ژنتیک نوین
دوره دهم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴
صفحه ۲۲۸-۲۲۱

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

Cytogenetic and karyotipic variations in populations of sweet pepper (*Capsicum annum* L.)

روجا شباهنگ*[۱]، حسین زینلی[۲]، مهرزاد هنرور[۱]، مجتبی راعی[۱]

۱- به ترتیب دانشجوی کارشناسی‌ارشد، استادیار، دانشجوی کارشناسی‌ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد استهبان
۲- استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان

Shabahang R*[1], Zeinali H[2], Honarvar M[1], Raei M[1]

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 سیتوژنتیکی ۹ جمعیت فلفل شیرین بررسی شد. برومونفتالین 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 کروموزمی، 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 مجموعا 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

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2025-06-07]

[DOR: 20.1001.1.20084439.1394.10.2.8.6]

مقدمه

در سال‌های اخیر بیش از ۴۰ درصد داروهای مورد استفاده در کشورهای اروپایی و آمریکایی منشا گیاهی دارند. بهبود میزان مواد موثره و فعالیت بیولوژیکی این گیاهان ازجمله 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 سوهاضمه 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. annuum* L.، *C. frutescens* L. ، *C. baecatum* L. ، *C.chinenes Jaq*- (IBPGR 1988). *C. pubescens* (Bosland and Votava 2000). دو گونه از جنس *Capsicum* فلفل سبز–یا فلفل شیرین مربوط به گونه *C.annuum* و فلفل تند مربوط به گونه *C. frutsicens* با واریته‌های متنوع در ایران کشت می‌شود.

۸۵ درصد خانواده سولاناسه دارای عدد پایه کروموزومی x=۱۲ هستند و عدد پایه x=۷ تا x=۱۵ در آن دیده شده است (Olmstead et al. 2008). تعداد کروموزوم‌های دیپلوئید جنس *Capsicum* برابر با ۲n=۲x=۲۴ گزارش شده است (Pozzobon et al. 2005; Rohami 2010; Scaldaferro et al. 2012). اطلاعات کروموزومی و اطلاعات کاریوتیپی 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 کاریولوژیکی نشان داده می‌شود. چنین اختلافاتی همیشه مورد انتظار بوده زیرا مشخص شده که جمعیت-های یک گونه هر یک سازش خاص خود را در محیطی که در آن می‌رویند، نشان می‌دهند و این سازش‌ها در سطح ژنوم و سطح کاریوتیپ نمایان می‌شوند (Yousefzadeh et al. 1389). به‌طورکلی تحقیقات سیتوتاکسونومی، 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 سیتوژنتیکی در گونه‌های گیاهی و همچنین جمعیت‌های متعلق به آنها، خصوصا گیاهان وحشی و بومی به دلیل فراهم کردن اطلاعات کمی روی تاریخچه تکاملی گیاه، تعیین قرابت‌های بین‌گونه‌ای، تعیین مشخصات کاریولوژیکی و غیره از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. هدف این پژوهش، مطالعه و بررسی جمعیت‌های متفاوت از گونه *C. annuum* L. از لحاظ ویژگی‌های کاریوتیپی، عدد کروموزومی و تعیین قرابت و خویشاوندی جمعیت‌های مورد مطالعه با استفاده از تجزیه خوشه‌ای بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تنوع کاریولوژیکی، ۹ جمعیت از گونه *C. annuum* L. مطالعه شدند (جدول۱). 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

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2025-06-07]

[DOR: 20.1001.1.20084439.1394.10.2.8.6]

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

شماره	کد جمعیت	جمعیت ها	سطح پلوئیدی و تعداد کروموزم	دسته کاریوتیپی استبینز	فرمول کاریوتیپی
۱	Co.esf	زینتی اصفهان	2n=2x=24	2A	$M^{sat}+9\ m\ +\ m^{sat}+Sm^{sat}$
۲	Co.shi	زینتی شیراز	2n=2x=24	1A	$۹\ m\ +\ m^{sat}+2\ Sm$
۳	Co.var	زینتی ورامین	2n=2x=24	1A	۱۲ m
۴	Cs.esf	دلمه اصفهان	2n=2x=24	2A	۱۱ 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	$M+\ 6m\ +\ 3m^{sat}+Sm+St$

اصفهان تهیه شدند. به منظور تهیه کاریوتیپ از مریستم انتهایی ریشه استفاده شد. بذرهای کشت شده در اتاقک رشد در دمای متناوب ۲۰ درجه سانتی گراد (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 برومونفتالین 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 هماتوکسین به مدت ۳۵ دقیقه در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد در انکوباتورانجام شد. با بررسی‌های میکروسکوپی، ده‌ها سلول متافازی مناسب عکس‌برداری شدند. پس از شمارش تعداد کروموزوم‌های هر جمعیت، خصوصیات کاریوتیپی ۳ نمونه از هر جمعیت شامل: طول کل ژنوم (T.L)، طول بلندترین کروموزوم (L)، طول کوتاه‌ترین کروموزوم (S)، نسبت طول بلندترین کروموزم به کوتاه‌ترین کروموزوم (L/S) با استفاده از نرم‌افزار میکرومیژر محاسبه شدند (Reeves 2001).

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

برای گروه‌بندی و مقایسه تفاوت‌های کاریوتیپی جمعیت‌ها از تجزیه خوشه‌ای به روش سلسله مراتبی و طبقه‌بندی Ward's استفاده شد و دندوگرام مربوطه نیز جهت دسته‌بندی کاریوتیپ‌ها 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 (۲n=۲x=۲۴) مشاهده شدند (جدول۱). مقایسه میانگین ویژگی کاریوتیپی جمعیت‌ها در جدول ۲ آمده است. کاریوگرام جمعیت-ها در شکل ۱ و آیدیوگرام آنها در شکل ۲ آمده است. در دسته-بندی کاریوتیپی Stebbins دو جمعیت زینتی ورامین و شیراز در کلاس 1A و بقیه جمعیت‌ها در کلاس دوم تقارن کاریوتیپی واقع شدند (جدول۱). در همه جمعیت‌های مورد بررسی تعداد کروموزوم‌های متاسنتریک بیشترین تعداد را به خود اختصاص داد، به طوری که فرمول کاریوتیپی جمعیت زینتی ورامین برابر با ۱۲ m بود که نشان‌دهنده داشتن کروموزوم‌های متقارن می‌باشد و

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2025-06-07]
[DOR: 20.1001.1.20084439.1394.10.2.8.6]

جدول ۲- ویژگی های کاریوتیپی 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
زینتی 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}	۰/۱۲^{cd}	۰/۲۲^{de}	۱۲/۹۱^{d}	۱/۶۱^{d}
زینتی شیراز	۱۱۷/۱۶^{a}	۵/۵۸^{a}	۴/۱۷^{b}	۱/۳۷^{cd}	۰/۴۲^{bc}	۰/۷۵^{cd}	۰/۰۴ ^{d}	۴۲/۷۸^{c}	۶۳/۱۵^{a}	۰/۲۳^{a}	۰/۲۴^{cd}	۷/۶۳^{h}	۱/۸^{c}
زینتی 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}	۱۷/۷۳^{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}	۰/۰۶۷ ^{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}	۰/۱۲^{cd}	۰/۲۷^{b}	۱۸/۱۳^{a}	۲/۲۱^{b}

این که سانترومر در ناحیه میانی قرار دارد (جدول۱). نتایج همچنین نشان داد که جمعیت‌های مورد مطالعه به جز زینتی ورامین، دلمه اصفهان و دلمه آمریکا بقیه جمعیت‌ها دارای ساتلایت بودند و مکان ساتلایت بر روی کروموزوم متاسنتریک بود. جمعیت دلمه اراک ۴ کروموزوم ساتلایت دار را نشان داد. دامنه تغییرات جمعیت‌های مورد بررسی از نظر شاخص عدم تقارن درون کروموزومی (A1) بین ۰/۲۳ تا ۰/۰۲۸ 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 زینتی ورامین و دلمه اراک بود. برای بررسی بهتر تقارن کاریوتیپ از روش Romero Zacro (1986) و دیاگرام پراکنش مقادیر A_1 و A_2 استفاده شد (شکل۳). علاوه بر آن نمودار ضریب تغییرات طول کروموزومی (CVcl) در برابر ضریب تغییرات شاخص سانترومری (CVci) که در محاسبه AI مورد استفاده قرار گرفته‌اند، رسم شد تا بر اساس آن بتوان دید بهتری نسبت به تقارن کاریوتیپ‌ها به دست آورد (شکل۴). نتایج این دو دسته‌بندی نشان داد که جمعیت‌های زینتی (اصفهان، ورامین و شیراز) و دلمه سمنان در گروه نا متقارن قرار گرفته و جمعیت‌های دلمه اصفهان، ایتالیا، اراک، کلاچای و آمریکا در گروه متقارن هستند. شاخص تقارن کاریوتیپی، درصد فرم کلی (TF%)، بیشترین مقدار (۴۴/۵۱ درصد) را درجمعیت زینتی ورامین نشان داد و کمترین مقدار به میزان ۳۹/۸۴ درصد در جمعیت دلمه کلاچای مشاهده شد (جدول۲). همچنین پارامتر طول نسبی کوتاه‌ترین کروموزوم (S%) بیشترین مقدار را در جمعیت زینتی شیراز به میزان ۶۳/۱۵ درصد نشان داد که نشان-دهنده متقارن بودن کاریوتیپ این جمعیت و کمترین مقدار در جمعیت‌های دلمه اراک، به میزان ۴۰/۳۱ درصد بود که نشان‌دهنده نامتقارن بودن کاریوتیپ این جمعیت می‌باشد (جدول۲).

جدول۳- تجزیه به عامل‌های صفات کاریوتیپی گیاه فلفل شیرین *C.annuum* L.

صفات	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم
Tl	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 سانترومری؛ DRL%) اختلاف دامنه طول نسبی؛ TF%) درصد فرم کلی؛ S%) طول نسبی کوتاه‌ترین کروموزوم؛ A_2) ضریب نامتقارن بین کروموزومی؛ A_1) ضریب نامتقارن درون کروموزومی؛ AI) شاخص عدم تقارن.

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2025-06-07]

[DOR: 20.1001.1.20084439.1394.10.2.8.6]

شکل۱- صفحه متافازی و کاریوگرام جمعیت‌های مورد مطالعه گیاه فلفل شیرین .*C.annuum* L

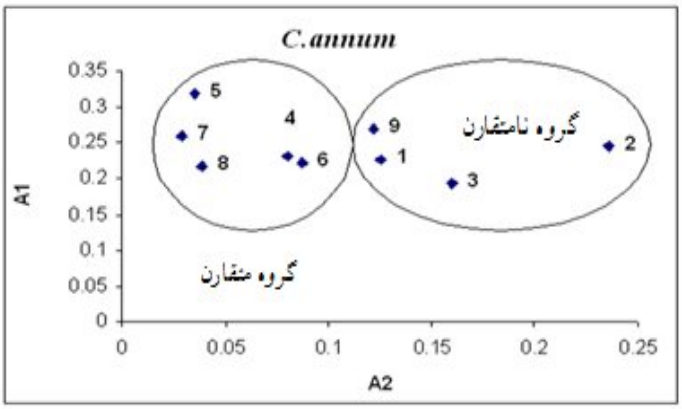
جهت تعیین نقش هر یک از صفات کاریوتیپی مورد مطالعه در تنوع بین جمعیت‌ها تجزیه به عامل‌ها به روش مولفه‌های اصلی روی صفات نشان داده که سه عامل بیش از ۸۹/۳۰ درصد از واریانس بین جمعیت‌ها را توجیه کرده است. در مولفه اول، صفات نسبت طول بازوها، شاخص سانترومری و ضریب تقارن درون کروموزومی بیشترین نقش را در تنوع 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 کاریوتیپی، تجزیه خوشه‌ای به روش وارد انجام شد (شکل ۵). جمعیت‌های زینتی (اصفهان، ورامین و شیراز) و دلمه ایتالیا و سمنان در گروه اول قرار گرفتند. دلمه اصفهان و آمریکا در گروه دوم و دلمه کلاچای و اراک در گروه سوم واقع شدند. جمعیت‌های مورد مطالعه همگی دیپلوئید بودند که با سایر بررسی ها در جنس *Capsicum* تطابق داشت (Pozzobon et al. 2005; Rohami 2010; Scaldaferro et al. 2012). مجموع طول کل ژنوم از ۱۱۷/۱۶ میکرون در جمعیت زینتی شیراز تا ۹۹/۰۶ میکرون در جمعیت دلمه‌ای اصفهان متغیر بود (جدول ۲). جمعیت‌های زینتی شیراز و زینتی ورامین از نظر کلاس تقارن Stebbins جزء متقارن‌ترین کاریوتیپ‌ها بودند و در مراحل ابتدایی تکامل قرار دارند. سه تیپ کروموزوم levan et al. (1964) در بین جمعیت‌ها مشاهده شد. در جمعیت اراک ۳ کروموزوم پشت سر هم دارای ساتلایت بودند و بیشترین تعداد کروموزوم ساتلایت دار (۵ کروموزوم) در این جمعیت مشاهده شد. تغییرات محل ساتلایت‌ها احتمالا تحت

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2025-06-07]
[DOR: 20.1001.1.20084439.1394.10.2.8.6]

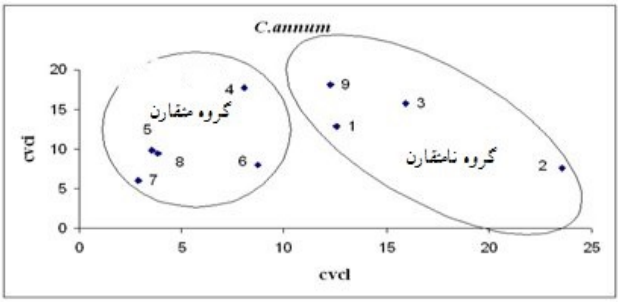
شکل ۲- آیدیوگرام جمعیت‌های مورد مطالعه گیاه فلفل شیرین .*C.annuum* L

تاثیر تغییرات اندازه کروموزوم‌ها و جابه جایی ترتیب کروموزوم-ها در ایدیوگرام 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 2010). تفاوت در مکان ساتلایت‌ها در این خانواده می‌تواند به دلیل ترانسلوکاسیون، حذف و دوبل شدن باشد یا این که ساتلایت با بخش هتروکروماتین یکی شده و مشخص نباشد (Acosta et al. 2005; Chiarini and Bernardello 2006).



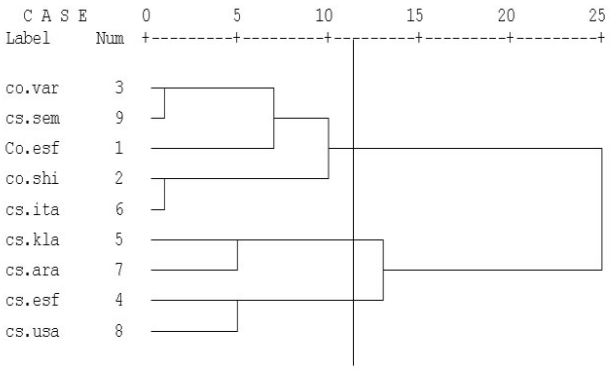
شکل ۳- نمودار پراکنش ضرایب عدم تقارن درون کروموزومی و بین کروموزومی بین جمعیت‌ها

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2025-06-07]
[DOR: 20.1001.1.20084439.1394.10.2.8.6]



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

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



شکل۵- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه ای جمعیت‌های مورد بررسی در فلفل شیرین *C.annuum* L.

از نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها می توان نتیجه گرفت که بسیاری از تفاوت‌های موجود بین جمعیت‌ها ناشی از اندازه 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 کاریوتیپی مشابهی داشته و می‌توانند در تلاقی بین گونه‌ای استفاده شوند (Livingstone et al. 1999). همچنین بیشترین فاصله اقلیدسی بین دو جمعیت زینتی اصفهان و دلمه کلاچای و کم‌ترین فاصله بین جمعیت‌های زینتی 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 Y earbook. FAO,Rome, pp: 333.

Ibiza VP, Blanca J, Can˜izares 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, Scaldaferro M, Grabiele 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 annuum* 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.

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2025-06-07]
[DOR: 20.1001.1.20084439.1394.10.2.8.6]

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, Grabiele 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).

[Downloaded from mg.genetics.ir on 2025-06-07]
[DOR: 20.1001.1.20084439.1394.10.2.8.6]