DOI: 10.22092/spj.2024.364264.1335

"نهال و بذر"
جلد ۳۹، شماره ۳، سال ۱۴۰۲

مقاله پژوهشی

تنوع ژنتیکی برای عملکرد میوه و صفات مرتبط با آن در ژنوتیپ‌های بادمجان

Genetic Diversity for Fruit Yield and Yield-Related Traits in Eggplant Genotypes

ابراهیم پارسا اردکانی[۱]، مریم گل آبادی[۲]، ولی اله محمدی[۳]*، محمدرضا بی همتا[۴] و حسین صارمی[۵]

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲- دانشیار، گروه کشاورزی-مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان)، ایران.
۳- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۴- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۵- استاد، گروه گیاهپزشکی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۸

چکیده

پارسا اردکانی، ا.، گل آبادی، م.، محمدی، و.، بی همتا، م. ر. و صارمی، ح. ۱۴۰۲. تنوع ژنتیکی برای عملکرد میوه و صفات مرتبط با آن در ژنوتیپ‌های بادمجان. **نهال و بذر ۳۹:** ۳۳۶-۳۰۷

به منظور بررسی تنوع ژنتیکی برای عملکرد میوه و صفات مرتبط با آن در ۸۶ ژنوتیپ بادمجان شامل ارقام محلی و تجاری مورد استفاده کشاورزان ایران، آزمایشی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در زمستان ۱۳۹۸ در داخل گلخانه شرکت نگین بذر دانش، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان) اجرا شد. عملکرد میوه در گیاه، تعداد میوه در گیاه، وزن میوه، ارتفاع گیاه، طول میوه، عرض میوه، تعداد میان‌گره و فاصله میان‌گره ژنوتیپ های بادمجان اندازه گیری و مورد ارزیابی قرار گرفت. دامنه عملکرد، تعداد میوه و وزن میوه درگیاه برای ژنوتیپ‌ها به ترتیب از ۶۰/۳ گرم تا ۵۱۵۱ گرم در گیاه، ۱/۲۳ الی ۳۹ میوه در گیاه و ۱۴/۳ گرم تا ۳۸۷/۹ گرم در گیاه متغیر بود. تجزیه واریانس داده ها نشان داد ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه صفات اندازه گیری شده تفاوت معنی‌داری داشتند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد رقم سابل بیشترین عملکرد میوه را داشت. پس از آن ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۲ و ۵ به ترتیب در گروه دوم قرار گرفتند و بین آنها تفاوت معنی دار وجود نداشت. ژنوتیپ‌های شماره ۷۶، ۷۲ ، ۷۰ ، ۷۴ و ۶۶ به ترتیب کمترین عملکرد میوه را داشتند و بین آنها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد سه عامل مستقل از هم، مجموعاً ۶۳ درصد از تغییرات را توجیه کردند. تجزیه خوشه‌ای به روش وارد (Ward)، ژنوتیپ‌های بادمجان ارزیابی شده را در چهار گروه متفاوت قرار داد.به طوری که این نتایج تا حد زیادی با عملکرد میوه همخوانی داشتند. رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که سه صفت تعداد میوه در گیاه، وزن میوه و عرض میوه بیشترین تأثیر را بر روی عملکرد میوه داشتند. تجزیه مسیر نیز نشان داد وزن میوه و تعداد میوه بر روی عملکرد میوه تأثیر مستقیم داشتند و تأثیر غیرمستقیم این صفات چندان قابل‌توجه نبود. از نتایج این پژوهش می‌توان در برنامه های بهنژادی بادمجان برای تولید جمعیت های اولیه و انتخاب لاین خالص و ارقام جدید استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: بادمجان، تعداد میوه در گیاه، وزن میوه، عملکرد میوه در گیاه، ژرم‌پلاسم.

* نگارنده مسئول: vmohammadi@ut.ac.ir تلفن: ۰۲۶۳۲۲۴۶۰۷۴

مقدمه

بادمجان (*Solanum melongena* L., 2n = 2x = 24) پنجمین سبزی مهم اقتصادی جهان است و از نظر سطح زیر کشت و تولید چهارمین محصول گلخانه‌ای پس از خیار، گوجه و فلفل می‌باشد و نقش مهمی در صادرات و بازار داخلی دارد (Anonymous, 2022). بادمجان منبع خوبی از مواد معدنی و ویتامین‌ها است و از نظر ارزش غذایی می‌توان آن را با گوجه‌فرنگی مقایسه کرد (Naeem and Ugur, 2019).

تنوع ژنتیکی زیادی در بادمجان برای رنگ ساقه، اندازه برگ ، اندازه میوه، شکل میوه، رنگ میوه، عملکرد میوه و سایر صفات وجود دارد.(Meyer *et al*., 2012). برای بهبود کیفیت و عملکرد میوه بادمجان می‌توان از تنوع ژنتیکی در ژرم پلاسم موجود در برنامه‌های بهنژادی استفاده کرد. برای هر برنامه بهنژادی مبتنی بر دورگ گیری، وجود اطلاعات مربوط به ماهیت و میزان تنوع ژنتیکی در ژرم‌پلاسم موجود برای انتخاب کارآمد والدین ضروری است (Farsi and Bagheri, 2006). بهنژادگران گیاهی به مطالعات تنوع ژنتیکی بر اساس صفات کمی و کیفی علاقه‌مند هستند، زیرا با استفاده از روش‌های کم‌هزینه می‌توان به سرعت و به راحتی چنین صفاتی را ارزیابی کرد.

پژوهشگران تنوع ژنتیکی، وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی در ژنوتیپ‌های بادمجان را مورد مطالعه قرار داده اند (Rocha *et al*., 2018; Sharmin *et al*., 2010; Rahman *et al*., 2009). بهنژادگران گیاهی در انتخاب ژنوتیپ‌هایی که علاوه بر داشتن عملکرد میوه بالا دارای تحمل به تنش‌های زنده و محیطی نیز باشند با چالش مواجه هستند. این موضوع نیازمند ابزار پشتیبانی قابل اعتماد برای تصمیم‌گیری است که یکی از این ابزارها بررسی تنوع ژنتیکی در ژرم‌پلاسم موجود است (Devi *et al*., 2015).

دامنجانویچ و همکاران (Damnjanović *et al*., 2022) با بررسی ۲۰ ژنوتیپ بادمجان از نظر صفات مرتبط با عملکرد و همبستگی بین صفات نشان دادند که تفاوت زیادی بین آنها از نظر تنوع فنوتیپی و عملکردی وجود دارد و همچنین بین تعداد میوه در گیاه با عملکرد میوه، بین ارتفاع گیاه و طول میوه، ارتفاع گیاه و وزن میوه و بین عرض میوه و وزن میوه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. در پژوهش دیگری ۳۰ صفت مورفولوژیک در ۶۷ توده بادمجان ترکیه بررسی شد که در بین صفات مورد بررسی رنگ و شکل میوه تنوع بالایی را نشان دادند، در حالیکه میزان تنوع در خصوصیات رویشی کمتر بود (Tümbilen *et al*., 2011).

ادین و همکاران (Uddin *et al*., 2021) برای انتخاب والدین برای برنامه بهنژادی از ۱۳۰ ژرم‌پلاسم محلی بادمجان استفاده کردند. انتخاب آنها با تمرکز بر ۱۴ صفت کیفی و ۱۰ صفت کمی و پارامترهای ژنتیکی

انجام شد. عملکرد در هر گیاه به طور قابل‌توجهی با قطر میوه، تعداد میوه در هر گیاه و ویژگی وزن میوه همبستگی معنی‌داری داشت. در پژوهشی ۱۱ توده بومی بادمجان ایران را در سه سال مورد بررسی قرار گرفت و از بین لاین‌های تولید شده، ۲۲ لاین جهت برنامه‌های بهنژادی معرفی شد (Bagheri *et al.*, 2014).

با توجه به اینکه در حال حاضر تمام ارقام هیبرید تجاری بادمجان که در ایران مورد کشت قرار می‌گیرند وارداتی هستند و کوشش‌ها برای تولید و معرفی ارقام هیبرید ایرانی تاکنون با موفقیت همراه نبوده است، نخستین گام برای بهبود کیفیت و عملکرد میوه و سایر خصوصیات این گیاه جمع‌آوری ژرم‌پلاسم و بررسی تنوع ژنتیکی صفات در آنهاست. بنابراین اهداف این پژوهش عبارت بودند از: ۱- بررسی تنوع ژنتیکی در ژرم‌پلاسم بادمجان کشور ۲- گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها و تعیین روابط بین صفات مرتبط با عملکرد میوه و ۳- انتخاب ژنوتیپ‌های برتر برای انجام دورگ گیری در برنامه‌های بهنژادی بادمجان.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش ۸۶ ژنوتیپ بادمجان که از شرکت‌های معتبر و فروشگاه‌های توزیع نهاده‌های کشاورزی جمع‌آوری وتهیه شده بود، مورد ارزیابی قرار گرفت. خصوصیات ارقام مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است. بذر کلیه ژنوتیپ ها در آذر ۱۳۹۸ در گلخانه (با شرایط دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد در روز و دمای ۱۸ درجه سانتی‌گراد در شب، رطوبت ۶۰ درصد، شدت نور ۳۵۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه و آبیاری قطره‌ای) شرکت نگین بذر دانش واقع در دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان) در سینی نشاء با بستر مخلوط کوکوپیت و پرلیت کشت شد و نشاءها پس از رسیدن به مرحله چهار برگ حقیقی (حدوداً ۳۰ روز پس از کاشت بذر) به گلخانه در بستر خاک انتقال داده شدند.

پیش از انتقال نشاء عملیات خاک‌ورزی لازم شامل شخم، چیزل و اضافه کردن کود و تهیه پشته‌ها با استفاده از تراکتور باغی کمرشکن انجام شد. نحوه اجرای آزمایش به صورت طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار با تعداد ۱۰ بوته برای هر ژنوتیپ بود. هر تکرار حدود ۱۵ خط با فاصله ۱۵۰ سانتی‌متر بین آنها و ۷۰ سانتی‌متر روی خطوط کشت شد. با توجه به یکنواختی شرایط گلخانه تکرارها در کنار یکدیگر قرار گرفتند و جای ژنوتیپ‌ها در داخل تکرارها جابجا شد. آبیاری به صورت قطره‌ای انجام شد. عملیات تغذیه گیاهان همراه با آب آبیاری و محلول‌پاشی به مقدار مورد نیاز انجام شد و در صورت نیاز آفات و بیماری‌ها توسط سمپاشی کنترل شدند.

جدول ۱- نام، منشاء و برخی خصوصیات ژنوتیپ‌های بادمجان مورد مطالعه

Table 1. Name, origin and some characteristics of studied eggplant genotypes

شماره ژنوتیپ Genotype no.	نام ژنوتیپ Genotype name	منشاء Origin	نوع رقم Variety type	شکل عمومی میوه General fruit shape	رنگ پوست Skin color	شماره ژنوتیپ Genotype no.	نام ژنوتیپ Genotype name	منشاء Origin	نوع رقم Variety type	شکل عمومی میوه General fruit shape	رنگ پوست Skin color
1	فنتستیک Fntastic	رکزوان – هلند RZ - Netherland	هیبرید Hybrid	گلابی شکل Pear Shape	مشکی Black	13	محلی سفید Local white	ایتالیا Italy	آزاد گرده افشان Open Pollinated	استوانه‌ای شکل Cylindrical	سفید White
2	10-203	سمینیس – آمریکا Seminis - USA	هیبرید Hybrid	بیضی کشیده Elongated Ellipsoid	مشکی Black	14	کاسپر Casper	ایتالیا Italy	آزاد گرده افشان Open Pollinated	استوانه‌ای شکل Cylindrical	سفید White
3	سالی Sally	رکزوان – هلند RZ - Netherland	هیبرید Hybrid	بیضی کشیده Elongated Ellipsoid	مشکی Black	15	بلک بیوتی-۱ Black Beauty-1	آمریکا USA	آزاد گرده افشان Open Pollinated	کروی Globular	مشکی Black
4	10-725	سمینیس – آمریکا Seminis - USA	هیبرید Hybrid	بیضی کشیده Elongated Ellipsoid	مشکی Black	16	کالیوپ Calliope	هند India	آزاد گرده افشان Open Pollinated	تخم مرغی Ovoid	بنفش روشن Light Purple
5	هادریان Hadrian	سمینیس – آمریکا Seminis - USA	هیبرید Hybrid	چماقی شکل Club Shaped	مشکی Black	17	راویا Ravia	هند India	آزاد گرده افشان Open Pollinated	تخم مرغی Ovoid	قرمز-بنفش Red - Purple
6	پولسار Pulsar	گرینز ولتز – فرانسه Graines Volts - France	هیبرید Hybrid	گلابی شکل Pear Shape	مشکی Black	18	پنتر Panther	هند India	آزاد گرده افشان Open Pollinated	واژ تخم مرغی Obovate	بنفش تیره Dark Purple
7	لیدی Lady	هایزر زادن – هلند Huizer Zaden	هیبرید Hybrid	کروی Globular	مشکی Black	19	فلوریدا مارکت Florida Market	آمریکا USA	آزاد گرده افشان Open Pollinated	واژ تخم مرغی Obovate	مشکی Black
8	گالین Galine	کلاوز – فرانسه Clause	هیبرید Hybrid	گلابی شکل Pear Shape	مشکی Black	20	کالیوپ-۲ Calliope-2	هند India	آزاد گرده افشان Open Pollinated	تخم مرغی Ovoid	بنفش روشن light Purple
9	4819	سمینیس – آمریکا Seminis - USA	هیبرید Hybrid	چماقی شکل Club Shape	مشکی Black	21	محلی هرمزگان Local Hormozgan	هرمزگان – ایران Hormozgan - Iran	آزاد گرده افشان Open Pollinated	استوانه‌ای Cylindrical	مشکی Black
10	بیانکا تونداBianca-Tonda	ایتالیا Italy	آزاد گرده افشان Open Pollinated	تخم مرغی Ovoid	سفید White	22	قلمی کامل مشکی Full Black Long	ژاپن Japan	آزاد گرده افشان Open Pollinated	استوانه‌ای Cylindrical	مشکی Black
11	ویولتا Violetta	ایتالیا Italy	آزاد گرده افشان Open Pollinated	کروی Globular	بنفش Purple	23	قلمی گرانادا Granada	اسپانیا Spain	آزاد گرده افشان Open Pollinated	چماقی شکل Club Shape	مشکی Black
12	محلی سبز Local Green	ایتالیا Italy	آزاد گرده افشان Open Pollinated	استوانه‌ای شکل Cylindrical	سبز Green	24	سبز هندی Indian Green	هند India	آزاد گرده افشان Open Pollinated	تخم مرغی Ovoid	سبز راه راه Striped Green

Table 1. Continued

جدول ۱- ادامه

شماره ژنوتیپ Genotype no.	نام ژنوتیپ Genotype name	منشاء Origin	نوع رقم Variety type	شکل عمومی میوه General fruit shape	رنگ پوست Skin color	شماره ژنوتیپ Genotype no.	نام ژنوتیپ Genotype name	منشاء Origin	نوع رقم Variety type	شکل عمومی میوه General fruit shape	رنگ پوست Skin color
25	ویولتا Violetta	ایتالیا Italy	آزاد گرده افشان Open Pollinated	کروی Globular	بنفش روشن light Purple	37	دستان Destan	انزا – هلند Enza - Netherland	آزاد گرده افشان Open Pollinated	چماقی شکل Club Shape	مشکی Black
26	مروارید گرد Round pearl	ایتالیا Italy	آزاد گرده افشان Open Pollinated	کروی Globular	بنفش روشن light Purple	38	فاسیلیس Phaselis	سمینیس – آمریکا Seminis - USA	آزاد گرده افشان Open Pollinated	چماقی شکل Club Shape	مشکی Black
27	فلورانس Florance	ایتالیا Italy	آزاد گرده افشان Open Pollinated	کروی Globular	مشکی Black	39	1152	سمینیس – آمریکا Seminis - USA	F1	گلابی شکل Pear Shape	مشکی Black
28	سفید ویانسید White Vianseed	آلمان Germany	آزاد گرده افشان Open Pollinated	تخم مرغی Ovoid	سفید White	40	شانتال Chantal	سمینیس – آمریکا Seminis - USA	آزاد گرده افشان Open Pollinated	کروی Globular	مشکی Black
29	هورسان Hoorsun	هورسان بذر – ایران Hoorsun Seed - Iran	آزاد گرده افشان Open Pollinated	کروی Globular	بنفش Purple	41	سهراب Sohrab	عنبری - ایران Anbari - Iran	آزاد گرده افشان Open Pollinated	کروی Globular	مشکی Black
30	یلدا Yalda	عنبری - ایران Anbari - Iran	آزاد گرده افشان Open Pollinated	استوانه‌ای Cylindrical	بنفش Purple	42	بلک بیوتی-۳ Black Beauty-3	برزیل Brazil	آزاد گرده افشان Open Pollinated	واژ تخم مرغی Obovate	مشکی Black
31	بلک بیوتی-۲ Black Beauty-2	ایتالیا Italy	آزاد گرده افشان Open Pollinated	استوانه‌ای Cylindrica	مشکی Black	43	ورامینی Varamini	ورامین – ایران Varamin - Iran	آزاد گرده افشان Open Pollinated	استوانه‌ای Cylindrical	مشکی Black
32	بلکی Blacky	آمریکا USA	آزاد گرده افشان Open Pollinated	کروی Globular	مشکی Black	44	سمبرا Sombra	آنتاریس- اسپانیا Antaris - Spain	هیبرید Hybrid	چماقی شکل Club Shape	مشکی Black
33	لانگ بلک Long Black	وارنا پروسید – هلند Varna Proseed - Netherland	آزاد گرده افشان Open Pollinated	چماقی شکل Club Shape	مشکی Black	45	روناک Ronak	ویلمورین – فرانسه Vilmorin - France	هیبرید Hybrid	استوانه‌ای Cylindrical	مشکی Black
34	قلمی کرمانی Ghalami Kermani	کرمان – ایران Kerman - Iran	آزاد گرده افشان Open Pollinated	استوانه‌ای Cylindrical	مشکی Black	46	محلی اصفهان Local Isfahan	اصفهان – ایران Isfahan - Iran	آزاد گرده افشان Open Pollinated	چماقی شکل Club Shape	مشکی Black
35	محلی شیراز Local Shiraz	شیراز – ایران Shiraz - Iran	آزاد گرده افشان Open Pollinated	واژ تخم مرغی Obovate	مشکی Black	47	قصری Ghasri	پاکان بذر – ایران Pakan Bazr - Iran	آزاد گرده افشان Open Pollinated	واژ تخم مرغی Obovate	مشکی Black
36	لیما Lima	فیتو – اسپانیا Fitto - Spain	هیبرید Hybrid	چماقی شکل Club Shape	مشکی Black	48	دلمه پاکان بذر Dolme Pakan Bazr	اصفهان – ایران Isfahan - Iran	آزاد گرده افشان Open Pollinated	گلابی شکل Pear Shape	مشکی Black

جدول ۱- ادامه

Table 1. Continued

شماره ژنوتیپ Genotype no.	نام ژنوتیپ Genotype name	منشاء Origin	نوع رقم Variety type	شکل عمومی میوه General fruit shape	رنگ پوست Skin color	شماره ژنوتیپ Genotype no.	نام ژنوتیپ Genotype name	منشاء Origin	نوع رقم Variety type	شکل عمومی میوه General fruit shape	رنگ پوست Skin color
49	باگیرا Bagira	گاوریش – رویسه Gavrish - Russa	هیبرید Hybrid	بیضی کشیده Elongate Ellipsoid	مشکی Black	61	بلن Belen	سمینیس – آمریکا Seminis - USA	هیبرید Hybrid	گلابی شکل Pear Shape	مشکی Black
50	ابرکوه Abarkooh	یزد – ایران Yazd - Iran	آزاد گرده افشان Open Pollinated	استوانه‌ای Cylindrical	بنفش Purple	62	زرد هندی Indian Yellow	هند India	آزاد گرده افشان Open Pollinated	واژ تخم مرغی Obovate	زرد Yellow
51	چیتی Cheety	هند India	آزاد گرده افشان Open Pollinated	استوانه‌ای Cylindrical	بنفش Purple	63	قرمز گرد Round Red	هند India	آزاد گرده افشان Open Pollinated	کروی Globular	قرمز Red
52	وایت لانگ White Long	آلمان Germany	آزاد گرده افشان Open Pollinated	واژ تخم مرغی Obovate	سفید White	64	زرد تایلندی Thai Yellow	تایلند Thailand	آزاد گرده افشان Open Pollinated	کروی Globular	زرد Yellow
53	چاه بلند Chah Boland	عنبری - ایران Anbari - Iran	آزاد گرده افشان Open Pollinated	استوانه‌ای Cylindrical	مشکی Black	65	بنفش تایلندی Thai Purple	تایلند Thailand	آزاد گرده افشان Open Pollinated	استوانه‌ای Cylindrical	بنفش Purple
54	قلمی کرج Ghalami Karaj	کرج – ایران Karaj - Iran	آزاد گرده افشان Open Pollinated	استوانه‌ای Cylindrical	مشکی Black	66	گوست باستر Ghost Baster	آمریکا USA	آزاد گرده افشان Open Pollinated	بیضی کشیده Elongated Ellipsoid	سفید White
55	دلمه کرج Dolme Karaj	کرج – ایران Karaj - Iran	آزاد گرده افشان Open Pollinated	کروی Globular	مشکی Black	67	اودامالپ Odamalp	هند India	آزاد گرده افشان Open Pollinated	واژ تخم مرغی Obovate	زرد Yellow
56	E011	ویلمورین – فرانسه Vilmorin - France	هیبرید Hybrid	بیضی کشیده Elongate Ellipsoid	مشکی Black	68	سیاه زیبا Black Beauty	چین China	آزاد گرده افشان Open Pollinated	کروی Globular	مشکی Black
57	E012	ویلمورین – فرانسه Vilmorin - France	هیبرید Hybrid	چماقی شکل Club Shape	مشکی Black	69	گرد مشکی Black Round	ژاپن Japan	آزاد گرده افشان Open Pollinated	کروی Globular	مشکی Black
58	E013	ویلمورین – فرانسه Vilmorin - France	هیبرید Hybrid	چماقی شکل Club Shape	مشکی Black	70	بلک بیوتی چین China Black Beauty	چین China	آزاد گرده افشان Open Pollinated	واژ تخم مرغی Obovate	مشکی Black
59	E014	ویلمورین – فرانسه Vilmorin - France	هیبرید Hybrid	چماقی شکل Club Shape	مشکی Black	71	قلمی تهران Qalami Tehran	تهران – ایران Tehran - Iran	آزاد گرده افشان Open Pollinated	استوانه‌ای Cylindrical	مشکی Black
60	E015	ویلمورین – فرانسه Vilmorin - France	هیبرید Hybrid	چماقی شکل Club Shape	مشکی Black	72	گلاس Glass	هند India	آزاد گرده افشان Open Pollinated	کروی Globular	قرمز Red

جدول ۱- ادامه

Table 1. Continued

شماره ژنوتیپ Genotype no.	نام ژنوتیپ Genotype name	منشاء Origin	نوع رقم Variety type	شکل عمومی میوه General fruit shape	رنگ پوست Skin color	شماره ژنوتیپ Genotype no.	نام ژنوتیپ Genotype name	منشاء Origin	نوع رقم Variety type	شکل عمومی میوه General fruit shape	رنگ پوست Skin color
73	ابلونگ Ablong	هند India	آزاد گرده افشان Open Pollinated	تخم مرغی Globular	سبز Green	80	لانگو Longo	رکزوان – هلند RZ - Netherland	هیبرید Hybrid	چماقی شکل Club Shape	مشکی Black
74	رزا بیانکا Rosa Bianca	ایتالیا Italy	آزاد گرده افشان Open Pollinated	واژ تخم مرغی Obovate	سفید White	81	ملوسینا Melosina	رکزوان – هلند RZ - Netherland	هیبرید Hybrid	بیضی کشیده Elongated Ellipsoid	مشکی Black
75	سفید محلی Local White	اصفهان – ایران Isfahan - Iran	آزاد گرده افشان Open Pollinated	استوانه‌ای Cylindrical	سفید White	82	سابل Sabel	رکزوان – هلند RZ - Netherland	هیبرید Hybrid	کروی Globular	بنفش تیره Dark Purple
76	سبز تایلندی Thai Green	تایلند Thiland	آزاد گرده افشان Open Pollinated	استوانه‌ای Cylindrical	سبز Green	83	کرستی Ceresti	رکزوان – هلند RZ - Netherland	هیبرید Hybrid	بیضی کشیده Elongated Ellipsoid	مشکی Black
77	سفید مصری Egyptian white	مصر Egypt	آزاد گرده افشان Open Pollinated	واژ تخم مرغی Obovate	سفید White	84	آرتوسا Artosa	رکزوان – هلند RZ - Netherland	هیبرید Hybrid	بیضی کشیده Elongated Ellipsoid	سفید White
78	ایمولا Imola	روکالبا سیدز – اسپانیا Rocalba Seeds - Spain	آزاد گرده افشان Open Pollinated	بیضی کشیده Elongated Ellipsoid	سفید White	85	لایر Leire	رکزوان – هلند RZ - Netherland	هیبرید Hybrid	گلابی شکل Pear Shape	بنفش راه راه Striped Purple
79	محلی زاهدان Local Zahedan	زاهدان – ایران Zahedan - Iran	آزاد گرده افشان Open Pollinated	تخم مرغی Ovoid	مشکی Black	86	شاراپووا Sharapova	رکزوان – هلند RZ - Netherland	هیبرید Hybrid	گلابی شکل Pear Shape	مشکی Black

شکل عمومی میوه بر اساس دستورالعمل ملی آزمون های تمایز، یکنواختی و پایداری در بادمجان ارزیابی و تعیین شد.

General fruit shape has been determined using the national guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability in eggplant.

برای اندازه‌گیری صفات، کلیه صفات در هر ۱۰ گیاه در هر تکرار اندازه‌گیری شدند و میانگین آنها برای هر تکرار استفاده شد. اولین برداشت میوه پس از گذشت ۴۰ روز از زمان کشت نشا بود و به طور میانگین هر هفته یک بار از تکرارها نمونه‌برداری انجام شد و این کار تا ۱۰ چین (بیش از دو ماه) انجام گرفت. آخرین روز نگهداری گیاهان ۱۳۰ روز بعد از نشاکاری بود. تعداد میوه و عملکرد میوه در گیاه در طول فصل رشد هر بار پس از برداشت میوه‌ها شمارش و وزن شدند.

سایر صفات صفات ۱۱۰ روز پس از انتقال نشاء به گلخانه برای تمامی ژنوتیپ‌ها مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. ارتفاع گیاه و تعداد میان‌گره از ناحیه طوقه تا جوانه انتهایی اندازه‌گیری و شمارش شدند، برای اندازه‌گیری طول و عرض میوه از هر بوته سه میوه ایده آل انتخاب و برش طولی داده شده و پس از آن طول و عرض میوه اندازه‌گیری شد و میانگین سه میوه برای هر گیاه استفاده شد. برای اندازه‌گیری میانگین فاصله میان‌گره، فاصله بین میان‌گره‌ها از ناحیه طوقه تا جوانه انتهایی در هر گیاه اندازه‌گیری و میانگین آنها محاسبه شد.

برای تجزیه و تحلیل آماری داده ها، ابتدا آزمون نرمال بودن آنها با استفاده از روش آزمون شاپیرو ویلک با نرم‌افزار Minitab 18.1 انجام شد. پس از آن تجزیه واریانس بر اساس موازین طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد توسط نرم‌افزار SAS 9.4 انجام شد. همچنین تجزیه خوشه‌ای براساس فاصله اقلیدوسی به روش وارد (Ward) و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، همبستگی بین صفات و تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام به روش پیرسون توسط نرم‌افزار Minitab 18.1 و تجزیه مسیر به وسیله نرم‌افزار Path 2 انجام شد.

برای تعیین میزان وراثت‌پذیری صفات، واریانس ژنوتیپی بر اساس امید ریاضی میانگین مربعات و با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$\sigma_g^2 = \frac{MS_g - MS_e}{r}$$

که در این رابطه:

$\sigma_g^2 =$ واریانس ژنتیکی

MS_g= میانگین مربعات تیمار

MS_e= میانگین مربعات خطا

r = تعداد تکرار

می باشند.

واریانس فنوتیپی از طریق امید ریاضی میانگین مربعات با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$\sigma_p^2 = \sigma_g^2 + \frac{\sigma_e^2}{r}$$

که در این رابطه:

σ_p^2= واریانس فنوتیپی

$\sigma_e^2 =$ واریانس خطا

می باشند.

وراثت‌پذیری عمومی صفات بر اساس فرمول زیر محاسبه گردید:

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_p^2}$$

نتایج و بحث

آماره های توصیفی و تجزیه واریانس

شناخت و بررسی خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد میوه گیاه بادمجان جهت تعیین اهمیت هر یک از آنها در افزایش عملکرد و استفاده در برنامه‌های به نژادی از اهمیت خاصی برخوردار است. نتایج حاصل از آماره‌های توصیفی (جدول ۲) نشان می‌دهد که دامنه تغییرات برای اکثر صفات مورد مطالعه وسیع بود و این امر وجود تنوع بالا بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را نشان داد. از بین صفات مورد مطالعه، عملکرد میوه با انحراف معیار ۱۰۶۳/۷۹، وزن میوه با ۸۲/۴۸ و طول میوه با ۳۲/۶۲ دارای بیشترین تغییرات بودند و کمترین تغییرات را طول میانگره با انحراف معیار ۲/۱۲ و عرض میوه با ۲/۲۸ به خود اختصاص دادند.

پروهنز و همکاران (Prohens, *et al.*, 2005) در بررسی ۲۸ توده بادمجان گزارش کردند که دامنه تغییرات طول میوه بین ۲۵/۸-۳/۹ سانتی متر و قطر میوه بین ۱۲-۵/۴ سانتی متر بود. همچنین پلیگنانو و همکاران (Polignano *et al.*, 2010) با بررسی ۵۵ توده مختلف بادمجان نشان دادند که میانگین تعداد میوه در هر بوته ۲۶/۲ میوه بود. پلازاس و همکاران (Plazas *et al.*, 2013) با بررسی ۱۸ توده بادمجان را در اسپانیا گزراش کردند که طول میوه بین ۲۳/۶-۷/۶ سانتی‌متر و قطر میوه بین ۶/۴-۴/۹ سانتی‌متر متغیر بود.

تجزیه واریانس واریانس داده ها نشان داد که ژنوتیپ های بادمجان مورد مطالعه از نظر کلیه صفات تفاوت های معنی داری دارند (جدول ۳).

جدول ۲- آماره‌های توصیفی برای صفات مطالعه شده در ژنوتیپ‌های بادمجان

Table 2. Descriptive statistics for studied traits in eggplant genotypes

Trait	صفت	کمینه Minimum	بیشینه Maximum	میانگین Mean
Fruit yield (g plant^{-1})	عملکرد میوه (گرم در گیاه)	60.30	5151.50	1357.69±1063.79
Fruit number plant^{-1}	تعداد میوه در گیاه	1.23	38.11	8.86±5.46
Fruit weight (g plant^{-1})	وزن میوه (گرم در گیاه)	14.37	387.97	172.43±82.48
Plant height (cm)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	115.70	222.79	169.82±25.13
Fruit length (cm)	طول میوه (سانتی‌متر)	2.79	29.75	22.16±32.62
Fruit width (cm)	عرض میوه (سانتی‌متر)	2.86	14.88	6.76±2.28
Number of internode	تعداد میانگره	19.00	38.00	27.61±4.66
Internode length (cm)	طول میانگره (سانتی‌متر)	2.90	15.33	7.99±2.12

جدول ۳- تجزیه واریانس برای صفات مطالعه شده در ژنوتیپ‌های بادمجان

Table 3- Analysis of variance for studied traits in eggplant genotypes

			Mean squares میانگین مربعات							
S.O.V.	منبع تغییرات	درجه آزادی df	عملکرد میوه در گیاه Fruit yield plant^{-1}	تعداد میوه در گیاه Fruit number plant^{-1}	وزن میوه در گیاه Fruit weight plant^{-1}	ارتفاع گیاه Plant height	طول میوه Fruit length	عرض میوه Fruit width	تعداد میانگره Number of internode	طول میانگره Internode length
Replication	تکرار	2	1775583.40**	12.59	3742.98	1.04	0.18	0.29	4.20	1.31
Genotype	ژنوتیپ	85	2288712.70**	99.66**	13558.09**	1277.19**	2152.39**	10.57**	65.99**	13.68**
Error	خطا	170	157215.50	6.66	1357.60	109.04	3.28	0.37	11.12	1.87
C.V. (%)	درصد ضریب تغییرات		29.19	28.92	21.47	6.15	8.18	9.02	12.07	17.11

**: Significant at the 1% probability level.

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رقم سابل بیشترین عملکرد میوه در گیاه را به خود اختصاص داد (جدول ۴). پس از آن ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۲ و ۵ به ترتیب در گروه دوم قرار گرفتند و تفاوت معنی داری بین آنها وجود نداشت. ژنوتیپ‌های شماره ۷۶، ۷۲ ، ۷۰ ، ۷۴ و ۶۶ به ترتیب کمترین عملکرد میوه در گیاه را داشتند و تفاوت معنی‌داری نداشتند. ژنوتیپ های شماره ۱۹ و ۶۴ به ترتیب دارای بالاترین تعداد میوه در گیاه بودند، کمترین تعداد میوه در گیاه مربوط به ژنوتیپ شماره ۷۰ بود که با ۲۵ ژنوتیپ دیگر در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۴).

ژنوتیپ‌های شماره ۷، ۷۰، ۳۹ و ۱۵ به ترتیب بالاترین وزن میوه را داشتند. ژنوتیپ‌های شماره ۷۲، ۶۴، ۶۳ و ۷۳ نیز به ترتیب کمترین وزن میوه را داشتند (جدول ۴). از نظر ارتفاع گیاه، ژنوتیپ‌های شماره ۸۱، ۷، ۶، ۹، ۵۹، ۸۵ و ۸ به ترتیب دارای بلندترین ارتفاع گیاه را دارا بودند. ژنوتیپ‌های شماره ۲۵، ۱۹ و ۲۴ نیز به ترتیب کوتاه ترین ارتفاع گیاه را داشتند (جدول ۴). بیشترین طول میوه به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۲۵ و ۶ بود و کمترین طول میوه نیز به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۴۸، ۶۳ و ۶۲ بود (جدول ۴). ژنوتیپ شماره ۶۴ بیشترین عرض میوه را داشت و ژنوتیپ‌های شماره ۶۲ و ۳ نیز به ترتیب کمترین عرض میوه را دارا بودند (جدول ۴).

ژنوتیپ‌های شماره ۹ و ۳۸ به ترتیب دارای بیشترین طول میانگره بودند و ژنوتیپ‌های شماره ۷۹، ۶۹، ۷۱ و ۶۴ نیز به ترتیب کمترین طول میانگره را داشتند (جدول ۴). از نظر تعداد میانگره، به ترتیب ژنوتیپ‌های شماره ۲۴، ۳۳، ۷۶، ۵۲، ۱۴، ۷۵، ۲۸، ۸۶، ۸۰ و ۸۱ بیشترین تعداد میانگره و و ژنوتیپ‌های شماره ۵۷، ۴۶، ۴۱، ۳۴، ۱۲، ۱۶، ۴۲، ۳۵، ۵۳، ۸، ۲۴، ۵۳ و ۲۹ به ترتیب کمترین تعداد میانگره را داشتند. (جدول ۴). در نهایت می‌توان ذکر کرد ژنوتیپ‌های سابل، ۷۲۵-۱۰، ۲۰۳-۱۰، هادریان، لیما و شاراپووا از لحاظ عملکرد میوه در گیاه و خصوصیات زراعی محصول وضعیت مطلوبتری داشتند و علاوه بر تولید تجاری، می‌توانند برای ایجاد جمعیت های اولیه بهنژادی مورد استفاده قرار گیرند.

رابطه بین صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از ضرایب همبستگی مورد مطالعه قرار گرفت (جدول ۵). عملکرد میوه در گیاه با تعداد میوه در گیاه، وزن میوه و طول میانگره در سطح احتمال یک درصد همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. بیشترین همبستگی مربوط به عملکرد میوه با تعداد میوه ($r = ۰/۵۵۳^{**}$) بود (جدول ۵). تعداد میوه با عرض میوه و طول میانگره در سطح احتمال یک درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. بین وزن میوه و ارتفاع گیاه در سطح احتمال یک درصد همبستگی مثبت و معنی دار مشاهده شد (جدول ۵). بین تعداد میانگره و فاصله میانگره در سطح احتمال یک درصد همبستگی منفی و معنی دار مشاهده شد (جدول ۵).

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده برای ژنوتیپ‌های بادمجان مورد مطالعه

Table 4. Mean comparison of measured traits for studied eggplant genotypes

شماره ژنوتیپ Genotype no.	Genotype name	نام ژنوتیپ	عملکرد میوه (گرم در گیاه) Fruit yield (g plant^{-1})	تعداد میوه در گیاه Fruit number plant^{-1}	وزن میوه (گرم) Fruit weight (g)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	طول میوه (سانتی‌متر) Fruit length (cm)	عرض میوه (سانتی‌متر) Fruit width (cm)	طول میانگره (سانتی‌متر) Internode length (cm)	تعداد میانگره Number of internode
1	Fantastic	فنتستیک	2846.7	10.5	284.6	167.1	14.0	7.2	6.8	20.7
2	10-203		3634.1	16.1	230.4	199.9	27.1	4.5	11.5	22.0
3	Sally	سالی	2576.0	10.7	244.6	177.1	18.5	2.9	9.7	21.0
4	10-725		3977.9	16.5	235.6	168.9	24.2	5.3	8.0	28.7
5	Hadrian	هادریان	3492.3	20.6	183.5	196.0	21.3	6.0	10.5	22.0
6	Pulsar	پولسار	2717.3	11.1	314.6	221.8	27.9	8.5	11.0	19.0
7	Lady	لیدی	1547.9	3.3	384.2	222.1	21.7	6.9	9.7	25.3
8	Galine	گالین	2796.3	10.7	242.9	213.4	20.2	5.0	11.5	22.7
9	4819		2107.8	12.3	184.4	218.6	16.5	7.1	15.3	29.7
10	Bianca-Tonda	بیانکا توندا	540.1	10.4	60.1	148.6	16.0	6.9	7.5	31.7
11	Violetta	ویولتا	1292.5	7.4	178.5	133.4	19.7	5.2	8.2	28.3
12	Local Green	بومی سبز	555.9	6.9	94.5	173.4	21.4	6.4	6.2	24.0
13	Local White	محلی سفید	2194.9	21.3	104.7	144.4	17.4	12.6	6.7	32.0
14	Casper	کاسپر	266.5	2.8	104.8	190.2	25.4	4.4	6.8	37.3
15	Black Beauty-1	بلک بیوتی-۱	910.3	2.8	364.7	204.2	18.7	12.3	6.7	22.0
16	Calliope	کالیوپ	727.7	7.1	107.1	165.8	13.2	9.9	9.2	23.7
17	Ravia	راوایا	1161.5	18.5	61.8	167.7	24.6	6.0	7.5	25.3
18	Panther	پنتر	1963.9	11.3	170.4	152.1	14.2	11.1	9.3	31.7
19	Florida Market	لوریدا مارکت	866.6	39.3	88.4	122.0	19.7	8.3	11.8	20.3
20	Calliope-2	کالیوپ-۲	741.2	7.0	109.9	179.8	16.6	5.2	9.7	22.3
21	Local Hormozgan	بومی هرمزگان	1989.6	19.0	110.0	187.8	16.9	8.0	7.7	25.7
22	Full Black Long	قلمی کامل مشکی	1044.4	16.3	68.9	168.5	15.4	12.3	9.3	20.7
23	Granada	قلمی گرانادا	1156.2	10.8	111.0	173.6	26.9	7.3	8.2	24.7
24	Indian Green	سبز هندی	1393.5	18.3	72.1	127.2	23.0	7.3	5.8	38.0
25	Violetta	ویولتا	698.8	4.0	172.9	115.7	29.8	5.2	5.7	28.0
26	Round Pearl	مروارید گرد	920.3	8.1	128.9	149.8	10.7	8.3	7.7	30.7

جدول ۴- ادامه

Table 4. Continued

شماره ژنوتیپ Genotype no.	Genotype name	نام ژنوتیپ	عملکرد میوه (گرم در گیاه) Fruit yield (g plant^{-1})	تعداد میوه در گیاه Fruit number plant^{-1}	وزن میوه (گرم) Fruit weight (g)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	طول میوه (سانتی‌متر) Fruit length (cm)	عرض میوه (سانتی‌متر) Fruit width (cm)	طول میانگره (سانتی‌متر) Internode length (cm)	تعداد میانگره Number of internode
27	Florance	فلورانس	1418.5	5.4	265.0	144.7	13.9	8.9	9.0	26.3
28	White Vianseed	سفید ویانسید	596.3	8.5	63.6	128.7	6.4	7.7	5.3	35.3
29	Hoorsun	هورسان	246.6	1.7	181.4	159.6	12.1	7.9	8.5	30.3
30	Yalda	یلدا	671.8	6.1	108.9	201.6	27.7	4.7	8.7	29.7
31	Black Beauty-2	بلک بیوتی-۲	177.6	1.6	93.0	149.5	18.4	5.8	8.7	30.0
32	Blacky	بلکی	560.6	1.8	312.1	182.2	27.5	6.0	7.0	28.0
33	Long Black	لانگ بلک	629.6	4.7	164.4	159.8	21.4	5.6	7.0	37.7
34	Ghalami Kermani	قلمی کرمانی	1162.8	6.4	191.7	151.7	18.6	6.9	10.2	24.0
35	Local Shiraz	محلی شیراز	885.4	6.1	160.6	152.2	14.0	6.5	7.0	27.7
36	Lima	لیما	3334.6	17.1	221.2	149.3	9.0	5.8	11.3	26.3
37	Destan	دستان	172.9	1.6	161.6	154.2	27.7	5.3	7.3	23.7
38	Phaselis	فاسیلیس	1758.6	10.1	183.7	140.0	22.8	6.2	13.2	22.0
39	1152		2928.8	7.4	368.3	196.2	13.9	8.4	7.3	29.3
40	Chantal	شانتال	2097.6	4.8	388.0	201.6	16.6	6.4	6.2	21.7
41	Sohrab	سهراب	2091.8	18.0	136.3	137.4	7.3	4.8	6.8	24.3
42	Black Beauty-3	بلک بیوتی-۳	1729.4	5.8	294.4	183.0	17.0	9.7	7.7	23.7
43	Varamini	ورامینی	481.8	3.2	146.5	175.2	15.3	11.1	10.7	26.3
44	Sombra	سمبرا	2247.1	13.8	183.6	157.7	9.2	10.0	8.8	29.7
45	Ronak	روناک	2068.4	12.7	183.8	157.1	14.7	10.3	9.0	28.0
46	Local Isfahan	محلی اصفهان	2476.2	17.4	130.4	129.6	6.5	5.4	10.3	24.3
47	Ghasri	قصری	816.2	4.5	179.6	179.2	15.5	7.9	11.2	21.7
48	Dolme Pakan Bazr	دلمه پاکان بذر	378.1	2.1	177.6	149.5	4.1	3.8	5.8	23.0
49	Bagira	باگیرا	1017.5	5.4	189.9	148.0	14.7	8.7	9.3	19.3
50	Abarkooh	ابرکوه	692.4	5.8	128.5	157.3	19.4	7.3	7.5	30.0
51	Cheety	چیتی	1785.2	14.3	166.6	165.1	12.5	6.9	8.8	33.3
52	White Long	وایت لانگ	299.3	3.4	120.9	178.9	19.4	6.9	7.8	37.3
53	Chah Boland	چاه بلند	204.3	1.8	124.4	193.4	19.7	5.5	9.2	20.0
54	Ghalami Karaj	قلمی کرج	591.4	4.2	158.0	207.6	21.0	5.2	9.5	25.7
55	Dolme Karaj	دلمه کرج	446.8	3.0	151.9	197.8	14.5	5.4	7.5	31.7

Table 4. Continued

جدول ۴- ادامه

شماره ژنوتیپ Genotype no.	Genotype name	نام ژنوتیپ	عملکرد میوه (گرم در گیاه) Fruit yield (g plant^{-1})	تعداد میوه در گیاه Fruit number plant^{-1}	وزن میوه (گرم) Fruit weight (g)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	طول میوه (سانتی‌متر) Fruit length (cm)	عرض میوه (سانتی‌متر) Fruit width (cm)	طول میانگره (سانتی‌متر) Internode length (cm)	تعداد میانگره Number of internode
56	E011		727.4	5.1	143.6	181.1	18.9	6.1	9.8	22.0
57	E012		2767.3	16.9	163.3	192.8	21.0	4.4	11.2	24.3
58	E013		1818.9	10.6	183.4	164.6	12.4	9.5	7.2	32.3
59	E014		2581.9	15.0	175.8	217.5	22.1	6.2	9.8	26.0
60	E015		2494.3	12.6	216.1	159.8	20.1	4.6	10.3	25.7
61	Belen	بلن	686.4	3.5	182.3	160.2	27.3	4.6	8.8	27.7
62	Indian Yellow	زرد هندی	604.3	3.5	196.3	185.3	2.8	3.6	6.3	31.3
63	Round Red	قرمز گرد	266.7	7.2	32.9	198.0	2.8	5.3	5.8	28.3
64	Thai Yellow	زرد تایلندی	948.3	33.8	27.6	196.2	17.6	14.9	2.7	26.0
65	Thai Purple	بنفش تایلندی	280.8	2.1	128.3	159.2	20.6	5.0	7.8	31.3
66	Ghost Baster	گوست باستر	139.3	1.4	160.3	158.7	19.7	4.3	5.3	29.3
67	Odamalp	اودامالپ	1279.1	6.8	192.7	174.8	21.0	4.6	8.0	26.0
68	Black Beauty-4	بلک بیوتی-۴	579.5	2.9	202.1	136.6	15.0	6.4	7.0	28.3
69	Black Round	گرد مشکی	1939.3	1.9	304.1	142.3	16.3	6.6	4.3	26.0
70	China Black Beauty	بلک بیوتی چین	113.3	1.2	174.5	155.8	17.4	4.7	5.2	26.0
71	Ghalami Tehran	قلمی تهران	701.5	12.1	69.4	163.0	18.8	4.7	4.3	26.0
72	Glass	گلاس	75.8	5.5	14.4	193.3	18.5	4.7	6.2	28.7
73	Ablong	ابلونگ	309.9	5.1	55.3	146.6	23.5	4.5	5.3	27.0
74	Rosa Bianca	رزا بیانکا	131.5	1.5	105.7	162.9	16.5	5.8	6.3	27.0
75	Local White	سفید محلی	149.4	1.7	97.4	173.7	19.7	4.8	6.7	37.0
76	Thai Green	سبز تایلندی	60.3	1.4	71.0	176.4	17.1	7.0	5.0	37.7
77	Egyptian white	سفید مصری	576.8	3.3	206.0	168.6	18.6	5.5	5.8	30.7
78	Imola	ایمولا	426.4	5.6	74.4	146.4	18.4	4.9	6.3	32.3
79	Local Zahedan	محلی زاهدان	576.3	1.8	329.2	166.2	13.6	10.6	4.5	29.0
80	Longo	لانگو	2037.2	11.7	197.2	184.9	17.6	6.2	7.5	34.7
81	Melosina	ملوسینا	2285.1	14.5	197.2	222.8	19.5	6.6	7.8	34.3
82	Sabel	سابل	5151.5	18.7	265.3	137.2	7.9	8.0	6.8	29.0
83	Ceresti	کرستی	1840.5	11.7	162.1	175.7	14.0	10.1	7.2	31.7
84	Artosa	آرتوسا	1754.2	8.5	198.2	164.1	9.8	6.0	8.0	31.3
85	Leire	لایر	2136.2	8.1	264.9	213.9	25.2	4.1	6.3	28.3
86	Sharapova	شاراپووا	3237.3	12.8	289.6	149.5	19.2	6.1	8.7	35.0
	LSD (5%)		452.4	5.2	39.1	11.9	1.9	0.7	2.2	5.4

جدول ۵- ضرایب همبستگی و نقشه گرمایی همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های بادمجان مورد مطالعه. رنگ‌ها به ترتیب از قرمز به نارنجی، زرد و سبز نشان دهنده همبستگی بالای بین صفات است

Table 5. Correlation coefficient and correlation heatmap between traits in studied eggplant genotypes. Colours from red to orange, yellow and green indicate high correlation between traits

Trait	صفت	عملکرد میوه در گیاه Fruit yield plant^{-1}	تعداد میوه در گیاه Fruit number plant^{-1}	وزن میوه Fruit weight	ارتفاع گیاه Plant height	طول میوه Fruit length	عرض میوه Fruit width	تعداد میانگره Number of internode	طول میانگره Internode length
Fruit yield plant^{-1}	عملکرد میوه در گیاه	1							
Fruit number plant^{-1}	تعداد میوه در گیاه	0.553**	1						
Fruit weight	وزن میوه	0.500**	-0.184	1					
Plant height	ارتفاع گیاه	0.129	-0.067	0.252**	1				
Fruit length	طول میوه	-0.039	0.033	-0.107	0.197	1			
Fruit width	عرض میوه	0.085	0.316**	0.067	-0.027	-0.088	1		
Number of internode	تعداد میانگره	-0.173	-0.142	-0.102	-0.144	-0.008	-0.040	1	
Internode length	طول میانگره	0.371**	0.240**	0.155	0.199	0.041	-0.041	-0.374**	1

**: Significant at the 1%, probability level.

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

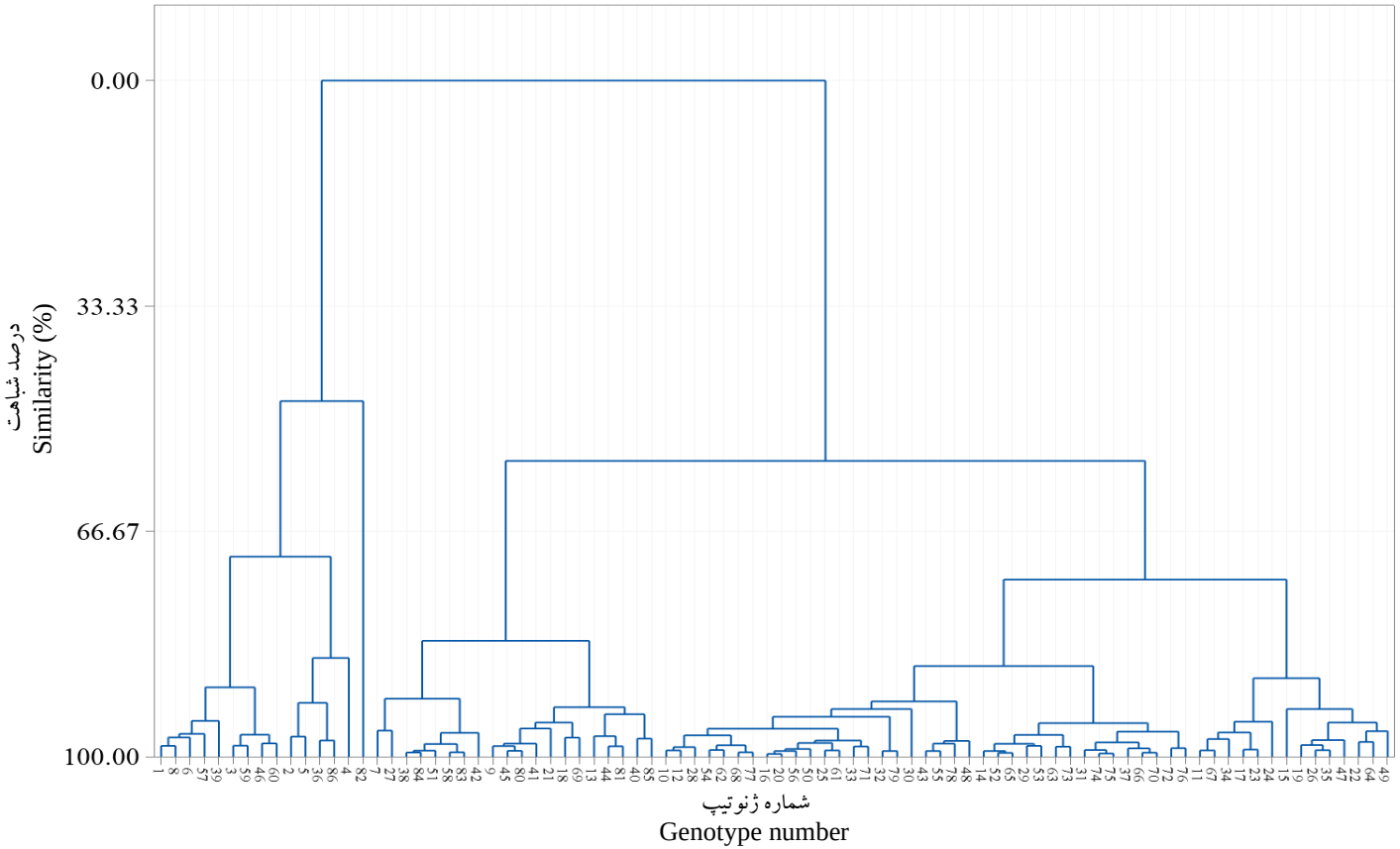
در این پژوهش، همبستگی عملکرد میوه به عنوان مهمترین صفت اقتصادی با تعداد میوه در گیاه، وزن میوه و طول میانگره معنی‌دار بود، در حالی که در پژوهش تریپاتی و همکاران (Tripathy *et al.*, 2018) عملکرد میوه در گیاه با هیچ کدام از صفات فوق همبستگی معنی‌داری نشان نداد. اما آساتی (Asati, 2001) همبستگی معنی‌داری بین عملکرد میوه در گیاه با صفات تعداد شاخه در بوته و تعداد میوه در گیاه گزارش کردند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. همبستگی مثبت بین صفات مطلوب می‌تواند در جهت انتخاب همزمان دو صفت مطلوب به بهنژادگران کمک کند (Srivastava *et al.*, 2018).

بر اساس فاصله اقلیدسی و روش وارد (Ward) ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر صفات اندازه‌گیری شده در چهار گروه مجزا قرار گرفتند (شکل ۱). ژنوتیپ‌های حاضر در این چهار گروه عبارت بودند از:

- گروه اول شامل ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۸، ۳۶، ۳۹، ۴۶، ۵۷، ۵۹، ۶۰ و ۸۶ با میانگین عملکرد میوه در گیاه ۲۹۹۰ گرم. این گروه شامل ارقام هیبرید تجاری یا ارقام محلی دارای عملکرد میوه در گیاه بالا بود (شکل ۱).
- گروه دوم تنها شامل یک ژنوتیپ شماره ۸۲ با عملکرد میوه در گیاه ۵۱۵۱ گرم بود (شکل ۱).
- گروه سوم شامل ژنوتیپ‌های شماره ۷، ۹، ۱۳، ۱۸، ۲۱، ۲۷، ۳۸، ۴۰، ۴۱، ۴۲، ۴۴، ۴۵، ۵۱، ۵۸، ۶۹، ۸۰، ۸۱، ۸۳، ۸۴ و ۸۵ با میانگین عملکرد میوه در گیاه ۱۹۶۶/۶ گرم بود (شکل ۱).

گروه چهارم شامل ژنوتیپ‌های شماره ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۹، ۲۰، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳۷، ۴۳، ۴۷، ۴۸، ۴۹، ۵۰، ۵۲، ۵۳، ۵۴، ۵۵، ۵۶، ۶۱، ۶۲، ۶۳، ۶۴، ۶۵، ۶۶، ۶۷، ۶۸، ۷۰، ۷۱، ۷۲، ۷۳، ۷۴، ۷۵، ۷۶، ۷۷، ۷۸ و ۷۹ با میانگین عملکرد میوه در گیاه ۶۰۶/۶ گرم بود. ژنوتیپ های حاضر در این گروه بیشتر شامل ارقام محلی بودند (شکل ۱)

به طور کلی نتایج تجزیه خوشه ای برای ژنوتیپ‌های بادمجان مورد مطالعه نشان داد که ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مختلف در گروه‌های مختلفی قرار گرفتند که این گروه‌بندی نشان دهنده تنوع بین ژنوتیپ‌ها بود. گروه دوم با یک ژنوتیپ با نام سابل و همچنین برخی ژنوتیپ‌های دارای عملکرد میوه در گیاه بالا در گروه یک را می‌توان به منظور استفاده در تولید جمعیت های اولیه به نژادی مورد استفاده قرار داد.



شکل ۱- دندروگرام حاصل از گروه‌بندی ۸۶ ژنوتیپ بادمجان بر اساس فاصله اقلیدسی و روش وارد (شماره‌های ۱ تا ۸۶ نشان دهنده ژنوتیپ‌های بادمجان مورد مطالعه در جدول ۱ است)

Fig. 1. Dendrogram showing clustering of 86 eggplant genotypes based on Euclidean distance and Ward method (Numbers 1 to 86 represent studied eggplant genotypes as described in Table 1)

نتایج این پژوهش با یافته های ادین و همکاران (Uddin *et al.*, 2014) که ۱۸ ژنوتیپ مختلف بادمجان را با تجزیه خوشه ای در چهار گروه مجزا قرار دادند مشابهت دارد. نتایج مشابهی توسط کاملی و همکاران (Kameli *et al.*, 2020) نیز گزارش شده است. ژنوتیپ‌های موجود در گروه های مختلف می‌توانند در برنامه‌های دورگ‌گیری به منظور دستیابی به حداکثر تنوع در بین نتایج در برنامه بهنژادی مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین پیشنهاد می‌شود ارقام موجود در گروه های اول و دوم و برخی از ارقام با عملکرد میوه در گیاه بالا و دارای صفات زراعی مطلوب از گروه سوم جهت استفاده در تولید جمعیت اولیه به نژادی برای تولید ترکیبات جدید ژنتیکی در برنامه‌های بهنژادی بادمجان مورد استفاده قرار گیرند.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که مؤلفه اول تا سوم به ترتیب ۲۹، ۱۹ و ۱۵ درصد و درمجموع ۶۳ درصد از تنوع موجود را توجیه می‌کنند (جدول ۶). نمودار بای‌پلات ژنوتیپ‌ها بر اساس دو مؤلفه اول رسم شد (شکل ۲).

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی یک روش استاندارد برای تجزیه داده‌ها است. زیرا روشی ساده و ناپارامتری برای کاهش حجم داده‌ها می‌باشد که به مشخص شدن مؤلفه‌های مرتبط می‌انجامد. بانرجی و همکاران (Banerjee *et al.*, 2018) و پاتل و همکاران (Patel *et al.*, 2018) نیز از این روش برای بررسی تنوع بین ژنوتیپ‌های بادمجان کمک

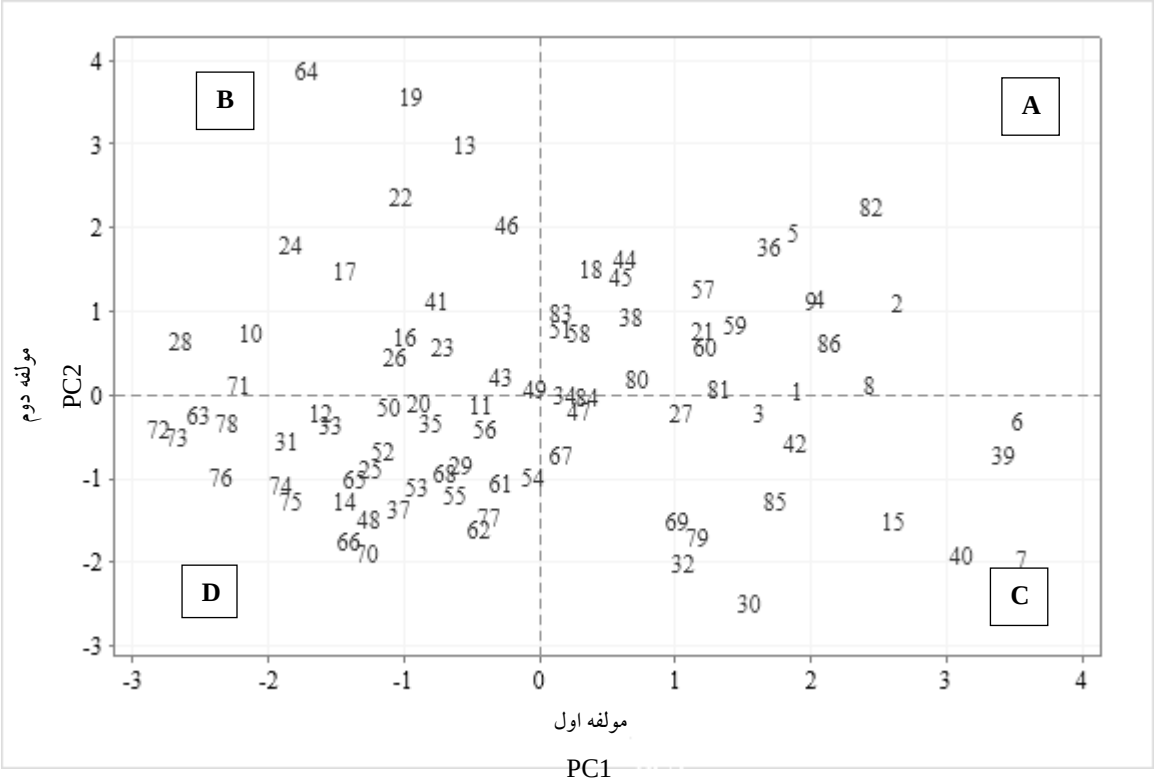
جدول ۶- مقادیر مولفه های اول تا سوم حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی صفات اندازه گیری شده در ژنوتیپ‌های بادمجان مورد مطالعه

Table 7. The values of the first to third components of principal component analysis of measured traits in studied eggplant genotypes

Trait	صفت	مؤلفه اول First component	مؤلفه دوم Second component	مؤلفه سوم Third component
Fruit yield plant^{-1}	عملکرد میوه در گیاه	0.51	-0.37	0.27
Fruit number plant^{-1}	تعداد میوه در گیاه	0.55	-0.12	0.04
Fruit weight	وزن میوه	0.18	0.55	0.24
Plant height	ارتفاع گیاه	0.04	0.43	0.72
Fruit length	طول میوه	0.20	-0.48	0.32
Fruit width	عرض میوه	-0.37	-0.26	0.42
Number of internode	تعداد میانگره	0.46	0.28	-0.28
Special values	مقادیر ویژه	2.03	36.10	1.01
Cumulative values	مقادیر تجمعی	0.29	0.19	0.15

گرفتند و با استفاده از نتایج آن به رسم بای‌پلات پرداختند.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که ژنوتیپ‌های هیبرید تجاری و دارای عملکرد میوه در گیاه بالا غالبا در ناحیه A نمودار قرار گرفتند و میانگین عملکرد میوه در گیاه ژنوتیپ‌های این ناحیه برابر با ۲۶۹۹/۴۵ گرم در بوته بود. ناحیه B دارای میانگین عملکرد میوه در گیاه ۱۱۴۴/۸ گرم و ناحیه C دارای میانگین عملکرد میوه در گیاه ۱۵۷۷/۷ گرم بود (شکل ۲). کمترین میانگین عملکرد میوه در گیاه مربوط به ناحیه D با مقدار ۴۳۲/۴ گرم بود (شکل ۲). نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی تا حد زیادی با نتایج تجزیه خوشه ای و گروه‌بندی ژنوتیپ های بادمجان مورد مطالعه مطابقت دارد به گونه ای که بیشتر ژنوتیپ‌های حاضر در ناحیه A در گروه های اول و دوم تجزیه خوشه ای قرار دارند و ژنوتیپ‌های حاضر در ناحیه D در گروه چهارم تجزیه خوشه ای قرار گرفتند.



شکل ۲- نمودار بای‌پلات صفات و ژنوتیپ‌های بادمجان بر اساس دو مؤلفه های اول و دوم. (شماره های ۱ تا ۸۶ نشان دهنده ژنوتیپ‌های بادمجان مورد مطالعه در جدول ۱ است)

Fig. 2. Bi-plot diagram of eggplant traits and genotypes based on the first and second components. (Numbers 1 to 86 represent eggplant genotypes as described in Table 1)

تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام به انتخاب بهترین معادله برای توجیه عملکرد توسط اجزای عملکرد می‌انجامد که در پژوهش حاضر این معادله توسط صفات تعداد میوه در گیاه و وزن میوه و عرض میوه تشکیل شد (جدول ۷). در تأیید این مطلب، با توجه به جدول همبستگی بین صفات جدول (۵) نیز می‌توان به وجود رابطه قوی بین تعداد میوه در گیاه (r =۰/۵۵۳)، وزن میوه (r =۰/۵۰) با عملکرد میوه در گیاه پی برد. این نتایج اهمیت دستیابی به عملکرد میوه نهایی را از طریق صفات ذکر شده مشخص می‌کند و با توجه به مثبت بودن ضرایب رگرسیونی برای سه صفت فوق در معادله (جدول ۷) می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش تعداد میوه در گیاه، وزن میوه و عرض میوه به عملکرد میوه بیشتری می‌توان دست یافت. قربانپور و همکاران (Ghorbanpour *et al*., 2018) نیز برای تعیین سهم اثر تجمعی صفات در تعیین عملکرد میوه در واحد سطح در گوجه‌فرنگی از رگرسیون گام‌به‌گام استفاده کردند. بدین منظور از عملکرد میوه در واحد سطح به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل انتخاب و صفات کم تأثیر و یا بی تأثیر از مدل حذف کردند. در نهایت تنها صفت تعداد میوه به عنوان صفت تأثیرگذار وارد مدل شد و ۱۳ درصد از تغییرات عملکرد میوه در هکتار را توجیه نمود.

برآورد وراثت‌پذیری می‌تواند برای آگاهی از تاثیر میزان عوامل ژنتیکی و محیطی و نیز برآورد میزان بازده ژنتیکی در یک جمعیت گیاهی به کار رود. میزان وراثت‌پذیری به مقدار تنوع ژنتیکی موجود، میزان اثر عوامل محیطی و نوع صفت بستگی دارد. در این مطالعه پس از محاسبه قابلیت وراثت‌پذیری عمومی مشخص شد که صفات طول میوه و عرض میوه به ترتیب با ۹۹/۸۵ و ۹۶/۵ درصد دارای بیشترین و تعداد میانگره با ۸۳ درصد دارای کمترین میزان وراثت‌پذیری عمومی بودند (جدول ۸). وراثت‌پذیری بالای ۹۰ درصدی در اکثر صفات به علت بالا بودن واریانس ژنتیکی و پایین بودن واریانس محیطی بود.

جهت تفسیر بهتر نتایج به دست آمده از جدول همبستگی و تعیین سهم آثار مستقیم و غیرمستقیم متغیرهای اندازه‌گیری شده، از تجزیه علیت استفاده شد. برخی پژوهشگران بر این باورند که به منظور درک بهتر از اثر صفات مختلف بر صفت عملکرد، از نتایج به دست آمده از تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام استفاده شود و متغیرهای وارد شده به مدل نهایی مورد تجزیه علیت قرار گیرد (Ghorbanpour *et al*., 2018).

جدول ۷- نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام صفات مورد اندازه‌گیری در ژنوتیپ‌های بادمجان

Table 8- The results of step-by-step regression analysis of measured traits in eggplant genotypes

Variable	متغیر	ضریب رگرسیون Regression coefficient	انحراف معیار Standard deviation	ضریب تبیین Coefficient of determination (R^2)	ضریب تبیین تعدیل شده Adjusted R^2	مقدار آماره t t- statistic	سطح احتمال Probability level
Fruit number plant^{-1}	تعداد میوه در گیاه	127.678	9.380	0.780	0.771	13.612	0.00
Fruit weight	وزن میوه	8.488	0.700	0.658	0.652	12.124	0.00
Fruit width	عرض میوه	99.717	26.276	0.214	0.205	-3.795	0.00
Y-intercept	عرض از مبدا	-532.750	210.257	-	-	-2.534	0.013

جدول ۸- برآورد وراثت‌پذیری عمومی برای صفات اندازه گیری شده دردر ژنوتیپ‌های بادمجان مورد مطالعه

Table 9. Estimation of general heritability for measured traits in studied eggplant genotypes

Trait	صفت	میانگین مربعات تیمار Treatment mean square	میانگین مربعات خطا Error mean square	واریانس ژنتیکی Genetic Variance	واریانس فنوتیپی Phenotypic variance	درصد وراثت‌پذیری عمومی General heritability (%)
Fruit yield plant^{-1}	عملکرد میوه در گیاه	2288712.70	157215.50	710499.10	762904.20	93.13
Fruit number	تعداد میوه در گیاه	99.66	6.66	31.00	33.22	93.32
Fruit weight	وزن میوه	13558.09	1357.60	4066.83	4519.36	89.99
Plant height	ارتفاع گیاه	1277.19	109.04	389.38	425.73	91.46
Fruit length	طول میوه	2152.39	3.28	716.37	717.46	99.85
Fruit width	عرض میوه	10.57	0.37	3.40	3.52	96.50
Number of internode	تعداد میانگره	65.99	11.12	18.29	21.90	83.15
Internode length	فاصله میانگره	13.68	1.87	3.94	4.56	86.33

تجزیه مسیر (تجزیه علیت) صفات برای تعداد میوه در گیاه، وزن میوه، ارتفاع گیاه، طول میوه، قطر میوه، تعداد و طول میانگره به عنوان متغیرهای مستقل و عملکرد میوه در گیاه به عنوان متغیر وابسته انجام شد (جدول ۹). در این جدول اثر مستقیم (ستون دوم) و اثر غیرمستقیم (سایر ستون‌ها) صفات به عنوان متغیرهای مستقل بر عملکرد میوه در گیاه به عنوان متغیر وابسته مشاهده می‌شود (جدول ۹). همانطور که در این جدول دیده می‌شود، بیشترین اثر مستقیم مربوط به تعداد میوه در بوته (۰/۷۰) و پس از آن وزن میوه (۰/۶۲) بود (جدول ۱۱). نتایج همبستگی ساده بین صفات نیز نشان داد که این دو صفت دارای همبستگی بالا (r = ۰/۵۵۳ و r = ۰/۵۰) و معنی‌داری با عملکرد میوه در گیاه بودند (جدول ۵).

بنابراین می‌توان چنین استنباط نمود که دو صفت تعداد میوه در گیاه و وزن میوه که دو صفت وارد شده به مدل رگرسیونی بودند، در تجزیه مسیر نیز دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد میوه در گیاه بودند. همچنین صفت تعداد میوه از طریق عرض میوه و فاصله میانگره با مقادیر به ترتیب ۰/۲۲ و ۰/۱۶ بیشترین اثر غیر مستقیم بر عملکرد میوه در گیاه بادمجان را داشت و پس از آن صفت وزن میوه از طریق ارتفاع گیاه با مقدار ۰/۱۵ به طور غیر مستقیم بر عملکرد میوه در گیاه بادمجان تاثیر داشت که این موضوع نشان دهنده اهمیت صفات ذکر شده در عملکرد میوه در گیاه ژنوتیپ‌های بادمجان بود (جدول ۹).

نتایج این پژوهش تنوع ژنتیکی بسیار زیادی بین ژنوتیپ‌های بادمجان مورد بررسی آشکار نمود که می تواند در برنامه های به نژادی بادمجان در ایران مورد استفاده قرار گیرد. از میان صفات مورد بررسی، وزن میوه بیشترین اهمیت را در عملکرد میوه در گیاه بادمجان داشت و پس از آن تعداد میوه و طول میانگره همبستگی مثبتی را با عملکرد میوه در گیاه نشان دادند. بر همین اساس ژنوتیپ‌ها براساس سه صفت عملکرد میوه در گیاه، تعداد میوه در گیاه و وزن میوه گروه بندی شدند که ۲۰ ژنوتیپ برتر می‌توانند در برنامه بهنژادی برای تولید جمعیت های اولیه بهنژادی جهت ایجاد لاین خالص مورد استفاده قرار گیرند (جدول۱۰)

جدول ۹- ضرایب تجزیه مسیر، آثار مستقیم و غیر مستقیم صفات ارزیابی شده بر روی عملکرد میوه در بادمجان

Table 10. Path analysis coefficients, direct and indirect effects of evaluated traits on fruit yield plant^{-1} of eggplant

Variable	متغیر	اثر مستقیم Direct effect	Indirect effect اثر غیر مستقیم							جمع اثرها Sum of effects
			تعداد میوه Fruit number plant^{-1}	وزن میوه Fruit weight	ارتفاع گیاه Plant height	طول میوه Fruit length	عرض میوه Fruit width	تعداد میان‌گره Number of internode	طول میانگره Internode length	
Fruit number plant^{-1}	تعداد میوه در گیاه	0.7	-	-0.115	0	-0.001	-0.056	-0.004	0.027	0.55
Fruit weight	وزن میوه	0.624	-0.129	-	-.001	0.001	-0.012	-0.003	0.017	0.05
Plant height	ارتفاع گیاه	-0.003	-0.047	0.157	-	-0.003	0.004	-0.004	-0.022	0.13
Fruit length	طول میوه	-.015	.023	-0.067	-0.001	-	0.015	-0.001	0.004	-0.04
Fruit width	عرض میوه	-.177	0.221	0.041	0	0.001	-	-0.002	-0.002	0.08
Number of internode	تعداد میانگره	0.025	-0.100	-0.064	0	0	0.007	-	-0.043	-0.17
Internode length	طول میانگره	0.113	0.168	0.096	-0.001	-0.001	0.003	-0.01	-	0.37

جدول۱۰- میانگین صفات اندازه گیری شده برای ۲۰ ژنوتیپ بادمجان برتر مورد مطالعه

Table 11. Mean comparison of the measured traits for the top 20 studied eggplant genotypes

شماره ژنوتیپ Genotype no.	Genotype name	نام ژنوتیپ	عملکرد میوه در گیاه (گرم) Fruit yield plant^{-1} (g)	تعداد میوه در گیاه Fruit number plant^{-1}	وزن میوه (گرم) Fruit weight (g)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	طول میوه (سانتی‌متر) Fruit length (cm)	عرض میوه (سانتی‌متر) Fruit width (cm)	طول میانگره (سانتی‌متر) Internode length (cm)	تعداد میانگره Number of internode
1	Sabel	سابل	5151.5	18.7	265.3	137.2	7.9	8.0	6.8	29.0
2	10-725		3977.9	16.5	235.6	168.9	24.2	5.3	8.0	28.7
3	10-203		3634.1	16.1	230.4	199.9	27.1	4.5	11.5	22.0
4	Haderian	هادریان	3492.3	20.6	183.5	196.0	21.3	6.0	10.5	22.0
5	Lima	لیما	3334.6	17.1	221.2	149.3	9.0	5.8	11.3	26.3
6	Sharapova	شاراپووا	3237.3	12.8	289.6	149.5	19.2	6.1	8.7	35.0
7	1152		2928.8	7.4	368.3	196.2	13.9	8.4	7.3	29.3
8	Fantastic	فنتستیک	2846.7	10.5	284.6	167.1	14.0	7.2	6.8	20.7
9	Galine	گالین	2796.3	10.7	242.9	213.4	20.2	5.0	11.5	22.7
10	E012		2767.3	16.9	163.3	192.8	21.0	4.4	11.2	24.3
11	Pulsar	پولسار	2717.3	11.1	314.6	221.8	27.9	8.5	11.0	19.0
12	E014		2581.9	15.0	175.8	217.5	22.1	6.2	9.8	26.0
13	Sally	سالی	2576.0	10.7	244.6	177.1	18.5	2.9	9.7	21.0
14	E015		2494.3	12.6	216.1	159.8	20.1	4.6	10.3	25.7
15	Local Isfahan	محلی اصفهان	2476.2	17.4	130.4	129.6	6.5	5.4	10.3	24.3
16	Melosina	ملوسینا	2285.1	14.5	197.2	222.8	19.5	6.6	7.8	34.3
17	Sombra	سمبرا	2247.1	13.8	183.6	157.7	9.2	10.0	8.8	29.7
18	Local white	محلی سفید	2194.9	21.3	104.7	144.4	17.4	12.6	6.7	32.0
19	Leire	لایر	2136.2	8.1	264.9	213.9	25.2	4.1	6.3	28.3
20	4819		2107.8	12.3	184.4	218.6	16.5	7.1	15.3	29.7

سپاسگزاری

نگارندگان بدین وسیله از شرکت نگین بذر دانش به منظور تامین کلیه هزینه‌های انجام این پژوهش و در اختیار قرار دادن گلخانه و سایر امکانات آزمایشی صمیمانه سپاسگزاری می‌کنند. همچنین از شرکت سپاهان رویش به منظور در اختیار قرار دادن ارقام هیبرید بادمجان وارداتی کمال تشکر را دارند.

تعارض منافع

نگارندگان اعلام می کنند که هیچ گونه تعارض منافعی ندارند.

References

Anonymous, 2022. Agricultural Statistical Yearbook. 3rd Volume. Horticultural and Glasshouse Products. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Tehran, Iran. 401 pp. (in Persian).

Asati, B.S. 2001. Evaluation of brinjal (round) varieties under Chhattisgarh condition. M. Sc. Thesis. Indira Gandhi Agricultural University, India. 372 pp.

Bagheri, M., Keshavarz, S., Zarbakhsh, A.J. and Salmani, K.A. 2014. Selected lines from Iranian eggplant landraces in advanced yield trails. *Seed and Plant Journal*, *29*(1), pp.857-859 (in Persian). DOI: 10.22092/spij.2017.111195

Banerjee, S., Singh Bisht, Y. and Verma, A. 2018. Genetic diversity of brinjal (*Solanum melongena L.*) in the foot hills of Himalaya. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *7*(4), pp.3240-3248. DOI: 10.20546/ijcmas.2018.704.367

Damnjanović, J., Girek, Z., Milojević, J., Zečević, V., Živanović, T., Ugrinović, M. and Pavlović, S. 2022. Assessment of eggplant (*Solanum melongena* L.) genotypes and selection of parameters for better yield. *Chemistry Proceedings, 10, 31,* DOI: 10.3390/IOCAG2022-12309

Devi, C.P., Munshi, A.D., Behera, T.K., Choudhary, H., Gurung, B. and Saha, P. 2015. Cross compatibility in interspecific hybridization of eggplant, *Solanum melongena*, with its wild relatives. *Scientia Horticulturae*, *193*, pp.353-358. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.07.024

Farsi, M. and Bagheri, A. 2006. Principles of plant breeding. Jihad-e-Daneshgahi Publications of Mashhad. Mashhad, Iran. 368 pp. (in Persian).

Ghorbanpour, A., Salimi, A., Tajick Ghanbary, M.A., Pirdashti, H. and Dehestani, A. 2018. Relationship between fruit yield and its components in tomato

(Lycopersicon esculentum Mill.) cultivars using multivariate statistical methods. *Journal of Crop Breeding*, *9*(24), pp.22-29. DOI: 10.29252/jcb.9.24.22

Kameli, A.M., Kiani, G. and Kazemitabar, S.K. 2020. The evaluation of phenotypic diversity in eggplant (*Solanum melongena L.*) genotypes. *Journal of Vegetables Sciences*, *3*(6), pp.31-41. DOI: 10.22034/iuvs.2020.114655.1071

Meyer, R.S., DuVal, A.E. and Jensen, H.R. 2012. Patterns and processes in crop domestication: A historical review and quantitative analysis of 203 global food crops. *New Phytologist. 196*, pp.29–48. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2012.04253.x

Naeem, M.Y. and Ugur, S. 2019. Nutritional content and health benefits of eggplant. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, *7*, pp.31-36. DOI: 10.24925/turjaf.v7isp3.31-36.3146

Patel, S.N., Popat, R.C., Patel, P.A. and Vekariya, R.D. 2018. Genetic diversity analysis in brinjal (*Solanum melongena* L.) genotypes: A principal component analysis approach. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *7*(01), pp.3296-3301. DOI: 10.20546/ijcmas.2018.701.392

Plazas, M., Lopez-Gresa, M., Vilanova, S., Torres, C., Hurtado, M., Gramazio, P., Andujar, I., Herraiz, F.J., Belles J.M. and Prohens, J. 2013. Diversity and relationships in key traits for functional and apparent quality in a collection of eggplant: Fruit phenolics content, antioxidant activity, polyphenol oxidase activity, and browning. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 61, pp.8871−8879.*

Polignano, G., Uggenti, P., Bisignano, V. and Gatta, C.D. 2010. Genetic divergence analysis in eggplant (***Solanum melongena*** L.) and allied species. *Genetic Resources and Crop Evolution,* **57,** pp.171–181. DOI: 10.1007/s10722-009-9459-6

Prohens, J., Blanca, J.M. and Nuez, F. 2005. Morphological and molecular variation in a collection of eggplants from a secondary center of diversity: Implications for conservation and breeding. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *130*(1), pp.54-63. DOI: 10.21273/JASHS.130.1.54

Rahman, M., Islam, K., Jahan, M. and Uddin, M. 2009. Efficacy of some botanicals in controlling brinjal shoot and fruit borer, *Leucinodes orbonalis*. *Progressive Agriculture*, *20*, pp.35–42. DOI: 10.3329/pa.v20i1-2.16847

Rocha, J.R.A.C., Machado, J.C. and Carneiro, P.C.S. 2018. Multitrait index based on factor analysis and ideotype-design: Proposal and application on elephant grass breeding for bioenergy. *GCB Bioenergy. 10*, pp.52–60. DOI: 10.1111/gcbb.12443

Sharmin, D., Meah, M. and Moniruzzaman, M. 2010. Inheritance of resistance to phomopsis blight and fruit rot in brinjal. *Journal of Agroforestry and Environment*, *3*, pp.135–140.

Srivastava, S., Saidaiah, P., Shivraj, N. and Reddy, K.R. 2018. Correlation and path analysis studies of yield and yield components in brinjal (*Solanum melongena L.*). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *7*(6), pp.1910-1914.

Tripathy, B., Sharma, D., Singh, J. and Nair, S.K. 2018. Correlation and path analysis studies of yield and yield components in Brinjal (*Solanum melongena* L.). *International Journal of Pure and Applied Biosciences*, *6*(1), pp.1266-1270. DOI: 10.18782/2320-7051.5677

Tümbilen, Y., Frary, A., Mutlu, S. and Doganlar, S. 2011. Genetic diversity in Turkish eggplant (*Solanum melongena*) varieties as determined by morphological and molecular analyses. *International Research Journal of Biotechnology*, *2*(1), pp.16-25.

Uddin, M.S., Billah M., Afroz R., Rahman, S., Jahan, N., Hossain, M.G., Bagum S.A., Uddin, M.S., Khaldun, A.B.M., Azam, M.G., Hossein, N., Akanada, M.A.L., Alhormani, M., Gaber, A. and Hossein, A. 2021. Evaluation of 130 eggplant (*Solanum melongena* L.) genotypes for future breeding program based on qualitative and quantitative traits, and various genetic parameters. *Horticulturae*, *7*(10), 376. DOI: 10.3390/horticulturae7100376

Uddin, M.S., Rahman, M.M., Hossain, M.M. and Mian, M.A.K. 2014. Genetic diversity in eggplant genotypes for heat tolerance. *SAARC Journal of Agriculture*, *12*(2), pp.25-39.

RESEARCH ARTICLE

Genetic Diversity for Fruit Yield and Yield-Related Traits in Eggplant Genotypes

E. Parsa Ardakani[1], M. Golabadi[2], V. Mohammadi[3*], M. R. Bihamta[4] and H. Saremi[5]

1. Ph. D. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Science and Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran.
2. Associate Professor, Department of Agriculture Production and Plant Genetics Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Isfahan (Khorasgan) Branch, Iran.
3. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Science and Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran.
4. Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Science and Engineering, University of Tehran, Karaj, Iran.
5. Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Recourses, University of Tehran, Karaj, Iran.

ABSTRACT

Parsa Ardakani, E., Golabadi, M., Mohammadi, V., Bihamta, M. R. and Saremi, H. 2023. Genetic diversity for fruit yield and yield-related traits in eggplant genotypes**.** *Seed and Plant, 39,* pp.307-336 (in Persian).

To study genetic diversity for yield and yield-related traits in eggplant, 86 local and commercial eggplant cultivars, grown by farmers in Iran, were evaluated for eight yield-related traits using randomized complete block design with three replications under greenhouse conditions in winter 2020. Analysis of variance of data showed that genotypes had significant differences for all measured traits. Fruit yield plant^{-1}, fruit number plant^{-1} and fruit weight of genotypes varied from 60.3 to 5151 grams, 1.23 to 39 and 14.3 to 387.9 grams, respectively. Mean comparison revealed that the cv. Sable had the highest fruit yield plant^{-1} followed by genotypes no. 4, 2 and 5, respectively. Genotypes no. 76, 72, 70, 74 and 66 had the lowest fruit yield plant^{-1}, respectively. Principal components analysis showed that three independent components explained 63% of the total variation. Cluster analysis using Ward method clustered studied eggplant genotypes in four different groups. These results were consistent with fruit yield performance of eggplant genotypes. Stepwise regression showed that three traits of fruit number plant^{-1}, fruit weight and fruit width had the greatest effect on fruit yield plant^{-1}. Path analysis showed that fruit weight and fruit number plant^{-1} traits had direct effect on fruit yield plant^{-1}. The results of this research can be used to develop breeding populations for selection pure lines in eggplant breeding programs.

Keywords: Eggplant, fruit number plant^{-1}, fruit weight, fruit yield plant^{-1}, germplasm.

Introduction

Eggplant (*Solanum melongena* L.) is the fifth most important vegetable crop in the world. Iran ranks sixth in global eggplant production. Currently, all the commercial hybrid cultivars grown in Iran are imported, and the efforts of Iranian eggplant breeders for development of hybrid cultivars are progressing. The initial step in eggplant breeding involves collecting germplasm and assessing the level of genetic diversity of different traits (Prohens *et al.*, 2005) The objectives of this research were: 1. Assessment of the genetic diversity in eggplant germplasm, 2. Grouping eggplant genotypes and evaluating the relationships between fruit yield related traits, and 3. Selection of superior genotypes to be used for crossing in eggplant breeding programs.

Materials and Methods

In this study, 86 different commercial eggplant genotypes were collected from different sources. The seeds of eggplant genotypes were sown in greenhouse using complete randomized block design with three replications under greenhouse conditions at Negin Bazr Danesh Company, Khorasgan Azad University, Isfahan, Iran, in winter 2020. Genotypes fruit yield plant^{-1} and yield-related traits were measured evaluated. Normality of the data was tested using Minitab 18.1. Analysis of variance as well as mean comparisons were performed, using LSD, using SAS 9.4. Cluster analysis, principal component analysis, and correlation between traits were performed using Minitab 18.1 for grouping genotypes and studying trait relationships. Path analysis was carried out by Path 2 software.

Results and Discussion

Fruit yield plant^{-1}, fruit number plant^{-1} and fruit weight of genotypes varied from 60.3 to 5151 grams, 1.23 to 39 and 14.3 to 387.9 grams, respectively. Analysis of variance of data showed that genotypes had significant differences for all measured traits. Mean comparison revealed that the cv. Sable had the highest fruit yield plant^{-1} followed by genotypes no. 4, 2 and 5, respectively. Genotypes no. 76, 72, 70, 74 and 66 had the lowest fruit yield plant^{-1}, respectively.

Principal components analysis showed that three independent components explained 63% of the total variation. Cluster analysis using Ward method clustered studied eggplant genotypes in four different groups. These results were consistent with fruit yield performance of eggplant genotypes. Stepwise regression showed that three traits of fruit number plant^{-1}, fruit weight and fruit width had the greatest effect on fruit yield plant^{-1}. Path analysis showed that fruit weight and fruit number plant^{-1} traits had direct effect on fruit yield plant^{-1}. These results were consistent with fruit yield performance of eggplant genotypes. Stepwise regression showed that three traits of fruit number plant^{-1}, fruit weight and fruit width had the greatest effect on fruit yield plant^{-1}. Path analysis

showed that fruit weight and fruit number plant^{-1} traits had direct effect on fruit yield plant^{-1}.

Kameli *et al*. (2020) evaluated different eggplant genotypes and grouped them in four groups using cluster analysis. Genotypes in different groups can be used in hybridization programs to incorporate genetic diversity in breeding materials. Uddin *et al.* (2021) studied 130 local eggplant germplasm to select parents for eggplant breeding program and reported that fruit yield plant^{-1} significantly correlated with fruit diameter, number of fruits plant^{-1} and fruit weight. Genetic diversity in Iranian eggplant landraces has been used for selection of pure lines and new cultivars in the national eggplant breeding program of Iran (Bagheri *et al*., 2014).

Therefore, it is suggested that the eggplant cultivars in the first and second groups, in the present research, can be used to develop breeding populations for selection pure lines and new cultivars in eggplant breeding programs.

References:

Bagheri, M., Keshavarz, S., Zarbakhsh, A.J. and Salmani, K.A. 2014. Selected lines from Iranian eggplant landraces in advanced yield trails. *Seed and Plant Journal*, *29*(1), pp.857-859 (in Persian). DOI: 10.22092/spij.2017.111195

Kameli, A.M., Kiani, G. and Kazemitabar, S.K. 2020. The evaluation of phenotypic diversity in eggplant (*Solanum melongena L.*) genotypes. *Journal of Vegetables Sciences*, *3*(6), pp.31-41. DOI: 10.22034/iuvs.2020.114655.1071

Prohens, J., Blanca, J.M. and Nuez, F. 2005. Morphological and molecular variation in a collection of eggplants from a secondary center of diversity: Implications for conservation and breeding. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *130*(1), pp.54-63. DOI: 10.21273/JASHS.130.1.54

Uddin, M.S., Billah M., Afroz R., Rahman, S., Jahan, N., Hossain, M.G., Bagum S.A., Uddin, M.S., Khaldun, A.B.M., Azam, M.G., Hossein, N., Akanada, M.A.L., Alhormani, M., Gaber, A. and Hossein, A. 2021. Evaluation of 130 eggplant (*Solanum melongena* L.) genotypes for future breeding program based on qualitative and quantitative traits, and various genetic parameters. *Horticulturae*, *7*(10), 376. DOI: 10.3390/horticulturae7100376

*Corresponding author: vmohammadi@ut.ac.ir Tel.: +982632246074

Received: 29 June 2023
Accepted: 19 September 2023