مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۰ شماره ۳ صفحه‌های ۳۲۱ تا ۳۳۶ (۱۳۹۸)
مقاله پژوهشی

گوناگونی مورفوژنتیکی نژادگان‌های فلفل زینتی و خوراکی متحمل و حساس به بیماری بوته‌میری (*Phytophthora capsici*)[1]

Morpho-Genetic Diversity of tolerant and Susceptible Ornamental and Edible Pepper Genotypes to Damping-off Disease (*Phytophthora capsici*)

لیلا محمدباقری، مهدی نصر اصفهانی*، وحید عبدوسی و داود نادری[2]

چکیده

فلفل (*Capsicum* sp.) از جمله گیاهانی است که به‌دلیل گوناگونی زیاد، به‌صورت زینتی، خوراکی و دارویی مصرف دارد. برای بررسی گوناگونی‌ژنتیکی ۳۷ نژادگان مختلف فلفل، شامل انواع نژادگان‌های فلفل‌زینتی و خوراکی متحمل و حساس به بیماری بوته‌میری *Phytophthora capsici*، از نشانگرهای ریخت‌شناسی و ISSR به‌ترتیب با ۴۷ ویژگی و ۲۰ آغازگر استفاده شد. نتیجه‌های تجزیه نشانگرهای ISSR نشان داد که ۱۹ آغازگر از ۲۰ آغازگر مورد استفاده، باندهای چندشکل نشان دادند. در مجموع ۱۸۸ نوار تولید شد که ۱۸۵ نوار چندشکل بودند. میانگین درصد چندشکلی در نشانگرهای ISSR، ۹۸/۵ بود و به‌طور میانگین ۹/۹ نوار چندشکل در هر آغازگر تولید شد. درصد چندشکلی از ۷۸ تا ۱۰۰ ٪ متغیر بود. میانگین محتوای داده‌های چندشکلی ۰/۴۴۹ بود. براساس نتیجه‌های تجزیه ISSR، نژادگان‌ها به ۵ گروه اصلی تقسیم شدند. ویژگی‌های ریخت‌شناسی نیز نژادگان‌ها را به ۵ گروه تقسیم نمود. ضریب همبستگی بین ضرایب تشابه مولکولی و ریخت‌شناسی غیرمعنی‌دار بود. نتیجه‌های بررسی تحمل به بیماری بوته‌میری نشان داد پنج نژادگان متحمل شامل رقم‌های کد ۱۱، ۱۹، ۲۳، ۳۲ و ۳۷ از گروه فلفل‌های زینتی و کشیده بودند. در بررسی ارتباط بین گوناگونی ژنتیکی و میزان تحمل به بیماری، پنج نژادگان متحمل به‌جز رقم کد ۳۷ در یک گروه ریخت‌شناسی و همگی در چهار گروه مولکولی متفاوت قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: ریخت‌شناسی، فلفل دلمه‌ای ، فایتوفترا، *Capsicum* sp.، ISSR.

مقدمه

فلفل (*Capsicum* sp.) یک سبزی میوه‌ای می‌باشد که نقش قابل توجهی در تغذیه انسان داشته و از اهمیت ویژه‌ای در جهان برخوردار است. از سویی، با توجه به سمی بودن و هم‌چنین زیبایی برخی گونه‌ها و نژادگان‌های فلفل، این گیاه کاربرد زینتی نیز دارد. شمار بسیار زیادی گونه و رقم زینتی فلفل وجود دارند که از اهمیت دارویی نیز برخوردارند. بررسی روابط ژنتیکی و ریخت‌شناسی بین این نژادگان‌ها و نیز بررسی میزان تحمل و حساسیت آن‌ها به بیماری بوته‌میری، بیان ژن مقاوم و توالی ژنی از مهم‌ترین جنبه‌های علمی و عملی در خصوص این نژادگان‌ها هستند (۱۸).

بیماری بوته‌میری فایتوفترا، از مهم‌ترین بیماری‌های فلفل محسوب می‌شود. این بیماری در فلفل و کدو توسط عامل بیماری‌زای قارچی *Phytophtora capsici* به‌وجود می‌آید. پوسیدگی ریشه و طوقه و بوته‌میری فلفل یکی از شایع‌ترین بیماری‌های فلفل است. این بیماری دارای اهمیت جهانی بوده و تاکنون از کشورهای مختلف گزارش شده است، به‌طوری که

۱- تاریخ دریافت: ۹۷/۱/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۸/۷/۲۱

۲- به‌ترتیب دانشجوی دکترای علوم باغبانی گرایش گیاهان زینتی، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، دانشیار بیماری‌شناسی گیاهی، بخش تحقیقات گیاه پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، استادیار گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران و دانشیار گروه علوم باغبانی و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران.

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (mne2011@gmail.com).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.2.3]

به‌عنوان دومین بیماری مخرب در بیشتر محصول‌های کشاورزی در جهان گزارش شده است (۲۲). در ایران اولین بار ارشاد و منفرد (۱) پوسیدگی ریشه و طوقه را از مزرعه‌های مختلف فلفل گزارش کردند. پس از آن قلی‌طلوعی و همکاران (۲) دو گونه از قارچ *Fusarium* و یک گونه از قارچ‌های *Rhizoctonia* و *Phytophtora* را به‌عنوان عامل اصلی ایجاد بیماری جداسازی و گزارش کردند.

نشانگر ISSR (Inter Simple Sequence Repeats) یکی از نشانگرهای DNA مبتنی بر واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (PCR) است. برای تکثیر DNA ژنومی با فن ISSR از یک آغازگر ترکیبی به‌دست آمده از توالی‌های میکروساتلایت استفاده می‌شود که انتهای '۵ یا '۳ آن به وسیله توالی یک تا سه نوکلئوتیدی محدود شده باشد. نشانگرهای ISSR ابزار شناسایی معتبری در مطالعه گوناگونی ژنتیکی فلفل می‌باشند. در پژوهشی، ۲۸ نژادگان فلفل شامل ۷ رگه مادری و ۲۱ دورگه به‌دست آمده از آن‌ها، با استفاده از نشانگر ISSR مورد ارزیابی قرار گرفته و گزارش شد که دندروگرام به‌دست آمده از نتیجه‌های این نشانگرها، دارای ۷ گروه شامل رگه‌های مادری بود. آن‌ها نشانگر ISSR را به‌عنوان یک ابزار قوی برای شناسایی و رده‌بندی مولکولی فلفل پیشنهاد کردند (۱۸). نشانگرهای ISSR می‌توانند گوناگونی ژنتیکی بیشتری را در رگه‌های فلفل تشخیص دهند و برای سنجش گوناگونی ژنتیکی بین رگه‌هایی که قرابت نسبی بسیار نزدیکی به هم دارند، مناسب‌تر است (۲۵). از ۵ گونه فلفل زراعی، ۱۳ رگه با استفاده از نشانگرهای ISSR (Random Amplified Polymorphic DNA RAPD) و ۲۸ ویژگی ریخت‌شناسی مورد بررسی قرار گرفت. از ۲۳ آغازگر RAPD و ۱۶ آغازگر ISSR به‌ترتیب ۲۰۹ و ۹۴ نوار به‌دست آمد. در مجموع، مشخص شد که نشانگرهای ISSR درصد چندشکلی بیشتری در گونه *C. annuum* نسبت به RAPD داشتند و شمار آلل موثر، شاخص شانون، هتروزیگوسیتی و ضریب گوناگونی ژنتیکی به‌دست آمده از نشانگرهای ISSR بیشتر از RAPD بوده است. در این بررسی، همبستگی معنی‌داری بین دندوگرام‌های به‌دست آمده از نشانگرهای مولکولی و ریخت‌شناسی دیده شد. هم‌چنین، گونه *C. annuum* نسبت به بقیه گونه‌ها در گروه مجزایی قرار گرفت (۲۵). برای سنجش اصالت بذرهای تجاری معروف فلفل تند در بازار هندوستان از نشانگرهای ISSR استفاده شده است (۱۴).

در ارزیابی گوناگونی ژنتیکی در گونه *C. annuum* L. با استفاده از نشانگرهای مولکولی مبتنی بر PCR، ۲۴ نژادگان فلفل از این گونه با استفاده از نشانگرهای RAPD و ISSR بررسی و این دو نشانگر، ابزارهای معتبری برای بررسی گوناگونی ژنتیکی این گونه فلفل معرفی شده‌اند (۱۷). در یک پژوهش گزارش شد که گوناگونی ژنتیکی نژادگان‌های *C. baccatum* به‌طور معنی‌داری زیر تاثیر پراکنش جغرافیایی آن‌ها قرار می‌گیرد. در بین ۴۰ ویژگی ریخت‌شناسی مورد بررسی، ویژگی‌های وزن میوه، قطر میوه و طول دمگل بیشترین سهم را در جداسازی نژادگان‌های وحشی و اهلی‌شده از این گونه فلفل به خود اختصاص دادند (۴).

ویژگی‌های گل و نشانگرهای مولکولی ابزارهای مفیدی برای توصیف ویژگی‌های اختصاصی گونه‌های فلفل و شناسایی ذخایر ژنتیکی آن هستند. بر این اساس ۲۲ رگه از ۶ گونه فلفل با استفاده از ویژگی‌های رنگ گل و نشانگرهای RAPD و ISSR گروه‌بندی شدند (۲۳). با استفاده از نشانگر مولکولی ISSR و بررسی‌های کالبدشناسی ۴ رقم و گونه فلفل از جنس *Capsicum* مورد بررسی قرار گرفته و تغییرپذیری بالایی در بین این نژادگان‌ها دیده شد. اگرچه گونه‌های مورد بررسی، گوناگونی ریخت‌شناسی و مولکولی زیادی نشان دادند، اما این گوناگونی در ویژگی‌های کالبدشناسی آن‌ها دیده نشد، به‌طوری که برخی تغییرهای کالبدشناسی بین گونه‌های *C. baccatum*، *C. annuum*، *C. chinense* و *C. frutescens* از نظر برگ، بذر و میوه وجود داشت (۸). با استفاده از ۱۰ آغازگر ISSR شش دورگه بین گونه‌های فلفل *C. annuum* و *C. frutescens* مورد بررسی قرار گرفته و با استفاده از ضریب دایس فاصله ژنتیکی ۰/۲۵ دیده شد (۳). در بررسی گوناگونی ژنتیکی بین ۷۴ رگه فلفل سیاه با استفاده از نشانگرهای ISSR مشخص شد که ضریب تشابه ژنتیکی بین این رگه‌ها بین ۰/۵۴۸ تا ۰/۹۷۶ بود. هم‌چنین، فاصله ژنتیکی درون گونه‌ای بین ۰/۱۰۴ تا ۰/۲۸۰ به‌دست آمد (۱۳). در پژوهشی دیگر نیز از نشانگرهای ISSR برای بررسی گوناگونی ژنتیکی ۲۷ گونه فلفل سیاه استفاده و آن‌ها در ۶ خوشه دسته‌بندی شدند (۲۱). در مطالعه گوناگونی ژنتیکی برخی نژادگان‌های فلفل تند، ۱۲ ویژگی کمی مورد ارزیابی قرار گرفته و با استفاده از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی، بیشترین واگرایی در ویژگی‌های عملکرد هر بوته، عرض بوته، شاخه‌های ثانویه، ارتفاع بوته و شمار بذر در میوه دیده شد (۱۱).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.2.3]

با توجه به موارد بالا، اهمیت موضوع و این که تاکنون بررسی‌های جامع و کاملی در این زمینه در کشور انجام نشده است، بنابراین در این پژوهش، بررسی‌هایی با هدف سنجش گوناگونی ژنتیکی برخی از نژادگان‌های فلفل متحمل و حساس به بوته‌میری *P. capsici* و ارزیابی رابطه ژنتیکی آن‌ها با استفاده از روش‌های تجزیه ریخت‌شناسی و مولکولی شامل نشانگرهای ISSR و در پایان انتخاب نژادگان‌های مستعد برای پیشرفت برنامه‌های بهنژادی آتی انجام گردیده است.

مواد و روش‌ها

برای بررسی گوناگونی ژنتیکی نژادگان‌های مختلف فلفل متحمل و حساس به بوته‌میری با استفاده از نشانگرهای ریخت‌شناسی و ISSR، آزمایشی در قالب یک طرح به‌طورکامل تصادفی با ۳۷ تیمار (شامل نژادگان‌های فلفل زینتی و خوراکی) با ده تکرار (بوته)، در گلخانه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان در دو فاز به اجرا درآمد.

بذر نژادگان‌های مورد نظر (جدول ۱) از منابع معتبر داخلی و خارجی تهیه و پس از گندزدایی، در سینی‌های کشت حاوی پیت‌ماس کشت و مراقبت‌های لازم مانند آبیاری و کنترل دمای محیط در آن‌ها انجام شد. پس از تنژیدن بذرها و اعمال مدیریت خزانه مانند آبیاری، تغذیه و مبارزه با آفت‌ها و بیماری‌های احتمالی، ۴۰ روز پس از کاشت بذر، یک نشاء به گلدان‌های پنج لیتری حاوی خاک، کود و ماسه (۱:۱:۱) که درون اتوکلاو در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس و در فشار ۱/۵ اتمسفر به مدت ۲۰ دقیقه سترون شده بود، منتقل شد و در شرایط دمایی گلخانه ۲±۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۰ تا ۸۰٪ قرار داده شد. در این مرحله نسبت به یادداشت‌برداری ویژگی‌های رویشی گیاه براساس توصیف‌نامه اقدام شد (۵). پس از آغاز فاز زایشی، ویژگی‌های ریخت‌شناسی گل و میوه نیز بر اساس توصیف‌نامه بررسی گردید (۵) (ویژگی‌های نوشته شده در جدول ۳).

جدول ۱- فهرست نژادگان‌های فلفل مورد بررسی شامل شماره نژادگان، نام ثبت شده، شرکت و واکنش به بوته‌میری *Phytophthora capsici*.

Table 1. The list of used pepper genotypes including genotype number, registered name, company, and reaction to *Phytophthora capsici*.

ردیف S/No	شماره نژادگان Genotype No.	مشخصات Properties	شرکت Company	نام مشخصه رقم Genotype registered name	واکنش به بوته‌میری Reaction to *P. capsici*
1	18	زینتی- مخروطی- بنفش- ایتالیایی Ornamental-Conical-Purple- Italian	PBI	18OrnP-ConPurItaly	PS
2	8	زینتی- ایرانی- کد ۶۵۷ Ornamental-Iranian-657	-	8OrnP-IR657	PR
3	30	زینتی- F2- الوان- هلندی Ornamental-F2-Alvan-Dutch	PBI	30OrnP-F2NethAlv	PR
4	14	زینتی Ornamental	PBI	14OrnP-PBI	PS
5	19	زینتی Ornamental	PBI	19OrnP-PBI	R
6	16	زینتی Ornamental	PBI	16OrnP-PBI	PR
7	21	زینتی- موزی‌شکل Ornamental-Banana-shaped	-	21OrnP-Banana	PS
8	32	زینتی- چینی Ornamental-Chinese	-	32OrnP-China	R
9	17	زینتی- مخروطی- بنفش- آمریکایی Ornamental-Conical-Purple-American	PBI	17OrnP-ConPurUSA	PS
10	1	زینتی- F2- مجارستانی Ornamental-F2-Hungry	PBI	1OrnP-F2Hun	PS

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.2.3]

جدول ۱- ادامه...

Table 1. Continued…

ردیف S/No	شماره نژادگان Genotype No.	مشخصات Properties	شرکت Company	نام مشخصه رقم Genotype registered name	واکنش به بوته‌میری Reaction to *P. capsici*
11	35	بلوکی- زرد- باچاتا Blocky-Yellow-Bachata	-	35BlockyP-YBachata	PS
12	3	بلوکی- قرمز- زامبونی Blocky-Red-Zambuni	-	3BlockyP-RZam	PS
13	7	بلوکی- قرمز- هورا RZ Blocky-Red-HoraRZ	SeR	7BlockyP-RHoraRZ	PS
14	11	بلوکی- زرد- تورانتو RZ Blocky-Yellow-TorantoRZ	SeR	11BlockyP-YToran	R
15	34	بلوکی- لیریکا Blocky-Lirika	-	34BlockyP-Lirika	PS
16	15	گیلاسی- شیرین Cherry-Sweet	-	15SweetP-cherry	PR
17	23	گیلاسی- اورشلیم Cherry-Jerusalem	-	23CherryP-Orsh	R
18	12	زرد- بیلا Yellow-Billa	Syngenta	12YP-Billa	PS
19	31	نارنجی- آرانکیا Orange-Arankia	-	31OrP-Arankia	S
20	36	نارنجی- پارامو Orange-Paramo	Siminis	36OrP-Paramo	PS
21	20	سبز Green	PBI	20GreenP-PBI	PS
22	13	کشیده- رویان Long-Royan	-	13LongP-Royan	PS
23	25	کشیده- کوچک Long-Small	-	25LongP-Small	PS
24	9	کشیده- مخروطی- سبز کم‌رنگ- سیرنا Long-Conical-Pale Green-Sirna	PBI	9LongConicP-Gsirna	S
25	27	تند- فوگو Chili-Fogo	-	27ChilP-Fogo	PS
26	37	تند- پالئو Chili-Paleo	EWSI	37ChilP-Paleo	R
27	33	شمشیری- شیرین Gladiate-Sweet	ES	33GladiateP	S
28	10	سبز- شیرین- گانگا Green-Sweet-Ganga	EWSI	10SweetP-Ganga	S
29	2	دلمه‌ای Bell Pepper	PBI	2BP-PBI	S
30	4	دلمه‌ای Bell Pepper	ES	4BP-12-Eastern	PS
31	5	دلمه‌ای- بونانزا Bell Pepper-Bonanza	-	5BP-Bonanza	PS
32	6	دلمه‌ای Bell Pepper	SuS	6BP-Sums	PS

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.2.3]

جدول ۱- ادامه...

Table 1. Continued…

ردیف S/No	شماره نژادگان Genotype No.	مشخصات Properties	شرکت Company	نام مشخصه رقم Genotype registered name	واکنش به بوته‌میری Reaction to *P. capsici*
33	22	دلمه‌ای- زرد- دورگه- دربی Bell Pepper-Yellow-Hybrid-Derby	-	22BP-YDerby	PS
34	24	دلمه‌ای ۳۰۱ Bell Pepper-301	-	24BP-301	S
35	26	دلمه‌ای- قرمز- دورگه- استارلت Bell Pepper-Red-Hybrid-Starlet	-	26BP-RStarlet	S
36	28	دلمه‌ای- RnineRhzne Bell Pepper-Rnine Rhzne	-	28BP-RnineR	S
37	29	دلمه‌ای 60D Bell Pepper-60D	-	29BP-60D	PS

PBI: شرکت پاکان‌بذر، SeR: شرکت سپاهان رویش، EWSI: شرکت بین‌المللی بذر شرق‌غرب، ES: شرکت بذر شرقی، SuS: شرکت بذر سامس، R: متحمل، S: حساس، PR: نیمه‌متحمل، PS: نیمه‌حساس.

PBI: Pakan Bazr-e-Isfahan Co., SeR: Sepahan Ruyesh Co., EWSI: East West Seed International Co., ES: Eastern Seed Co., SuS: Sums Seed Co., R: Resistant, S: Susceptible, PR: Partially Resistant, PS: Partially Susceptible.

نمونه‌گیری از برگ‌های جوان گیاهان یک‌ماهه در نوک گیاه پیش از گلدهی و استخراج DNA آن‌ها براساس روش CTAB انجام شد (۱۹). برای سنجش کمیت و کیفیت DNA استخراج شده به‌ترتیب از دستگاه‌های نانودراپ (کمپانی Thermo T ,Scientific کشور آمریکا) و الکتروفورز افقی (شرکت ارکا طب روهام، کشور ایران) با ژل ۱٪ و بافر TBE 1X استفاده شد. غلظت نهایی DNAهای استخراج شده برای انجام PCR، ۴۰ نانوگرم بود (۲۴).

جدول ۲- آغازگرهای ISSR مورد استفاده جهت بررسی گوناگونی ژنتیکی نژادگان‌های فلفل شامل نام آغازگر، توالی آغازگر و دمای اتصال.

Table 2. ISSR primers used for genetic diversity assessment of pepper genotypes, including the primer names, primers sequence, and annealing temperature.

ردیف S/No.	نام آغازگر Primer name	توالی آغازگر Primers sequence	دمای اتصال Annealing temperature (°C)
1	MBP-1	5`-CG AAAAAAA-3`	50
2	MBP-2	5`-GAC GAC GAC GC-3`	44
3	MBP-3	5`-CTC CTC CTC GC-3`	44
4	MBP-4	5`-GTG GTG GTG GC-3`	44
5	MBP-6	5`-GACA GACA GACA-3`	50
6	MBP-7	5`-CA CA CA CA CA CA AG-3`	45
7	MBP-8	5`-GT GT GT GT GT GT GG-3`	45
8	MBP-9	5`-GT GT GT GT GT GT CC-3`	42
9	MBP-10	5`-GTG GTG GTG GTG RC-3`	50
10	MBP-11	5`-GC GC CGC CGC CGC C-3`	50
11	MBP-12	5`-TACA GCA GCA GCA G-3`	50
12	MBP-13	5`-GA GA GA GA GA GA GG-3`	44
13	MBP-14	5`-GA GA GA GA GA GA CC-3`	44
14	MBP-15	5`-GACA GACA GACA GC-3`	50
15	MBP-16	5`-AGTG AGTG AGTG GG-3`	50
16	MBP-17	5`-GT GT GT GT GT GT GT GT YG-3`	50
17	MBP-18	5`-CTC GT GT GT GT GT GT GT GT-3`	47
18	MBP-19	5`-GT GT GT GT GT GT GT GT CTC-3`	50
19	MBP-20	5`-CCA CCA CCA CCA CCA CCA CCA-3`	47
20	MBP-21	5`-CGA CGA CGA CGA CGA CGA CGA-3`	50

Y: Pyrimidine, R: Purin.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.2.3]

واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (PCR) انجام شد (۲۴) و برای دمای اتصال از داده‌های جدول ۲ برای هر آغازگر استفاده شد. پس از انجام PCR برای هر آغازگر، محصول PCR روی ژل آگارز ۲-۱/۵٪ بارگذاری و قطعه‌های تکثیرشده از هم جداسازی شدند.

نمونه‌گیری از برگ‌های جوان گیاهان یک‌ماهه در نوک گیاه پیش از گلدهی و استخراج DNA آن‌ها براساس روش CTAB انجام شد (۱۹). برای سنجش کمیت و کیفیت DNA استخراج شده به‌ترتیب از دستگاه‌های نانودراپ (کمپانی Thermo T ,Scientific کشور آمریکا) و الکتروفورز افقی (شرکت ارکا طب روهام، کشور ایران) با ژل ۱٪ و بافر TBE 1X استفاده شد. غلظت نهایی DNAهای استخراج شده برای انجام PCR، ۴۰ نانوگرم بود (۲۴). واکنش زنجیره‌ای پلیمراز (PCR) انجام شد (۲۴) و برای دمای اتصال از داده‌های جدول ۲ برای هر آغازگر استفاده شد. پس از انجام PCR برای هر آغازگر، محصول PCR روی ژل آگارز ۲-۱/۵٪ بارگذاری و قطعه‌های تکثیرشده از هم جداسازی شدند.

جدول ۲- آغازگرهای ISSR مورد استفاده جهت بررسی گوناگونی ژنتیکی نژادگان‌های فلفل شامل نام آغازگر، توالی آغازگر و دمای اتصال.

Table 2. ISSR primers used for genetic diversity assessment of pepper genotypes, including the primer names, primers sequence, and annealing temperature.

ردیف	نام آغازگر	توالی آغازگر	دمای اتصال
S/No.	Primer name	Primers sequence	Annealing temperature (°C)
1	MBP-1	5`-CG AAAAAAA-3`	50
2	MBP-2	5`-GAC GAC GAC GC-3`	44
3	MBP-3	5`-CTC CTC CTC GC-3`	44
4	MBP-4	5`-GTG GTG GTG GC-3`	44
5	MBP-6	5`-GACA GACA GACA-3`	50
6	MBP-7	5`-CA CA CA CA CA CA AG-3`	45
7	MBP-8	5`-GT GT GT GT GT GT GG-3`	45
8	MBP-9	5`-GT GT GT GT GT GT CC-3`	42
9	MBP-10	5`-GTG GTG GTG GTG RC-3`	50
10	MBP-11	5`-GC GC CGC CGC CGC C-3`	50
11	MBP-12	5`-TACA GCA GCA GCA G-3`	50
12	MBP-13	5`-GA GA GA GA GA GA GG-3`	44
13	MBP-14	5`-GA GA GA GA GA GA CC-3`	44
14	MBP-15	5`-GACA GACA GACA GC-3`	50
15	MBP-16	5`-AGTG AGTG AGTG GG-3`	50
16	MBP-17	5`-GT GT GT GT GT GT GT GT YG-3`	50
17	MBP-18	5`-CTC GT GT GT GT GT GT GT GT-3`	47
18	MBP-19	5`-GT GT GT GT GT GT GT GT CTC-3`	50
19	MBP-20	5`-CCA CCA CCA CCA CCA CCA CCA-3`	47
20	MBP-21	5`-CGA CGA CGA CGA CGA CGA CGA-3`	50

Y: Pyrimidine, R: Purin.

پس از امتیازبندی باندهای به‌دست آمده از الکتروفورز، با استفاده از نرم‌افزار NTSYS گروه‌بندی نژادگان‌های بررسی شد. ویژگی‌های ریخت‌شناسی براساس امتیازبندی، خوشه‌بندی و مقایسه میانگین شد و رابطه آن با نتیجه‌های مولکولی مقایسه شد (۲۴). همبستگی بین ویژگی‌های ریخت‌شناسی و مولکولی با استفاده از ضرایب تشابه به‌دست آمد و به‌کارگیری نرم‌افزار SPSS 16.0 بررسی شد. ویژگی‌های مربوط به رشد رویشی و عملکرد در قالب به‌طورکامل تصادفی تجزیه و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD انجام و برای تجزیه داده‌ها از نرم‌افزار SAS 9.1 استفاده شد.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.2.3]

جدول ۳- گروه‌بندی نژادگان‌های به‌دست آمده از مقایسه میانگین ویژگی‌های ریخت‌شناسی.

Table 3. Grouping of genotypes resulted from mean comparison of morphological traits.

ردیف S/No.	Morphological trait	ویژگی ریخت‌شناسی	شماره گروه Group number†	وضعیت گروه Group situation
1	Plant growth habit	عادت رشد گیاه	1	a
2	Stem length	ارتفاع ساقه	16	a-p
3	Node anthocyanin pigment	رنگ‌دانه آنتوسیانین گره	2	a-b
4	Node anthocyanin pigment intensity	شدت رنگ‌دانه آنتوسیانین گره	5	a-e
5	Node woolly	کرکدار بودن گره	3	a-c
6	Lamina length	طول پهنک	13	a-m
7	Lamina width	عرض پهنک	12	a-l
8	Lamina length/width	نسبت طول به عرض پهنک	3	a-c
9	Leaf green color intensity	شدت رنگ سبز برگ	4	a-d
10	Leaf shining	براق بودن برگ	4	a-d
11	Peduncle situation	وضعیت دمگل	2	a-b
12	unripe fruit color	رنگ میوه نارس	3	a-c
13	Fruit situation	وضعیت میوه	2	a-b
14	Fruit length	طول میوه	11	a-k
15	Fruit diameter	قطر میوه	8	a-h
16	Fruit length/diameter	نسبت طول به قطر میوه	7	a-g
17	Fruit shape in longitudinal section	شکل میوه در برش طولی	5	a-e
18	Fruit shape in latitudinal section	شکل میوه در برش عرضی	2	a-b
19	Exocarp wavy in fruit base	موج‌دار بودن برون‌بر در قاعده میوه	3	a-c
20	Exocarp wavy except in fruit base	موج‌دار بودن برون‌بر بجز در قاعده میوه	3	a-c
21	Fruit surface	سطح میوه	1	a
22	Ripened fruit color	رنگ میوه رسیده	3	a-c
23	Hollow in fruit base	حفره در قاعده میوه	2	a-b
24	Hollow depth	عمق حفره	3	a-c
25	Fruit tip shape	شکل نوک میوه	4	a-d
26	Fruit tail length	طول دم میوه	12	a-l
27	Calyx situation	وضعیت کاسه‌گل	1	a

منبع (۵)

†ویژگی ریخت‌شناسی با شمار گروه‌بندی بیشتر، گوناگونی بیشتری بین نژادگان‌های مورد بررسی نشان داد.

†Morphological trait with more group number, showed more diversity between the evaluated genotypes.

نتایج

نژادگان‌های مورد بررسی، براساس آزمایش‌های مایه‌زنی در چهار گروه متحمل، نیمه‌متحمل، نیمه‌حساس و حساس گروه‌بندی شدند. بر این اساس، نژادگان‌های ۱۱، ۱۹، ۲۳، ۳۲ و ۳۷ متحمل، نژادگان‌های ۸، ۱۵، ۱۶ و ۳۰ نیمه‌متحمل، نژادگان‌های ۱، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۷، ۱۸، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۵، ۲۷، ۲۹، ۳۴، ۳۵ و ۳۶ نیمه‌حساس و نژادگان‌های ۲، ۹، ۱۰، ۲۴، ۲۶، ۳۸، ۳۱ و ۳۳ حساس بودند (جدول ۱).

نتیجه‌های تجزیه واریانس داده‌های به‌دست آمده از بررسی ۲۷ ویژگی ریخت‌شناسی نشان داد که در همه ویژگی‌های مورد بررسی (به‌جز عادت رشد بوته، نسبت طول به عرض پهنک برگ و سطح میوه) اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بین نژادگان‌های مورد بررسی دیده شد (نتیجه‌ها نمایش داده نشده است). بیشترین گوناگونی به‌ترتیب در ویژگی‌های طول ساقه، طول پهنک، طول دم میوه، عرض پهنک، طول و قطر میوه، نسبت طول به قطر میوه، شکل میوه در برش طولی و شدت

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.2.3]

رنگدانه آنتوسیانین گره دیده شد. همان‌طور که در جدول ۳ دیده می‌شود، در ویژگی‌های امتیازدهی، نژادگان‌ها به چند گروه محدود تقسیم‌بندی شدند ولی در ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده، گروه‌بندی‌ها متعدد بود. بیشترین گروه‌بندی در ویژگی‌های طول ساقه، طول و عرض پهنک، طول دم میوه، طول میوه، قطر میوه و نسبت طول به قطر میوه دیده شد ($P<0.01$).

برای گروه‌بندی نژادگان‌ها بر اساس تبدیل داده‌های ریخت‌شناسی به صفر و یک، از ضرایب تشابه تطابق ساده، جاکارد و دایس برای برآورد فاصله ژنتیکی استفاده شد. پس از رسم دندروگرام با هر یک از ضرایب گفته شده، ضریب کوفنتیک (همبستگی بین ماتریس تشابه و دندروگرام به‌دست آمده) در نرم‌افزار NTSYS محاسبه شد. بر این اساس ضریب تشابه جاکارد به‌عنوان بهترین ضریب تشابه و الگوریتم UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic mean) به‌عنوان بهترین الگوریتم خوشه‌بندی بر مبنای ویژگی‌های ریخت‌شناسی مورد استناد قرار گرفتند. بر اساس ماتریس تشابه به‌دست آمده از داده‌های ریخت‌شناسی، ضرایب تشابه بین نژادگان‌های مورد بررسی بین ۰/۲۶ تا ۰/۹۳ متغیر بود. بیشترین شباهت ریخت‌شناسی، بین نژادگان‌های ۱۶ و ۱۷ و نیز بین نژادگان‌های ۱ و ۱۸ (۰/۹۳) که همگی زینتی بودند، دیده شد (شکل ۱). بر اساس دندروگرام نمایش داده شده در شکل ۱، نژادگان‌ها به پنج گروه تقسیم بندی شدند:

گروه اول: نژادگان‌های ۲۴ و ۳۶ که هر دو فلفل دلمه‌ای یکی سبز و دیگری نارنجی بودند با ضریب تشابه ۰/۴۵ در یک گروه قرار گرفتند. گروه دوم: نژادگان‌های ۲، ۱۰، ۳، ۵، ۲۶، ۶، ۱۲، ۲۸، ۷، ۱۵، ۹، ۳۱، ۳۴ و ۲۲ که از رقم‌های مختلف دلمه‌ای و قلمی و بلوکی بودند با هم در یک گروه فرعی قرار گرفته و ضریب تشابه آن‌ها بین ۰/۵۰ تا ۰/۷۴ بود. گروه سوم: نژادگان‌های ۲۵، ۲۹ و ۳۳ در یک گروه قرار داشتند و ضریب تشابه آن‌ها بین ۰/۴۶ تا ۰/۵۰ بود. گروه چهارم: نژادگان‌های ۱۳، ۲۰، ۲۷، ۳۷ و ۲۱ در یک گروه قرار داشتند و ضریب تشابه آن‌ها بین ۰/۴۶ تا ۰/۵۷ بود. گروه پنجم: ۱۳ نژادگان باقی‌مانده در یک گروه قرار داشتند و ضریب تشابه آن‌ها بین ۰/۴۷ تا ۰/۹۳ بود (شکل ۱).

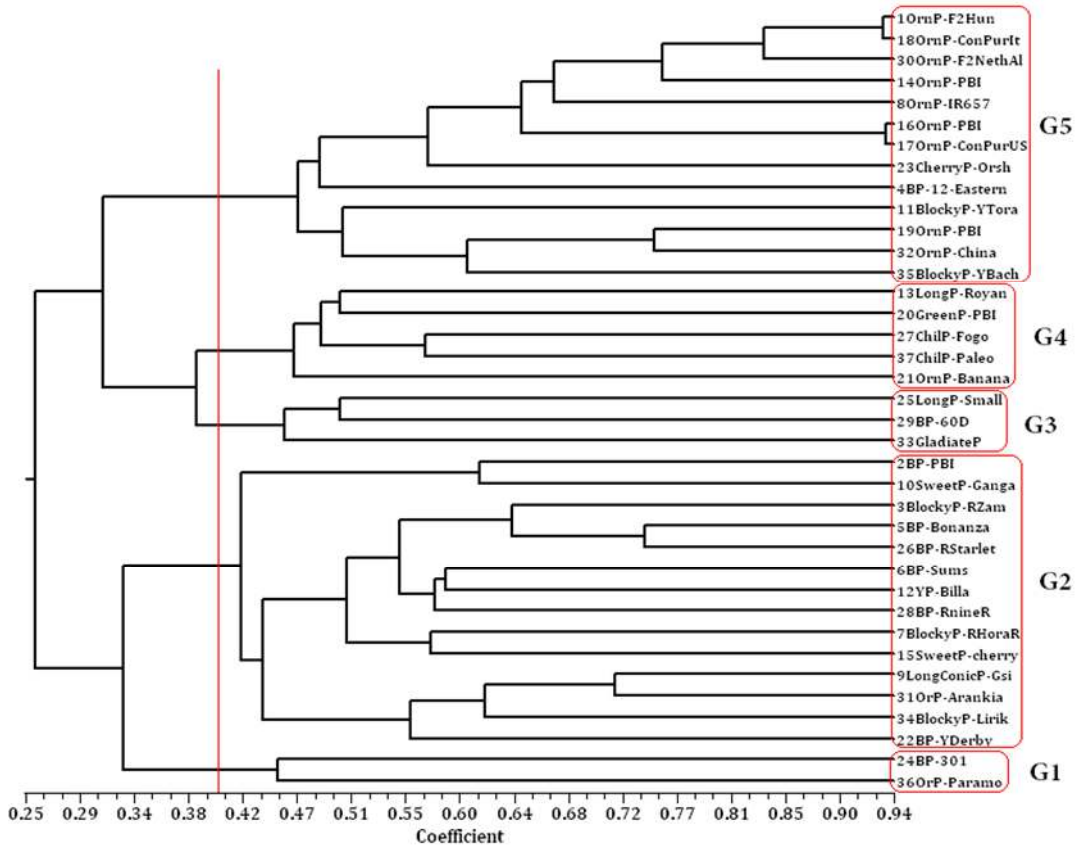

Fig. 1. Cluster analysis obtained from morphological characteristics of 37 tolorance and susceptible to *Phytophthora capsici* genotypes of pepper.

شکل ۱- تجزیه خوشه‌ای به‌دست آمده از ویژگی‌های ریخت‌شناسی در ۳۷ نژادگان فلفل متحمل و حساس به بوته‌میری.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.2.3]

نتیجه‌های تجزیه نشانگرهای ISSR نشان داد ۱۹ آغازگر از ۲۱ آغازگر مورد استفاده در این آزمایش، الگوی نواری مشخص داشتند (شکل ۲) که در مجموع ۱۸۸ نوار نمره‌دهی شد که ۱۸۵ نوار چندشکل بودند. شمار نوارها از ۴ نوار برای آغازگرهای MBP-15 و MBP-19 تا ۱۸ نوار برای آغازگر MBP-21 متغیر بود که نشان‌دهنده توانایی این آغازگرها در جداسازی نژادگان‌ها بود. درصد چندشکلی از ۷۸٪ برای آغازگر MBP-10 با کمترین درصد چندشکلی تا ۱۰۰ درصد برای ۱۷ آغازگر به‌کاررفته با بیشترین درصد چندشکلی متغیر بود و میانگین چندشکلی ۹۸/۵ درصد محاسبه شد (جدول ۴).

میزان شاخص نشانگری (MI)، بین ۲/۰۰ تا ۶/۶۱ متغیر بود و آغازگر MBP-21 با ۶/۶۱ واحد، دارای بیشترین شاخص نشانگری بود که نشان از کارایی بالای این آغازگر در بروز چندشکلی نژادگان‌های مورد مطالعه در این پژوهش بود. میانگین محتوای داده‌های چندشکلی (PIC) ۰/۴۴۹ بود. بیشترین محتوای داده‌های چندشکلی در آغازگرهای MBP-8، MBP-15 و MBP-19 (۰/۴۹۹) و کمترین آن در آغازگر MBP-16 (۰/۳۵۵) دیده شد. بنابراین، آغازگرهای MBP-8، MBP-15 و MBP-19 با بیشترین مقدار PIC، بهتر از بقیه آغازگرها توانستند فاصله ژنتیکی نژادگان‌های مورد مطالعه را مشخص کنند (جدول ۴).

برای گروه‌بندی نژادگان‌ها بر اساس داده‌های مولکولی، از سه ضریب تشابه تطابق ساده، جاکارد و دایس برای برآورد فاصله ژنتیکی استفاده شد. پس از رسم دندروگرام با هر یک از ضرایب گفته شده، ضریب کوفنتیک محاسبه شد که بر این اساس ضریب تشابه جاکارد به‌عنوان بهترین ضریب تشابه و الگوریتم UPGMA به‌عنوان بهترین الگوریتم خوشه‌بندی بر مبنای نشانگرهای ISSR مورد استناد قرار گرفتند. بر اساس ماتریس تشابه مولکولی، ضرایب تشابه بین نژادگان‌های مورد بررسی بین ۰/۳۱ تا ۰/۹۲ متغیر بود. در این رابطه، بیشترین ضریب تشابه بین نژادگان‌های ۲۰ و ۲۱ به‌ترتیب فلفل سبز و فلفل زینتی موزی (۰/۹۲) دیده شد (شکل ۳).

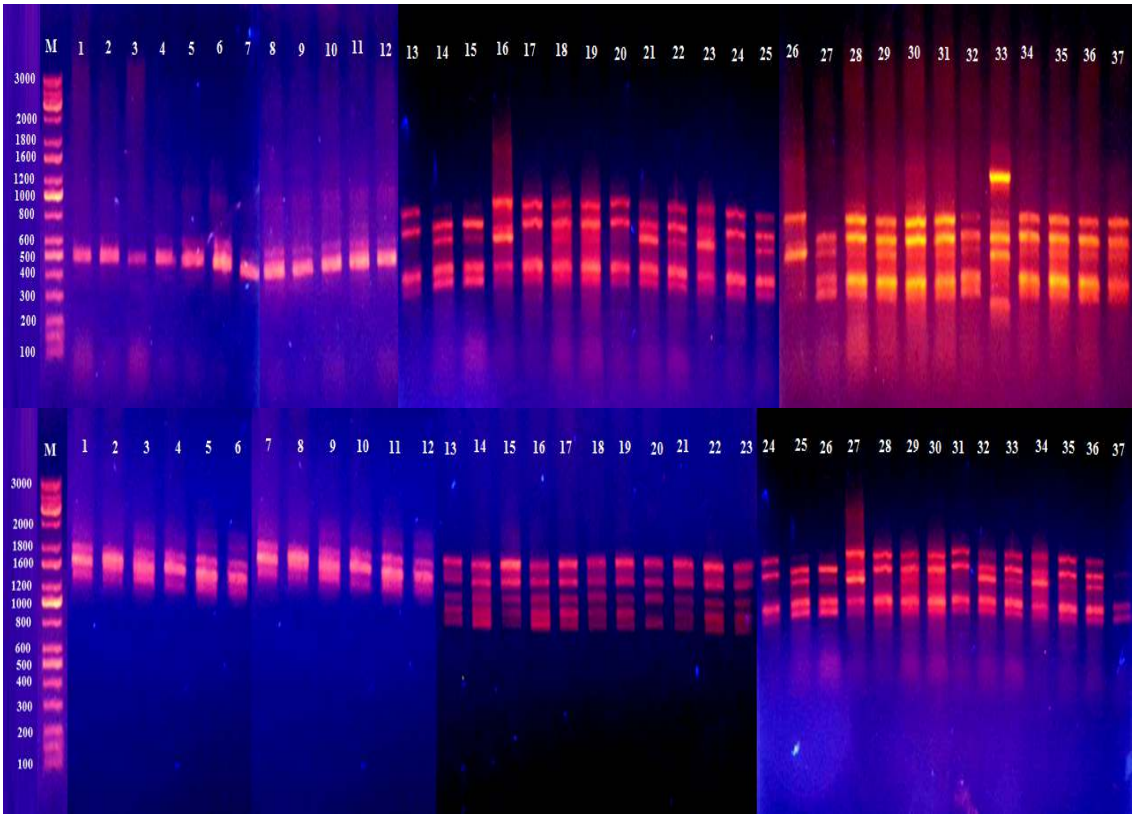

Fig. 2. Banding pattern resulted from LMB-20 (above) and LMB-15 (below) primers. M: Size Marker (100-3000 bp): Lane 1-37: the studied pepper genotypes according to Table 1.

شکل ۲- الگوی نواری به‌دست آمده از آغازگرهای LMB-20 (بالا) و LMB-15 (پایین). M: سایز نشانگر ۳۰۰۰-۱۰۰ جفت‌باز، چاهک‌های ۱ تا ۳۷: نمونه نژادگان‌های مورد بررسی براساس جدول ۱.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.2.3]

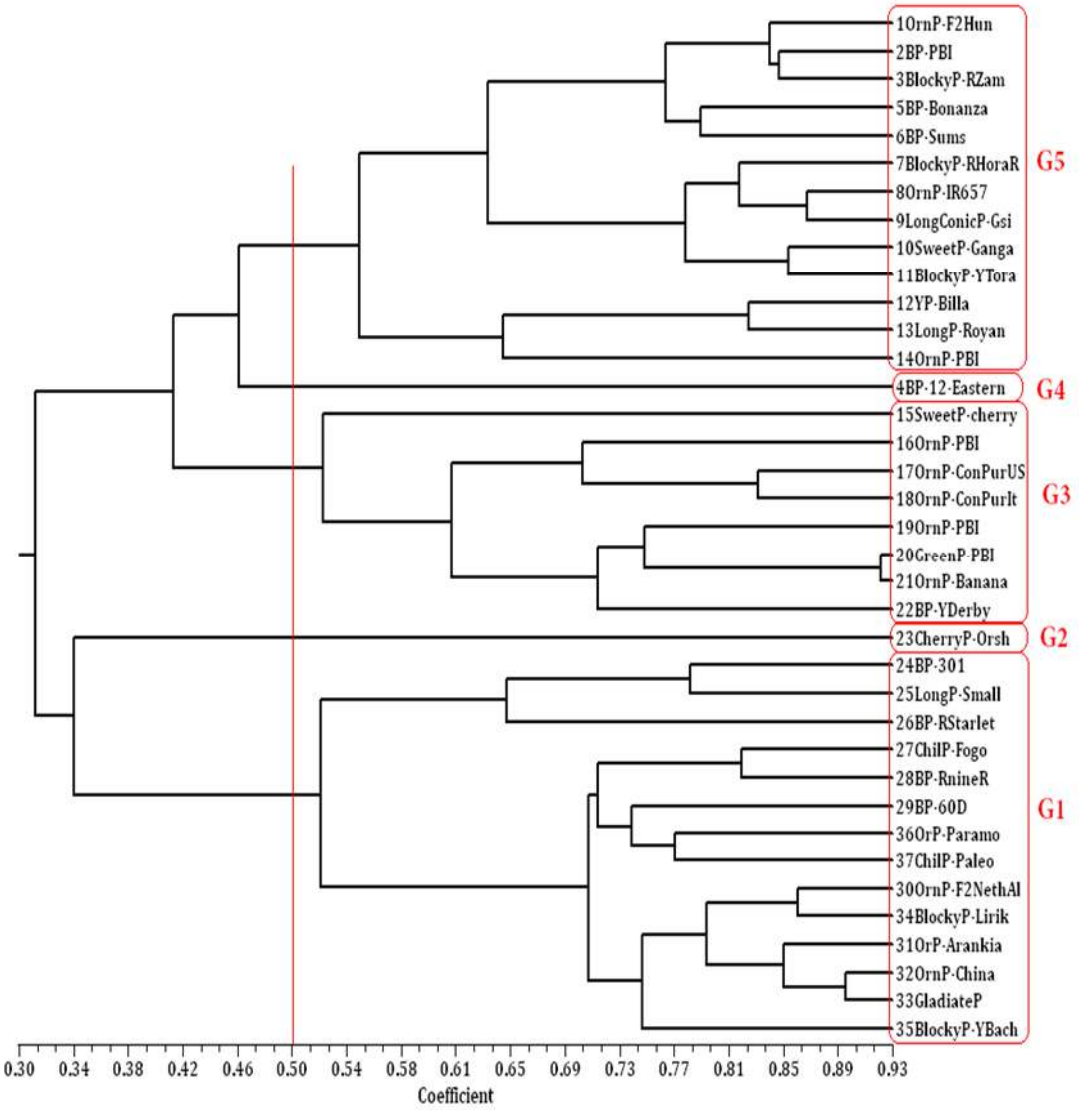

Fig 3. Cluster analysis obtained from polymorphism pattern of 37 tolerance and susceptible pepper genotypes to *Phytophthora capsici* by ISSR markers using NTSYS software and UPGMA algorithm and Jaccard similarity coefficient.

شکل ۳- تجزیه خوشه‌ای به‌دست آمده از الگوی چندشکلی ۳۷ نژادگان فلفل متحمل و حساس به بوته‌میری با استفاده از نشانگرهای ISSR، نرم‌افزار NTSYS، الگوریتم UPGMA و ضریب تشابه جاکارد.

بر اساس دندروگرام شکل ۳، نژادگان‌ها به پنج گروه تقسیم‌بندی شدند: گروه اول: نژادگان‌های ۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۶، ۳۷، ۳۰، ۳۴، ۳۱، ۳۲، ۳۳ و ۳۵ که هر دو گروه فلفل خوراکی و زینتی با ضریب تشابه ۰/۶۵ تا ۰/۹۰ در یک گروه قرار گرفتند. گروه دوم: نژادگان کد ۲۳ به‌تنهایی در این گروه قرار داشت و ضریب تشابه آن با بقیه نژادگان‌ها ۰/۳۱ تا ۰/۳۴ بود. گروه سوم: نژادگان‌های ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱ و ۲۲ در یک گروه قرار داشتند و ضریب تشابه آن‌ها بین ۰/۳۱ تا ۰/۹۲ بود. گروه چهارم: نژادگان کد ۴ به تنهایی در یک گروه قرار داشت و ضریب تشابه آن با بقیه نژادگان‌ها بین ۰/۳۱ تا ۰/۴۶ بود. گروه پنجم: نژادگان‌های ۱، ۲، ۳، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴ در یک گروه قرار داشتند و ضریب تشابه آن‌ها بین ۰/۶۴ تا ۰/۸۷ بود (شکل ۳).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.2.3]

جدول ۴- آماره‌های گوناگونی ژنتیکی نشانگرهای ISSR در نژادگان‌های فلفل با استفاده از ۱۹ آغازگر.

Table 4. Genetic diversity statistics of ISSR markers in pepper genotypes using 19 primers.

ردیف S/No.	کد آغازگر Primer code	شمار کل باند TBN	شمار نوار چندشکل PBN	درصد چندشکلی P %	محتوای داده‌های چندشکلی PIC	شاخص نشانگری MI
1	MBP-2	10	10	100	0.413	4.13
2	MBP-3	6	6	100	0.479	2.87
3	MBP-4	10	10	100	0.498	4.98
4	MBP-6	11	11	100	0.469	5.16
5	MBP-7	11	11	100	0.412	4.53
6	MBP-8	10	10	100	0.499	4.99
7	MBP-9	10	10	100	0.446	4.46
8	MBP-10	9	7	78	0.482	3.37
9	MBP-11	14	13	93	0.458	5.95
10	MBP-12	11	11	100	0.406	4.47
11	MBP-13	9	9	100	0.440	3.96
12	MBP-14	8	8	100	0.431	3.45
13	MBP-15	4	4	100	0.499	2.00
14	MBP-16	13	13	100	0.355	4.62
15	MBP-17	10	10	100	0.454	4.54
16	MBP-18	12	12	100	0.496	5.95
17	MBP-19	4	4	100	0.499	2.00
18	MBP-20	8	8	100	0.427	3.42
19	MBP-21	18	18	100	0.367	6.61
میانگین Mean		9.9	9.7	98.5	0.449	4.29
کل Total		188	185	-	-	-

TBN: Total Band Number, PBN: Polymorphic Band Number, P%: Polymorphism Percent, PIC: Polymorphism Information Content, MI: Marker Index.

نتیجه‌های به‌دست‌آمده از آزمون تجزیه به مولفه‌های اصلی نیز تا حد زیادی همسو با نتیجه‌های به‌دست‌آمده از نشانگرهای ISSR بود و نژادگان‌های مورد بررسی به پنج گروه دسته‌بندی شدند (شکل ۴). هیچ رابطه معنی‌داری بین نشانگرهای ریخت‌شناسی و مولکولی در این پژوهش دیده نشد ($r=0.020^{ns}$).

در گروه‌بندی نژادگان‌ها براساس تلفیق داده‌های ریخت‌شناسی، مولکولی و واکنش به بیماری بوته‌میری ناشی از قارچ *Phytophthora capsici*، دندروگرام نمایش داده شده در شکل ۵ به‌دست آمد. طبق این دندروگرام، نژادگان‌ها در سه گروه اصلی قرار گرفتند. در گروه اول، همه نژادگان‌های متحمل و نیمه‌متحمل، در گروه دوم همه نژادگان‌های حساس و در گروه سوم همه نژادگان‌های نیمه‌حساس قرار گرفتند. حضور نژادگان متحمل کد ۳۷ در گروه نیمه‌حساس‌ها نشان داد که این نژادگان با وجود تفاوت در واکنش به بیماری بوته‌میری نسبت به بقیه هم‌گروه‌های خود، از نظر ژنتیکی و ریخت‌شناسی شباهت‌های بسیار زیادی به نژادگان‌های نیمه‌حساس داشت (شکل ۵).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.2.3]

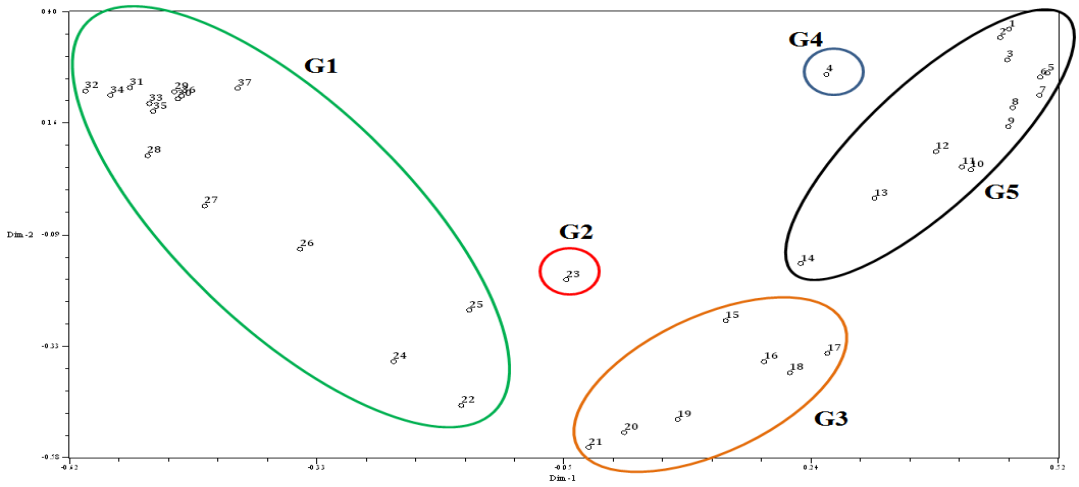

Fig. 4. Two-dimensional diagram for principal coordinate analysis in pepper genotypes using ISSR markers. G1, G2, G3, G4 and G5: Genotype grouping.

شکل ۴- دیاگرام به‌دست آمده از تجزیه به مولفه‌های اصلی در نژادگان‌های فلفل با استفاده از نشانگرهای ISSR (G1 تا G5: گروه‌بندی نژادگان‌ها).

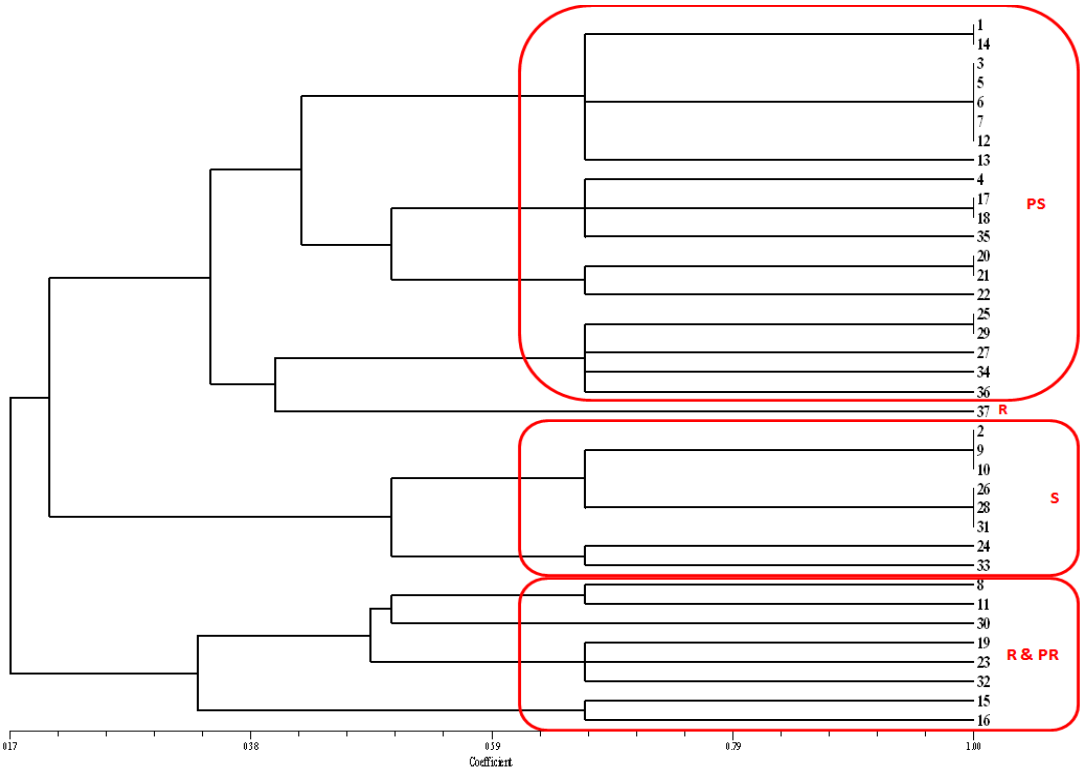

Fig. 5. Dendrogram designed for 37 ornamental and edible pepper genotypes using combined data from ISSR and morphological markers as well as grouping based on tolerance to *Phytophthora capsici* based on UPGMA algorithm and Dice similarity coefficient. R: Resistant, S: Susceptible, PR: Partially Resistant, PS: Partially Susceptible.

شکل ۵- دندروگرام طراحی‌شده برای ۳۷ نژادگان زینتی و خوراکی فلفل با ترکیب داده‌های به‌دست آمده از نشانگرهای ریخت‌شناسی و ISSR و هم‌چنین گروه‌بندی براساس تحمل به بوته‌میری با استفاده از الگوریتم UPGMA و ضریب تشابه دایس (R: متحمل، S: حساس، PR: نیمه‌متحمل، PS: نیمه‌حساس).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.2.3]

بحث

در بین ویژگی‌های ریخت‌شناسی مورد بررسی، برخی ویژگی‌ها بیشترین گوناگونی را در بین نژادگان‌ها نمایان کردند که از آن جمله می‌توان به ویژگی‌های طول ساقه، طول پهنک، طول دم میوه، عرض پهنک، طول و قطر میوه، نسبت طول به قطر میوه، شکل میوه در برش طولی و شدت رنگدانه آنتوسیانین گره اشاره کرد. شاخص شکل پهنک از جمله ویژگی‌هایی بود که گوناگونی چشمگیری در بین نژادگان‌ها نشان نداد. در گزارشی، Dias و همکاران (۸) نیز بیان نمود که در استفاده از شاخص شکل برگ جداسازی چشمگیری بین نژادگان‌های فلفل مشاهده نشد.

نژادگان‌ها از نقطه نظر رنگ و شکل میوه به ۲ تا ۷ گروه تقسیم شدند. فلفل‌ها گوناگونی زیادی در رنگ و شکل میوه از خود نشان می‌دهند (۱۶). در بررسی گوناگونی بین گونه‌ها و رقم‌های فلفل، گوناگونی زیادی از نظر رنگ و شکل بین آن‌ها دیده شد (۸). با این حال، گزارش شده است که هم‌پوشانی نزدیکی بین ویژگی‌های ریخت‌شناسی گونه‌های مختلف فلفل وجود دارد که منجر به شناسایی آن‌ها به‌عنوان یک گونه مرکب توسط پژوهشگران شده است (۲۵). Albrecht و همکاران (۴) گزارش کردند در بین ۴۰ ویژگی ریخت‌شناسی مورد بررسی، ویژگی‌های قطر میوه و طول دم میوه بیشترین سهم را در جداسازی بین نژادگان‌های وحشی و اهلی‌شده فلفل داشتند که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. در پژوهش حاضر نیز نژادگان‌های مورد بررسی از نظر قطر میوه و طول دم میوه به‌ترتیب به ۸ و ۱۲ گروه تقسیم‌بندی شدند. گوناگونی زیاد قابل دیدن در بین نژادگان‌های مورد بررسی از نظر ارتفاع بوته در پژوهش حاضر با یافته‌های Hasan و همکاران (۱۱) همخوانی داشت. آن‌ها نیز در بررسی گوناگونی ژنتیکی برخی نژادگان‌های فلفل تند، بیشترین واگرایی را در ویژگی ارتفاع بوته دیدند.

گوناگونی بالای دیده‌شده در طول و قطر میوه و شاخص شکل میوه در پژوهش حاضر با یافته‌های Cebula و همکاران (۶) روی رقم‌های مختلف فلفل شیرین مطابقت دارد. در بررسی گوناگونی ریخت‌شناسی نژادگان‌های مختلف فلفل در مکزیک گزارش شد در ویژگی‌های طول و قطر و شاخص شکل میوه، طول و عرض برگ، ارتفاع بوته و تراکم شاخساره بیشترین گوناگونی بین نژادگان‌ها دیده شد (۲۴). این نتیجه‌ها با یافته‌های به‌دست‌آمده در پژوهش حاضر همخوانی دارد به‌طوری که در پژوهش حاضر نیز گوناگونی بالایی در ویژگی‌های یاد شده بین نژادگان‌های مورد بررسی دیده شد. گزارش شده است که موقعیت گل، وضعیت کلاله، رنگ میوه رسیده، میزان تندی، ارتفاع بوته و شکل میوه از مهم‌ترین ویژگی‌هایی هستند که بیشترین گوناگونی را بین نژادگان‌های فلفل ایجاد نمودند (۱۵). همچنین ویژگی‌های ارتفاع بوته، ضخامت ساقه و طول میوه را به‌عنوان ویژگی‌های مفید برای انتخاب نژادگان‌های پرمحصول فلفل در برنامه‌های به‌نژادی معرفی شده است (۲۰). از طرفی Geleta و همکاران (۱۰) فقط در ویژگی اندازه میوه بین نژادگان‌های فلفل مورد بررسی گوناگونی دیدند. در مورد ویژگی‌های ریخت‌شناسی، پژوهشگران دیگر نیز ویژگی‌های مختلفی مانند عملکرد میوه در هر بوته، شمار میوه در هر بوته و ارتفاع بوته را در ایجاد گوناگونی در فلفل گزارش نموده‌اند (۱۲).

نتیجه‌های به‌دست آمده از نشانگرهای ISSR نشان داد بیشترین محتوای داده‌های چندشکلی در آغازگرهای MBP-8، MBP-15 و MBP-19 (۰/۴۹۹) و کمترین آن در آغازگر MBP-16 (۰/۳۵۵) دیده شد. در استفاده از آغازگر MBP-1 با توالی $CG(A)_7$ هیچ‌گونه نواری تکثیر نشد. بر خلاف این نتیجه‌ها، Dias و همکاران (۸) در استفاده از این آغازگر ۲۵ نوار دیدند که ۲۴ نوار آن چندشکل بودند. شاید کوتاه‌بودن طول این آغازگر مانع از اتصال آن شده و امکان تکثیر قطعه‌های مورد نظر فراهم نشده باشد. از سویی، در پژوهش Dias و همکاران (۸) استفاده از آغازگر MBP-19 با توالی $(GT)_8CTC$ هیچ‌گونه چندشکلی به‌همراه نداشت. اما، در پژوهش حاضر، ۴ نوار تکثیرشده توسط این آغازگر همگی چندشکل بودند. مشابه با یافته‌های پژوهشی (۲۱) در خصوص دیده شدن ۱۰۰ ٪ چندشکلی در استفاده از آغازگر MBP-15 با توالی $(GACA)_3GC$، در پژوهش حاضر نیز این آغازگر ۱۰۰ درصد چندشکلی نشان داد. در مجموع، ۹۸/۴ درصد چندشکلی با استفاده از آغازگرهای به کار رفته در پژوهش حاضر دیده شد. درصد چندشکلی در یافته‌های دیگر پژوهشگران مانند Dias و همکاران (۸) و Ahmed (۳) نیز بالا (به ترتیب، ۹۱/۲٪ و ۶۰٪) گزارش شده است.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.2.3]

نبود رابطه معنی‌دار بین نشانگرهای ریخت شناسی و مولکولی در این پژوهش ($r=0.020^{ns}$)، در گزارش دیگر پژوهشگران روی فلفل نیز وجود دارد. به‌طور مشابه، Dias و همکاران (۸) نیز ارتباط معنی‌داری بین داده‌های به‌دست آمده از نشانگرهای ISSR و ویژگی‌های کالبدشناسی گیاه ندیدند. آن‌ها، نشانگرهای ISSR را برای تشخیص سطح‌های بالایی از چندشکلی در بین نژادگان‌های مختلف فلفل مناسب معرفی کردند. اما، این نشانگرها نتوانستند نشان دهنده ویژگی‌های کالبدشناسی گیاه باشند. در مقابل، ارتباط معنی‌داری بین ویژگی‌های ریخت‌شناسی و مولکولی (RAPD) نژادگان‌های فلفل گزارش شده است (۷).

موفقیت در جداسازی بین نژادگان‌های فلفل با استفاده از نشانگرهای ISSR در پژوهش حاضر، با یافته‌های دیگر پژوهشگران نیز همخوانی دارد (۱۴) که به‌طور موفقیت‌آمیزی توانستند با استفاده از نشانگرهای ISSR همانند نشانگرهای AFLP و RAPD، گوناگونی ژنتیکی و ارتباط فیلوژنتیکی بین نژادگان‌های مختلف فلفل را بسنجند.

جداسازی ایجادشده بین نژادگان‌های مورد بررسی، با استفاده از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی (PCA) به‌طور دقیق گروه‌بندی انجام‌شده با استفاده از نشانگرهای ISSR را تأیید نمود. هماهنگی بین نتیجه‌های به‌دست‌آمده از نشانگرهای ISSR و تجزیه به مولفه‌های اصلی، در گزارش دیگر پژوهشگران نیز دیده شده است (۲۱).

نتیجه‌گیری

نشانگرهای مولکولی ISSR و ریخت‌شناسی، ابزار قدرتمندی برای تشریح گوناگونی و شباهت ژنتیکی میان نژادگان‌های مختلف فلفل مورد بررسی بودند. ارتباط ژنتیکی و گوناگونی دیده‌شده بین نژادگان‌های فلفل برای برنامه‌های بهنژادی کنونی و آتی برای انتخاب والدین مناسب مفید هستند. از میان نژادگان‌های مورد بررسی نژادگان‌های ۱۱، ۱۹، ۲۳، ۳۲ و ۳۷ متحمل بودند که همه این رقم‌ها به‌جز رقم کد ۳۷ در یک گروه ریخت‌شناسی و همگی در چهار گروه ژنتیکی متفاوت قرار گرفتند. در پایان پیشنهاد می‌شود بررسی تحمل به بیماری بوته‌میری بین ژنوتیپ‌های مختلف فلفل، به روشنی در دو مرحله نشایی و بلوغ انجام شود. پژوهش با هدف سنجش گوناگونی ژنتیکی نژادگان‌های فلفل متحمل و حساس به بوته‌میری *P. capsici* و ارزیابی رابطه ژنتیکی آن‌ها با استفاده از روش‌های تجزیه ریخت‌شناسی و مولکولی شامل نشانگرهای ISSR و در پایان انتخاب نژادگان‌های مستعد برای پیشرفت برنامه‌های بهنژادی آتی الزامی به نظر می رسد. در پژوهش حاضر، می‌توان از ژن‌های جدید مقاومت جهت انتخاب استراتژی‌های مناسب مدیریت بیماری و بهنژادی در مقابل *P. capsici* از طریق دورگ‌گیری یا انتقال ژن توسط سیستم اگروباکتریوم و تکنیک‌های مرسوم فیزیکی و شیمیایی استفاده شود. شامل ژن‌های XLOC_023615، XLOC_004633، XLOC_021386، XLOC_021200 و XLOC_021757 که به‌طور موثری می‌تواند برای تفکیک ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به بیماری بوته‌میری ناشی از *P. capsici* مورد استفاده قرار گیرند.

منابع References

۱. ارشاد، ج. و ه. منفرد. ۱۳۵۴. بررسی بوته میری فلفل در ایران. بیماری های گیاهی، ۱۱: ۲۹-۲۱.

۲. قلی‌طلوعی، س.، ا. باباطاهری، ی. قوستا و م. صدقی. ۱۳۸۸. جداسازی، تشخیص و بررسی بیماری‌زایی عوامل قارچی پوسیدگی ریشه و طوقه فلفل در استان آذربایجان غربی. مجله دانش کشاورزی، ۱۹(۲): ۱۱۸-۱۱۰.

3. Ahmed, S.M. 2013. Inter-simple sequence repeat (ISSR) markers in the evaluation of genetic polymorphism of Egyptian *Capsicum* L. hybrids. Afr. J. Biotechnol. 12(7): 665-669.
4. Albrecht, E., D. Zhang, A.D. Mays, R.A. Saftner and J.R. Stommel. 2012. Genetic diversity in *Capsicum baccatum* is significantl influenced by its eco-geographical distribution. BMC Genet. 13:68 doi: 10.1186 /1471-2156-13-68.
5. Anonymous. 2006. National guideline for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability in Sweet pepper, Hot pepper, Paprika and Chili. Seed and Plant Certification and Registration Institute, 55 p.
6. Cebula, S., A. Jakubas, A. Sekara, A. Kalisz and A. Pohl. 2015. The relationship between morphological features and nutritive value of sweet Pepper fruits. Acta Sci. Pol. Hortorum. Cultus. 14(4):79-91.
7. Costa, F.R., T.N.S. Pereira, C.P. Sudre and R. Rodrigues. 2009. RAPD markers and morpho-agronomic traits in determining genetic diversity among chili peppers and sweet peppers. Cienc. Rural. 39: 696-704.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.2.3]

8. Dias, G.B., V.M. Gomes, T.M.S. Moraes, U.P. Zottich, G.R. Rabelo, A.O. Carvalho, M. Moulin, L.S.A. Goncalves, R. Rodrigues and M. Da-Cunha. 2013. Characterization of *Capsicum* species using anatomical and molecular data. Genet. Mol. Res. 12(4): 6488-6501.
9. Esfahani, M.N., M. Chatraee, S. Shafizadeh and S. Jalaji. 2012. Evaluation of resistance of cucurbit and cucumber cultivars to *Phytophthora drechsleri* in Greenhouse. Iranian Seed and Plant Improv. J. 28(3): 407-417.
10. Geleta, L.F., M.T. Labuschagne and C.D. Viljoen. 2005. Genetic variability in Pepper (*Capsicum annuum* L.) estimated by morphological data and amplified fragment length polymorphism markers. Biod.Cons. 14: 2361-2375.
11. Hasan, M.J., M.U. Kulsum, M.Z. Ullah, M.M. Hossain AND M.E. Mahmud. 2014. Genetic diversity of some Chili (*Capsicum annuum* L.) genotypes. Int. J. Agri. Res. Innov. Tech. 4(1): 32-35.
12. Ibrahim, M., V.M. Ganiger and S.T. Yenjerappa. 2001. Genetic variability, heritability, genetic advance and correlation studies in chilli. Karnataka J. Agri. Sci. 14: 784-787.
13. Jiang, Y. and J.P. Liu. 2011. Analysis of genetic diversity of *Piper* spp. in Hainan Island (China) using inter-simple sequence repeat ISSR Markers. Afr. J. Biotechnol. 10(66): 14731-14737.
14. Kumar, L.D., M. Kathirvel, G.V. Rao and J. Nagaraju. 2001. DNA profiling of disputed chilli samples (*Capsicum annum*) using ISSR-PCR and FISSR-PCR marker assays. Forensic Sci. Int. 116(1): 63-68.
15. Padilha, H.K., E.E. Sosinski and R.L. Barbieri. 2016. Morphological diversity and entropy of peppers (*Capsicum baccatum* and *Capsicum chinense*, Solanaceae). Int. J. Current Res. 8(12): 42758-42766.
16. Patel, A.S., N. Sasidharan, G.V. Ashish and K. Viny. 2011. Genetic relation in *Capcicum annum* [L.] cultivars through microsatellite markers: SSR and ISSR. Electronic J. Plant Breed. 2(1):67-76.
17. Rana, M., R. Sharma, P. Sharma, S.V. Bhardwaj and M. Sharma. 2014. Estimation of genetic diversity in *Capsicum annuum* L. germplasm using PCR-based molecular markers. Natl. Acad. Sci. Lett. 37(3): 295-301.
18. Refaat, M.H. and H.A.S. Elgarhy. 2007. Relationship between hybrid performance and genetic diversity based on ISSR-PCR markers in Pepper (*Capsicum annuum*. L.). Ann. Agri. Sci. 45:1565-1579.
19. Rogers, O.S. and A.J. Bendich. 1998. Extraction of DNA plant tissue, plant molecular. In: Gelvin SB, Schilpe RA, Verna DS (ed.): Plant Mol. Biol. Manual. pp. A6:1-10. Kluwer Academic Publishers, Dordecht.
20. Saleh, B.K., R.W. Kasili, E.G. Mamati, W. Araia1 and A.B. Nyende. 2016. Diversity of Pepper (*Capsicum* spp.) genotypes from Eritrea assessed by morphological traits. J. Agri. Sci. 8(4): 156-168.
21. Sheeja, T.E., G. Uma, B. Sasikumar, K.V Saji and P.R. Rahul. 2013. Genetic diversity study in *Piper* spp. using inter simple sequence repeat (ISSR) markers. J. Spices Arom. Crops, 22(2): 111-119.
22. Thabuis, A., V. Lefebvre, G. Bernard, A.M. Daubeze, T. Phaly, E. Pochard and A. Palloix. 2004. Phenotypic and molecular evaluation of a recurrent selection program for a polygenic resistance to *Phythophthora capsici* in pepper. TheoR. Appl. Genet. 109: 342-351.
23. Thul, S.T., M.P. Darokar, A.K. Shasany and S.P.S. Khanuja. 2012. Molecular profiling for genetic variability in *Capsicum* species based on ISSR and RAPD markers. Mol. Biotechnol. 51(2): 137-147.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.2.3]

24. Velazquez-Ventrua, J.C., C. Márquez-Quiroz, E. delaCruz-Lázaro, R. Osorio-Osorio and P. Preciado-Rangel. 2018. Morphological variation of wild peppers (*Capsicum* spp.) from the state of Tabasco, Mexico. Emirates J. Food Agri. 30(2): 115-121.
25. Xuejun, C., C. Zhifang, C. Jingfeng, L. Qunfeng and G. Hong. 2007. Genetic diversity of pepper germplasm with RAPD, ISSR and phenotypic data. Acta Bot. Sin. 27(4): 584-587.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.2.3]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 20 (3): 321 – 336 (2019)
Research article

Morpho-Genetic Diversity of Tolerance and Susceptible Ornamental and Edible Pepper Genotypes against Damping-Off Disease (*Phytophthora capsici*)

L. Mohammad Bagheri, M. Nasr-Esfahani*, V. Abdossi and D. Naderi[1]

Pepper (*Capsicum* sp.) with numerous variations having abundant utilizations such as ornamental, food and pharmaceutical aspects. In this research, the genetic diversity of 37 resistant and susceptible ornamental and edible pepper genotypes to damping-off disease, caused by *Phytophthora capsici*, was analyzed by 47 morphological attributes and 20 ISSR primers. Results of ISSR assay indicated that 19 primers out of 20 primers produced scorable polymorphic bands. Totally, 188 bands were produced, which 185 bands were polymorphic. The polymorphism mean percent (P%) in ISSR markers was 98.5% and on average, 9.9 bands were produced using each primer. Polymorphism percent varied from 78% to 100%. Average of polymorphism information content (PIC) was 0.449. Based on the results of ISSR analysis, the genotypes were divided into five main groups. Morphological attributes also divided the genotypes into five distinct groups. Correlation between molecular and morphological similarity coefficients was non-significant. The screening results of resistance to damping-off disease demonstrated that five genotypes including 11BlockyP-YToran, 19OrnP-PBI, 23CherryP-Orsh, 32OrnP-China and 37ChilP-Paleo, which have the lowest mortality at seedling and maturity stages, were belong to ornamental and long peppers groups. The correlation coefficient of genetic diversity and resistant of the related genotypes to damping-off, *Phytophthora capsici* clustered the five resistant genotypes except 37ChilP-Paleo in one morphological group and all five genotypes were placed in four different molecular groups.
Keywords: Bell pepper, *Capsicum* sp., ISSR, Morphology, *Phytophthora*.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.3.2.3]

1. Ph.D. Student, Department of Horticultural Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Associate Professor of Plant Protection, Research Department of Agriculture and Natural Resource Research and Education Center of Esfahan, AREEO; Assistance Professor of Department of Horticultural Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, and Associate Professor of Horticulture Department and Member of Young Researchers Club, Islamic Azad University, Isfahan (Khorasgan) Branch, Iran, respectively.
* Corresponding author, Email: (mne2011@gmail.com).