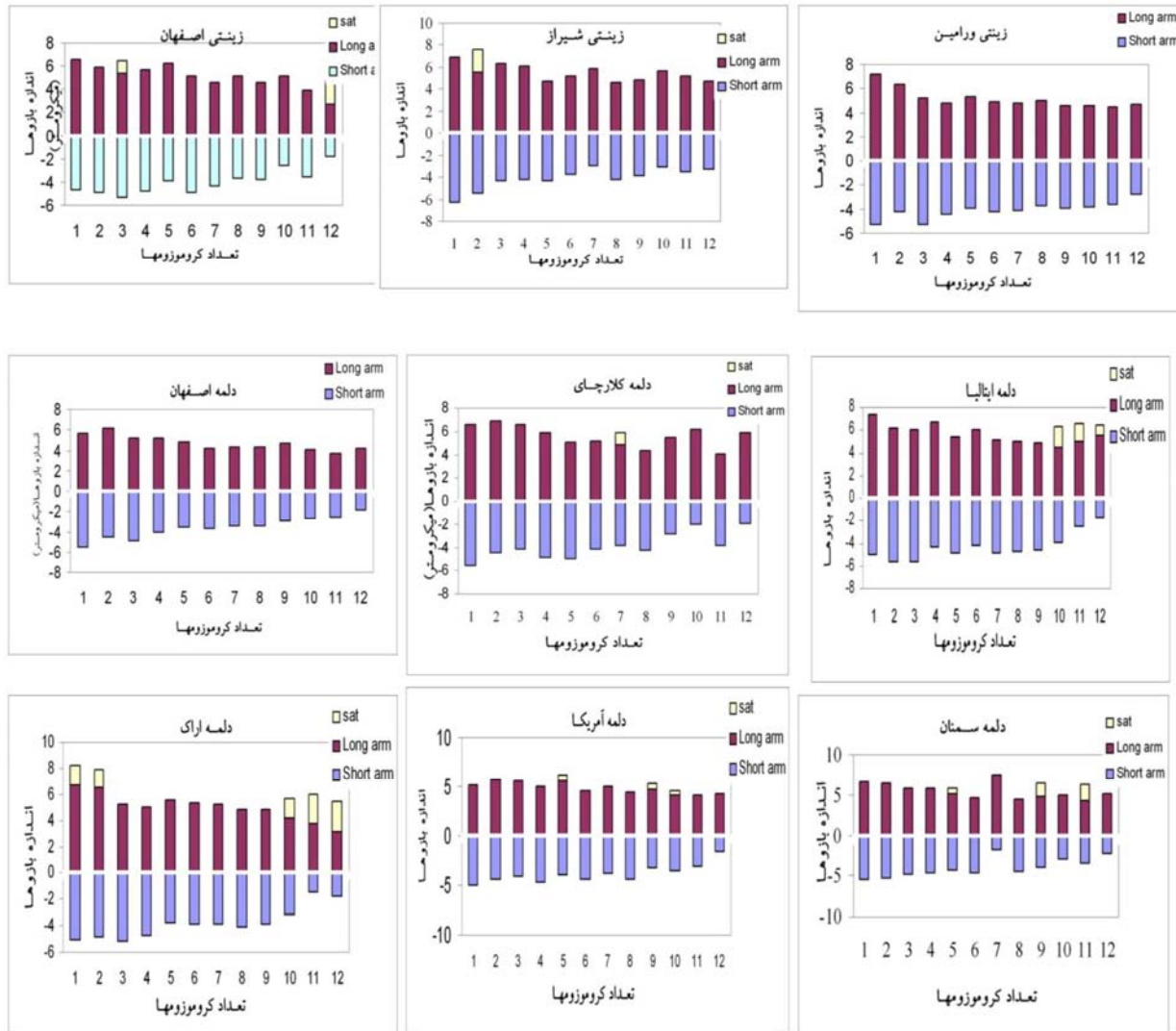
این که سانترومیر در ناحیه میانی قرار دارد (جدول ۱). نتایج همچنین نشان داد که جمعیت‌های مورد مطالعه به جز زیتنی ورامین، دلمه اصفهان و دلمه آمریکا بقیه جمعیت‌ها دارای ساتالایت بودند و مکان ساتالایت بر روی کروموزوم متاستریک بود. جمعیت دلمه اراک ۴ کروموزوم ساتالایت دار را نشان داد. دامنه تغییرات جمعیت‌های مورد بررسی از نظر شاخص عدم تقارن درون کروموزومی (AI) بین ۰/۲۳ تا ۰/۲۸ و از لحاظ شاخص عدم تقارن بین کروموزومی ۰/۳۱ تا ۰/۱۹ تنوع نشان دادند (جدول ۲). شاخص عدم تقارن کروموزوم (AI) از ۲/۵۱ تا ۰/۱۷ و به ترتیب متعلق به فلفل زیتنی ورامین و دلمه اراک بود. برای بررسی بهتر تقارن کاربوتیپ از روش Romero Zacro (1986) و دیاگرام پراکنش مقادیر A₁ و A₂ استفاده شد (شکل ۳). علاوه بر آن نمودار ضریب تغییرات طول کروموزومی (CVci) در برابر ضریب تغییرات شاخص سانترومیری (Cvci) که در محاسبه AI مورد استفاده قرار گرفته‌اند، رسم شد تا بر اساس آن بتوان دید بهتری نسبت به تقارن کاربوتیپ‌ها به دست آورد (شکل ۴). نتایج این دو دسته‌بندی نشان داد که جمعیت‌های زیتنی (اصفهان، ورامین و شیراز) و دلمه سمنان در گروه نامتقارن قرار گرفته و جمعیت‌های دلمه اصفهان، ایتالیا، اراک، کلاچای و آمریکا در گروه متقارن هستند. شاخص تقارن کاربوتیپی، درصد فرم کلی (TF%)، بیشترین مقدار (۴۴/۵۱ درصد) را در جمعیت زیتنی ورامین نشان داد و کمترین مقدار به میزان ۳۹/۸۴ درصد در جمعیت دلمه کلاچای مشاهده شد (جدول ۲). همچنین پارامتر طول نسبی کوتاه‌ترین کروموزوم (S%) بیشترین مقدار را در جمعیت زیتنی شیراز به میزان ۶۳/۱۵ درصد نشان داد که نشان-



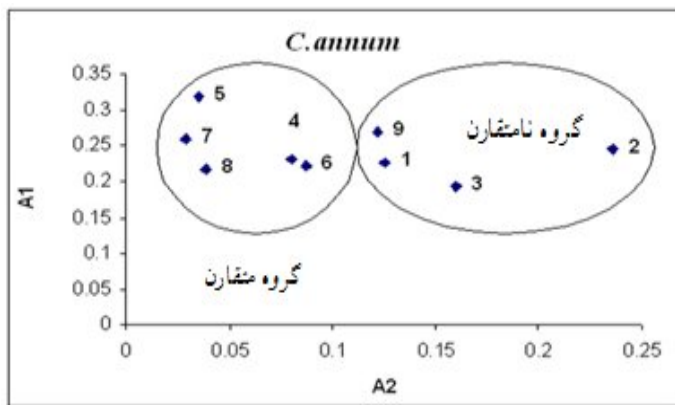
شکل ۱- صفحه متافازی و کاربوتیگرام جمعیت‌های مورد مطالعه گیاه فلفل شیرین *C.annuum* L.

و اراک در گروه سوم واقع شدند. جمعیت‌های مورد مطالعه همگی دیپلوئید بودند که با سایر بررسی‌ها در جنس *Capsicum* تطابق داشت (Pozzobon et al. 2005; Rohami 2010; Scaldaferrero et al. 2012). مجموع طول کل ژنوم از ۱۱۷/۱۶ میکرون در جمعیت زیتنی شیراز تا ۹۹/۰۶ میکرون در جمعیت دلمه‌ای اصفهان متغیر بود (جدول ۲). جمعیت‌های زیتنی شیراز و زیتنی ورامین از نظر کلاس تقارن Stebbins جزء متقارن‌ترین کربوتیپ‌ها بودند و در مراحل ابتدایی تکاملی قرار دارند. سه تیپ کروموزوم (levan et al. 1964) در بین جمعیت‌ها مشاهده شد. در جمعیت اراک ۳ کروموزوم پشت سر هم دارای ساتالایت بودند و بیشترین تعداد کروموزوم ساتالایت دار (۵ کروموزوم) در این جمعیت مشاهده شد. تغییرات محل ساتالایت‌ها احتمالاً تحت

جهت تعیین نقش هر یک از صفات کربوتیپی مورد مطالعه در تنوع بین جمعیت‌ها تجزیه به عامل‌ها به روش مولفه‌های اصلی روی صفات نشان داده که سه عامل بیش از ۸۹/۳۰ درصد از واریانس بین جمعیت‌ها را توجیه کرده است. در مولفه اول، صفات نسبت طول بازوها، شاخص سانترومری و ضریب تقارن درون کروموزومی بیشترین نقش را در تنوع بین جمعیت‌ها در عامل اول نشان دادند. در مولفه دوم بیشترین تنوع در طول کل ژنوم و طول بازوهای بلند و کوتاه مشاهده شد (جدول ۳). برای گروه‌بندی جمعیت‌ها بر اساس صفات کربوتیپی، تجزیه خوشه‌ای به روش وارد انجام شد (شکل ۵). جمعیت‌های زیتنی (اصفهان، ورامین و شیراز) و دلمه ایتالیا و سمنان در گروه اول قرار گرفتند. دلمه اصفهان و آمریکا در گروه دوم و دلمه کلاچای



شکل ۲- آیدیوگرام جمعیت‌های مورد مطالعه گیاه فلفل شیرین *C. annum* L.



شکل ۳- نمودار پراکنش ضرایب عدم تقارن درون کروموزومی و بین کروموزومی بین جمعیت‌ها

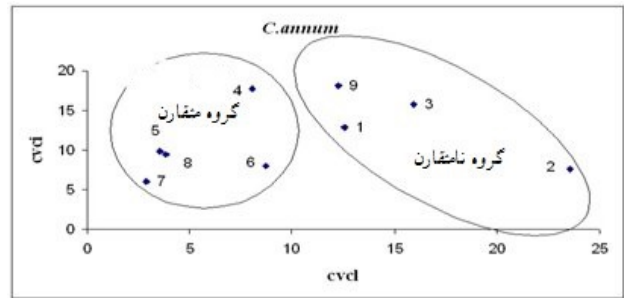
تأثیر تغییرات اندازه کروموزوم‌ها و جابه‌جایی ترتیب کروموزوم-ها در آیدیوگرام جمعیت‌ها می‌باشد. در جمعیت‌های از *Solanum* تعداد ۴ ساتلایت در یک جمعیت هم دیده شده است (Acosta et al. 2005). در تحقیقات انجام گرفته در جنس *capsicum* هر سه تیپ کروموزوم و همچنین جمعیت‌های فاقد ساتلایت مشاهده شده است (Pozzobon et al. 2005; Neeti et al. 2010; Rohami et al. 2010). تفاوت در مکان ساتلایت‌ها در این خانواده می‌تواند به دلیل ترانسلوکاسیون، حذف و دوبر شدن باشد یا این که ساتلایت با بخش هتروکروماتین یکی شده و مشخص نباشد (Acosta et al. 2005; Chiarini and Bernardello 2006).

کروموزوم‌ها و طول بازوهای بلند و کوتاه در بین آنها می‌باشد. چون این صفات در عامل اول بیشترین واریانس را به خود اختصاص داده است. علاوه بر این یکی از اهداف تجزیه به مولفه استفاده از نتایج آن جهت تجزیه خوشه‌ای می‌باشد. بدین نحو که صفات موثر در مولفه‌های اصلی که نقش زیادی در تبیین تنوع نشان دادند، جهت تجزیه خوشه‌ای و رسم دندوگرام مورد استفاده قرار می‌گیرد.

بر اساسی نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای مشاهده شد که جمعیت‌های نامتقارن در یک گروه قرار گرفته‌اند و صفات کاربوتیپی مشابهی داشته و می‌توانند در تلاقی بین گونه‌ای استفاده شوند (Livingstone et al. 1999). همچنین بیشترین فاصله اقلیدسی بین دو جمعیت زیتنی اصفهان و دلمه کلاچای و کم‌ترین فاصله بین جمعیت‌های زیتنی اصفهان و دلمه ایتالیا مشاهده شد.

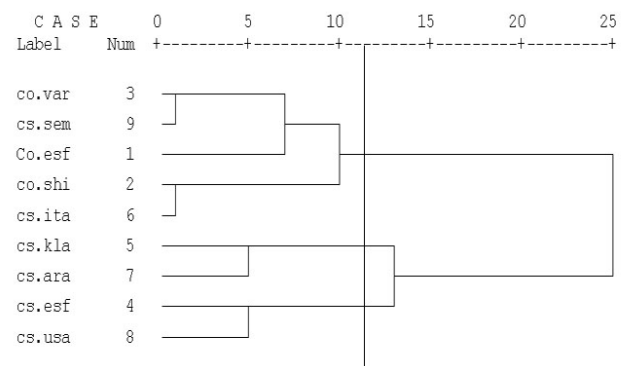
منابع

- Acosta M, Bernardello G, Guerra M, Moscone EA (2005) Karyotype analysis in several South American species of *Solanum* and *Lycianthes rantonnei* (Solanaceae). *Taxon* 54:713-723.
- Bosland PW, Votava EJ (2000) Peppers Vegetables and Spices Capsicum. CABI Press, New York, 198p.
- Chiarini F, Bernardello G (2006) Karyotype studies in South American species of *Solanum* subgen. *Leptostemonum* (Solanaceae). *Plant Biology* 8: 486-493.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2007) FAO Production Yearbook. FAO, Rome, pp: 333.
- Ibiza VP, Blanca J, Canizares J, Nuez F (2011) Taxonomy and genetic diversity of domesticated *Capsicum* species in the Andean region. *Genetic Resources and Crop Evolution* 36: 241-247.
- Levan A, Fredga KL, Sandberg AA (1964) Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas* 52:201-220.
- Livingstone KD, Lackney VK, Molly KJ (1999) Genome Mapping in *Capsicum* and the Evolution of Genome Structure in the Solanaceae, Genetics Society of America *Genetics* 152: 1183-1202.
- Moscone EA, Scaldaferrero M, Grabielle NM, Ehrendorfer F (2007) The evolution of chili peppers (*Capsicum-Solanaceae*): a cytogenetic perspective. *Acta Hort* 745:137-170.
- Neeti C, Verma S, Sharma N (2010) Genetic Systems in chillies II: Meiotic System of three cultivars of *Capsicum annum* L. *Caryologia* 63:1: 3-10.
- Olmstead RG, Bohs L, Migid HA, Eugenio O-Valentin ES, Garcia VF, Collier S (2008) A molecular phylogeny of the Solanaceae. *Taxon* 57:1159-1181.



شکل ۴- نمودار پراکنش ضریب تغییرات شاخص ساترومیری در برابر ضریب تغییرات طول کروموزومی

بررسی تقارن کاربوتیپ‌ها و تعیین ارتباط کاربوتیپی جمعیت‌ها با استفاده از پارامترهای %TF و %S نشان داد که جمعیت‌های زیتنی شیراز و ورامین بیشترین تقارن کاربوتیپی را نسبت به سایر جمعیت‌ها داشتند. نتایج دسته‌بندی (Romero Zarko (1986) و Paszko (2006) نشان داد که جمعیت‌های فلفل زیتنی (اصفهان، ورامین و شیراز) و دلمه سمنان دارای کاربوتیپ نامتقارن و جمعیت‌های دلمه اصفهان، ایتالیا، اراک، کلاچای و آمریکا کاربوتیپی متقارن را نشان می‌دهند. بین دسته‌بندی پاژکو و عامل-های تقارن درصد فرم کلی و طول نسبی کوتاه‌ترین کروموزوم تفاوت مشاهده می‌شود. (Paszko (2006) اشاره کرد به دلیل این که در سنجش این پارامتر از انحراف معیار استفاده نشده به کارگیری آن به تنهای برای سنجش تقارن کاربوتیپی کافی نیست.



شکل ۵- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای جمعیت‌های مورد بررسی در فلفل شیرین *C. annum* L.

از نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها می‌توان نتیجه گرفت که بسیاری از تفاوت‌های موجود بین جمعیت‌ها ناشی از اندازه

- Pank F (2007) Breeding of Medicinal Plants. In: Kayser O, Quax J (Eds.). Medicinal Plant Biotechnology, From Basic Research to Industrial Applications 417- 447.
- Paszko B (2006) A critical review and a new proposal of karyotype asymmetry indices, Pl. Syst, 258: 39-48.
- Pozzobon MT, Schifino-Wittmann MT, Bianchetti LDB (2005) Chromosome numbers in wild and semidomesticated *Brazilian Capsicum* L. (Solanaceae) species: do $x=12$ and $x=13$ represent two evolutionary lines. Botanical Journal of the Linnean Society 151:259-269.
- Reeves A (2001) Micromeasure: A new computer program for the collection and analysis of cytogenetic data. Genome 44:439-443
- Rohami M, Mohammadi A, Khosroshahli M, Ahmadi H, Darandeh N (2010) Karyotype Analysis of several Ecotypes of *Capsicum annuum* L. in Iran. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 38:177-180.
- Romero Zarco C (1986) A new method for estimating karyotype asymmetry. Taxon 35: 526-530.
- Scaldaferro MA, Grabile M, Moscone A (2012) Heterochromatin type amount and distribution in wild species of chili peppers (Capsicum, Solanaceae). Genetic Resources and Crop Evolution doi: 10.1007/s10722-012-9867.
- Stebbins GL (1971) Chromosomal evolution in higher plants. Edward Arnold Press, Ltd London, UK, 216 pp.
- Stommel JR, Bosland PW (2006) Ornamental Pepper, *Capsicum annuum*. In: Flower Breeding and Genetics: Issues, Challenges and Opportunities for the 21st Century (Anderson N, ed.). Springer, Dordrecht, 561-599.
- Walsh BM, Hoot SB (2001) phylogenetic relationships of capsicum (solanaceae) using DNA sequences from two noncoding regions: the chloroplast atpb-rbcl spacer region and nuclear waxy introns. International Journal of Plant Sciences 162:1409-1418.
- Yusef-Zadeh K, Smart A, Zeinali H (1389) Karyological study of four species of Anthemis Iran. The Quarterly Journal - Pasture and Forest of Plant Breeding and Genetic Research 18:55-62 (In Farsi).