

ارزیابی تنوع فنوتیپی ژنوتیپ‌های بادنجان (*Solanum melongena* L.)عراز محمد کاملی<sup>۱</sup>، غفار کیانی<sup>۲\*</sup> و سید کمال کاظمی تبار<sup>۲</sup>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران

۲- دانشیار گروه اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران

\* نویسنده مسئول: gh.kiani@sanru.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۳۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۲۱)

## چکیده

بادنجان (*Solanum melongena* L.) یکی از محصولات زراعی مهم در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری است. مطالعه تنوع بین ارقام موجود برای ایجاد ارقام جدید ضروری است. این پژوهش با هدف مطالعه خصوصیات کمی و روابط صفات در ۱۴ ژنوتیپ بادنجان انجام شد. ارقام و ژنوتیپ‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال ۱۳۹۷ کشت شدند. صفات مختلفی از جمله ارتفاع بوته، وزن میوه، تعداد میوه در بوته، روز تا ۵۰ درصد گلدهی، تعداد شاخه در بوته، طول میوه، قطر میوه و عملکرد میوه اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر تمام صفات اندازه‌گیری شده اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد. نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که ژنوتیپ AVF1 به‌عنوان ژنوتیپ با عملکرد میوه در بوته بالا شناسایی شد. بررسی همبستگی صفات نشان داد که عملکرد میوه با صفات وزن میوه، تعداد میوه در بوته، تعداد شاخه در بوته و طول میوه ارتباط مثبت و معنی‌داری داشت. تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که صفات تعداد میوه در بوته و وزن میوه وارد مدل نهایی شدند. تجزیه بای‌پلات بر اساس دو مؤلفه اول نشان داد که تنوع ژنتیکی مناسبی در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی وجود دارد که از این تنوع می‌توان در تدوین برنامه‌های به‌نژادی بادنجان مورد استفاده قرار گیرد. همچنین با توجه به ارتباط مستقیم تعداد میوه در بوته و وزن میوه با عملکرد میوه می‌توان از این دو ویژگی به‌عنوان شاخص انتخاب برای بهبود عملکرد در بادنجان بهره گرفت.

واژه‌های کلیدی: آمار چند متغیره، صفات کمی، عملکرد میوه، همبستگی.

## مقدمه

استفاده می‌شود. گیاه بادنجان به‌عنوان عضوی از سرده بادنجان با گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) و سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) مربوط است. بادنجان جزء غذاهای بسیاری از کشورها است. با توجه به بافت و حجم آن، گاهی اوقات به‌عنوان یک جایگزین گوشت در غذاهای گیاهخواران و دستوره‌های آشپزی

بادنجان (*Solanum melongena* L.) گیاهی خوراکی از تیره بادنجانیان است. به‌نظر می‌رسد که این گیاه بومی هندوستان بوده است. این گیاه در تمام مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری رشد می‌کند. ارتفاع آن به ۴۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر نیز می‌رسد. این گیاه به‌طور گسترده‌ای در آشپزی

علی‌رغم اهمیت گیاه بادنجان، مطالعات به‌نژادی کمی در رابطه با این گیاه در ایران صورت گرفته است. لذا مطالعات بیشتری را به‌ویژه در ارتباط با مطالعه لاین‌های جدید و نیز ژنوتیپ‌های بومی کشور می‌طلبند. توده‌های بومی زیادی در نقاط مختلف کشور از جمله چاه‌بلند نیشابور، جویبار مازندران، قلمی ورامین، سرخون بندرعباس، قصری دزفول، جهرم، برازجان، دستگرد اصفهان، یزد، لرستان و شندآباد وجود دارد (Bagheri *et al.*, 2014). در این تحقیق مجموعه‌ای از ارقام زراعی بادنجان انتخاب و از طریق روش‌های آماری چند متغیره، تنوع صفات آگرومورفولوژیک بررسی شد. اطلاعات به‌دست آمده از این تحقیق در طراحی برنامه‌های اصلاحی و انتخاب درست والدین در برنامه‌های اصلاحی از طریق دورگ‌گیری مفید خواهد بود.

#### مواد و روش‌ها

این پژوهش در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال ۱۳۹۷ انجام شد. مواد گیاهی در این پژوهش شامل تعداد ۱۴ ژنوتیپ بادنجان با اسامی جهرم، بلک‌بیوتی (Black beauty)، برازجان، لید، لیما، یلدا، بم، کیم، بلکی، لیندا، مازند (Mz)، هیبرید مازند ۱ (AVF1)، هیبرید مازند ۲ (VAF1) و رقم ورامین (V) بود. ارقام و ژنوتیپ‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار کشت شدند. بلوک‌ها در ابعاد دو متر عرض و پنج متر طول در نظر گرفته شد. فاصله کشت در کرت‌ها به این صورت بود که فاصله ردیف‌ها از یکدیگر ۴۵-۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها در ردیف هم ۲۵-۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. پس از کشت، آبیاری به‌صورت منظم انجام شد و وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی صورت گرفت.

آنها مورد استفاده قرار می‌گیرد. گوشت میوه همانند گوجه‌فرنگی نرم است. دانه‌های زیادی دارد که همانند سایر قسمت‌های گیاه نرم و خوردنی هستند. پوست آن هم خوراکی است (Sharma, 2017). از آنجا که تقاضا برای تولید این محصول رو به افزایش است، ایجاد ارقام جدید پر محصول این سبزی ضروری است.

اطلاعات در خصوص میزان و ماهیت تنوع ژنتیکی در داخل گونه‌های زراعی برای طراحی و اثر برنامه‌های اصلاحی بسیار ضروری است. اصلاحگران تمایل به گروه‌بندی لاین‌ها و ژرم‌پلاسم و شناسایی روابط ژنتیکی دارند. پیشرفت در برنامه‌های اصلاحی به مقدار تنوع موجود در خزانه ژنی بستگی دارد. تعیین مشخصات ریخت‌شناسی به‌طور معمول اولین گام در توصیف و کلاس‌بندی مجموعه ژرم‌پلاسم است (Devi *et al.*, 2016).

Bagheri و همکاران (۲۰۱۶) ۱۱ توده بومی بادنجان ایران را در سه سال مورد بررسی قرار دادند و از بین لاین‌های تولید شده، تعداد ۲۲ لاین را جهت برنامه‌های اصلاحی معرفی نمودند. Devi و همکاران (۲۰۱۵) با انجام تحقیقاتی برای تعیین مشخصات کشت شده لاین‌های اصلاح شده بادنجان و گونه‌های مرتبط وحشی در هند تعداد ۲۰ واریته زراعی را با چهار واریته وحشی بر اساس ۱۳ صفت ریختی مقایسه کردند و آنها را در چهار دسته طبقه‌بندی کردند. الگوی خوشه‌بندی نشان داد که ۲۴ ژنوتیپ به‌دلیل موقعیت منشأ جغرافیایی توزیع نشده‌اند. Begum و همکاران (۲۰۱۳) تنوع مورفولوژیکی ۹۲ ژنوتیپ بادنجان در بنگلادش مطالعه کردند. تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه وجود دارد و به این نتیجه رسیدند که بین ۹۲ ژنوتیپ مورد مطالعه تنوع قابل‌ملاحظه‌ای وجود دارد.

حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) مورد بررسی قرار گرفت. همبستگی صفات، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی تجزیه خوشه‌ای و بای‌پلات به کمک نرم‌افزار XLSTAT نسخه ۲۰۱۶ انجام شد. تجزیه علیت برای محاسبه اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات مؤثر بر عملکرد میوه با استفاده از نرم‌افزار Path Analysis انجام شد.

### نتایج و بحث

#### تجزیه واریانس صفات

آماره توصیفی برای صفات مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است. در بین صفات مورد بررسی صفات عملکرد میوه، تعداد شاخه در بوته و تعداد میوه در بوته به ترتیب با ضریب تغییرات ۲۵/۴۱، ۱۹/۳۸ و ۱۶/۵۱ بیشترین تنوع فنوتیپی را داشتند. بنابراین انتخاب برای بهبود این صفات مؤثر خواهد بود.

پس از سبز شدن و در مراحل مختلف رشد گیاه صفات مهم ژنوتیپ‌های مختلف یادداشت‌برداری شد. صفات مختلفی از جمله ارتفاع بوته (در زمان برداشت)، وزن تک‌میوه، تعداد میوه در بوته، روز تا ۵۰ درصد گلدهی، تعداد شاخه در بوته، طول میوه و قطر میوه (با کولیس) و عملکرد میوه با ترازوی دیجیتال با دقت  $\pm 0/1$  اندازه‌گیری و ثبت شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها بعد از یادداشت‌برداری و مشاهده صفات انجام شد. تجزیه‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS نسخه ۹/۱، SPSS نسخه ۱۶، XLSTAT و Path Analysis انجام شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به کمک نرم‌افزار SAS انجام شد. به منظور مشخص شدن اختلاف بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر صفات اندازه‌گیری شده، اختلاف بین میانگین ژنوتیپ‌ها از نظر هر صفت با استفاده از آزمون مقایسه میانگین

جدول ۱- آماره‌های توصیفی صفات مطالعه شده در ژنوتیپ‌های بادمجان

صفات	دامنه تغییرات	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	ضریب تنوع (درصد)
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	۲۶/۰۰	۵۳/۳۳	۷۹/۳۳	۶۳/۸۳	۹/۲۶	۱۴/۵۱
وزن تک‌میوه (گرم در بوته)	۴۱/۳۳	۵۶/۰۰	۹۷/۳۳	۷۶/۷۱	۱۱/۷۵	۱۵/۳۲
تعداد میوه در بوته	۱۵/۳۰	۱۷/۷۰	۳۳/۰۰	۲۴/۴۱	۴/۰۳	۱۶/۵۱
روز تا ۵۰ درصد گلدهی	۱۸/۴۰	۵۰/۳۰	۶۸/۷۰	۵۹/۴۵	۶/۰۶	۱۰/۱۹
تعداد شاخه در بوته	۴/۴۰	۴/۹۰	۹/۳۰	۶/۷۶	۱/۳۱	۱۹/۳۸
طول میوه (سانتی‌متر)	۶/۶۳	۱۰/۴۷	۱۷/۱۰	۱۳/۴۳	۲/۱۸	۱۶/۲۳
قطر میوه (سانتی‌متر)	۲/۰۷	۴/۲۰	۶/۲۷	۵/۳۲	۰/۷۸	۱۴/۶۶
عملکرد میوه (کیلوگرم در بوته)	۱/۶۰	۱/۰۳	۲/۶۳	۱/۸۱	۰/۴۶	۲۵/۴۱

#### مقایسه میانگین صفات

نتایج مقایسه میانگین به تفکیک صفات در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های AVF1، بم، برازجان، لیدا و لیندا ارتفاع بوته در حد شاهد (ورامین) داشتند ولی سایر ژنوتیپ‌ها نسبت به شاهد ارتفاع کمتر و معنی‌داری در سطح پنج درصد داشتند. ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر صفت وزن میوه دارای تنوع مناسبی

بودند. به طوری که ژنوتیپ AVF1 که دارای ارتفاع بالایی بود، از وزن تک‌میوه بالایی (۹۷/۳۳ گرم) نیز برخوردار بود. از طرفی رقم بلکی وزن میوه پایین (۵۶ گرم) و معنی‌داری نسبت به شاهد داشت. رقم بلاک‌بیوتی بیشترین تعداد میوه در بوته (۳۳) را به خود اختصاص داد ولی با ژنوتیپ ورامین اختلاف معنی‌دار نداشت. از طرفی، ارقام بم، بلکی، کیم و لیما کمترین تعداد میوه در بوته را به خود اختصاص

طول میوه (۱۷/۱۰ سانتی‌متر) بود و از طرفی ژنوتیپ‌های بلک‌بیوتی، بلکی، برازجان، جهرم، کیم و لیما کمترین میزان طول میوه را داشتند. بر اساس نتایج جدول ۲ ژنوتیپ‌های لیدا و برازجان به ترتیب با ۶/۲۷ و ۴/۲۰ سانتی‌متر دارای بیشترین و کمترین قطر میوه در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بودند. ژنوتیپ AVF1 با ۲/۶۳ (کیلوگرم) در بوته به‌عنوان بهترین ژنوتیپ با عملکرد بالا نسبت به شاهد (۱/۸۷ کیلوگرم) شناسایی شدند. در حالی‌که کمترین عملکرد به رقم بلکی (۱/۰۳ کیلوگرم) اختصاص داشت (جدول ۲).

دادند و در سطح پایین و معنی‌داری نسبت به شاهد بودند. ژنوتیپ‌های مورد بررسی بین ۵۰ الی ۶۹ روز به ۵۰ درصد گلدهی رسیدند. عدد ۵۰ روز (زودرس) مربوط به رقم لیدا و ۶۹ روز (دیر رس) مربوط به ژنوتیپ‌های ورامین و جهرم بود (جدول ۲).

نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های بم، بلکی، کیم، لیندا و AVF1 از نظر ویژگی تعداد شاخه در حد شاهد بودند در حالی‌که سایر ژنوتیپ‌ها از نظر این صفت بالاتر از شاهد بودند. از نظر طول میوه نتایج نشان داد که ژنوتیپ لیدا دارای بیشترین میزان

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات در ژنوتیپ‌های مختلف بادنجان

ژنوتیپ	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	وزن تک‌میوه (گرم)	تعداد میوه در بوته	روز تا ۵۰ درصد گلدهی	تعداد شاخه در بوته	طول میوه (سانتی‌متر)	قطر میوه (سانتی‌متر)	عملکرد میوه در بوته (کیلوگرم)
جهرم	۵۳/۳۳*	۷۸/۳۳	۲۵/۳	۶۸/۷	۷/۱*	۱۲/۶۷	۵/۰۳*	۲/۰۳
بلاک	۵۶/۳۳*	۶۸/۳۳	۳۳/۰	۶۰/۷	۹/۳*	۱۰/۹۷*	۴/۴۰*	۲/۳۷
بیوتی	۷۷/۳۳	۷۳/۰۰	۲۴/۳	۵۷/۳*	۷/۳*	۱۰/۴۷*	۴/۲۰*	۱/۶۰
برازجان	۷۳/۶۷	۹۷/۰۰	۲۸/۳	۶۴/۷	۸/۷*	۱۷/۱۰*	۶/۲۷	۲/۴۷
لیدا	۵۳/۶۷*	۶۴/۳۳*	۲۱/۳*	۵۷/۷*	۶/۹*	۱۱/۵۰*	۴/۵۷*	۱/۳۳
لیما	۵۷/۶۷*	۶۹/۶۷	۲۳/۷	۵۰/۳*	۶/۴	۱۴/۶۰	۵/۸۳	۱/۶۳
یلدا	۷۰/۶۷	۸۳/۳۳	۲۰/۷*	۵۵/۰*	۵/۵	۱۵/۵۷	۶/۲۰	۱/۶۰
بم	۵۶/۶۷*	۶۶/۶۷	۱۸/۷*	۵۲/۰*	۴/۹	۱۲/۸۰*	۵/۰۳*	۱/۳۳
کیم	۵۵/۰۰*	۵۶/۰۰*	۱۷/۷*	۶۴/۳	۵/۱	۱۰/۵۳*	۴/۳۷*	۱/۰۳*
بلکی	۶۶/۰۰	۷۵/۳۳	۲۵/۷	۵۳/۰*	۵/۷	۱۳/۲۷	۵/۲۷*	۱/۷۳
لیندا	۶۰/۶۷*	۸۲/۶۷	۲۶/۰	۵۸/۳*	۸/۰*	۱۵/۲۷	۶/۰۱	۲/۱۰
مازند (MZ)	۷۹/۳۳	۹۷/۳۳	۲۶/۷	۵۶/۳*	۶/۸	۱۶/۲۳	۶/۲۳	۲/۶۳*
AVF1	۶۰/۳۳*	۷۷/۶۷	۲۳/۰	۶۵/۳	۷/۳*	۱۲/۱۷*	۴/۸۳*	۱/۶۷
VAF1	۷۳/۰۰	۸۴/۳۳	۲۷/۳	۶۸/۷	۵/۸	۱۴/۷۷	۶/۲۰	۱/۸۷
ورامین (شاهد)	۱۱/۶۷	۱۹/۷۵	۵/۹۱	۹/۳۴	۱/۰۷	۱/۹۳	۰/۷۳	۰/۷۴

\* اختلاف معنی‌دار نسبت به شاهد در سطح ۵ درصد

دارای اختلاف معنی‌داری بودند که نشان‌دهنده تنوع مطلوب بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی جهت

در مجموع، ژنوتیپ‌های مورد آزمایش در این پژوهش از نظر صفات اندازه‌گیری شده از نظر آماری

میوه، عملکرد میوه با تعداد میوه در بوته، تعداد شاخه در بوته و طول میوه معنی‌دار بود. در حالی که عملکرد میوه با ارتفاع بوته، روز تا ۵۰ درصد گلدهی و قطر میوه همبستگی معنی‌داری نداشت. همچنین روز تا ۵۰ درصد گلدهی با هیچ‌کدام از صفات اندازه‌گیری شده همبستگی معنی‌داری نشان نداد (جدول ۳).

در این پژوهش، همبستگی عملکرد میوه به‌عنوان مهمترین صفت اقتصادی با وزن تک‌میوه، تعداد میوه در بوته، تعداد شاخه در بوته و طول میوه معنی‌دار بود. در حالی که در پژوهش Tripathy و همکاران (۲۰۱۸) عملکرد میوه در بوته با هیچ‌کدام از صفات فوق همبستگی معنی‌داری نشان نداد. اما Asati (۲۰۰۱) همبستگی معنی‌داری بین عملکرد میوه در بوته با صفات تعداد شاخه در بوته و تعداد میوه در بوته پیدا 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 (Tripathy et al., 2018).

برنامه‌های اصلاحی بود. ژنوتیپ AVFI دارای بالاترین عملکرد میوه (افزایش عملکرد ۴۱ درصد نسبت به شاهد) نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بود. از طرفی ژنوتیپ بلکی دارای کمترین عملکرد میوه و نیز دارای ارتفاع، وزن میوه، تعداد میوه، طول و قطر پایین‌تری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بود که جهت مطالعه مکانیسم‌های وراثتی در صفات مذکور می‌توان از این دو ژنوتیپ به‌عنوان والدین مناسب برای تهیه جمعیت تفرق آستانه‌ای استفاده نمود. Kazerani و Mivehchi-Langaroudi (۲۰۰۰) در پژوهشی با بررسی عملکرد ارقام بادنجان دلمه‌ای در بوشهر ارقام AUB127 و Black Beauty با افزایش عملکردی ۵۷ و ۴۴ درصدی نسبت به شاهد به‌عنوان ارقام برتر جهت کشت در منطقه بوشهر برگزیدند.

#### همبستگی بین صفات

بر اساس ضرایب موجود در جدول ۳ به‌خوبی دیده می‌شود که همبستگی وزن تک‌میوه با ارتفاع، تعداد شاخه در بوته با تعداد میوه در بوته، طول، قطر و عملکرد میوه با وزن تک‌میوه، طول میوه با قطر

جدول ۳- همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های مختلف بادنجان

ارتفاع بوته	وزن تک‌میوه	تعداد میوه در بوته	روز تا ۵۰ درصد گلدهی	تعداد شاخه در بوته	طول میوه	قطر میوه	عملکرد میوه
۱	۰/۷۳**	۱	۱	۱	۱	۱	۱
وزن تک‌میوه	۰/۴۹	۰/۲۸	۰/۲۵	۰/۷۸**	۰/۲۴	۰/۷۸**	۰/۸۵**
تعداد میوه در بوته	۰/۱۸	-۰/۰۳	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۴	۰/۲۱	۰/۷۹**
روز تا ۵۰ درصد گلدهی	۰/۱۸	-۰/۰۳	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۴	۰/۲۱	۰/۷۹**
تعداد شاخه در بوته	۰/۳۳	۰/۰۶	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۴	۰/۲۱	۰/۷۹**
طول میوه	۰/۸۴**	۰/۵۱	-۰/۰۹	۰/۲۷	۰/۲۴	۰/۲۱	۰/۷۹**
قطر میوه	۰/۷۸**	۰/۴۹	-۰/۰۷	۰/۲۷	۰/۲۴	۰/۲۱	۰/۷۹**
عملکرد میوه	۰/۷۹**	۰/۴۴	۰/۱۹	۰/۲۷	۰/۲۴	۰/۲۱	۰/۷۹**

\* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

#### گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها

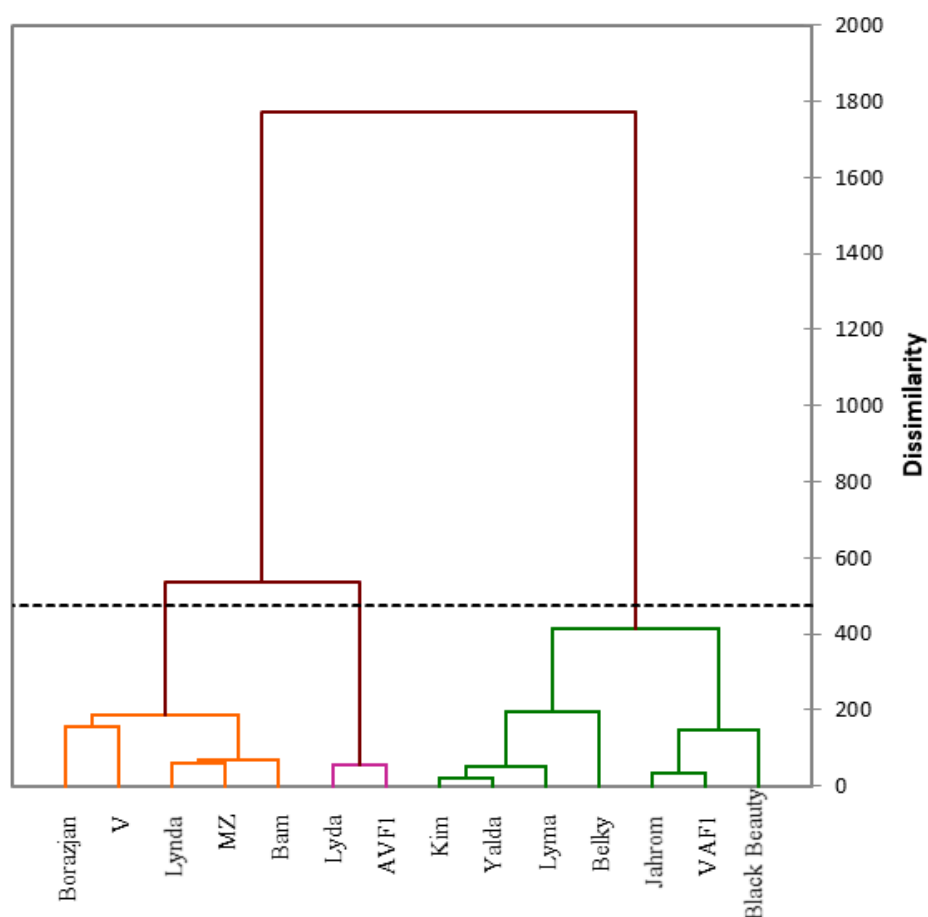
اقلیدوسی و روش وارد، ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر صفات اندازه‌گیری شده در سه گروه مجزا قرار

مطابق گروه‌بندی انجام شده بر اساس فاصله

حکایت دارد. در این رابطه، Uddin و همکاران (۲۰۱۴) نیز ۱۸ ژنوتیپ مختلف بادنجان را با تجزیه کلاستر، در چهار گروه مجزا قرار دادند. آنها همچنین ادعا کردند که الگوی پراکندگی ژنوتیپ‌ها با الگوی پراکندگی جغرافیایی آنها مطابقت نداشت. ژنوتیپ‌های موجود در کلاسترهای مختلف می‌توانند در برنامه‌های دورگ‌گیری به‌منظور دستیابی به حداکثر تنوع در بین نتاج مورد استفاده قرار گیرند. نتایج مشابهی توسط Uddin و همکاران (۲۰۱۴) نیز گزارش شده است.

گرفتند. ژنوتیپ‌های موجود در این سه گروه عبارتند از گروه اول شامل ژنوتیپ‌های بلاک بیوتی، VAF1، جهرم، بلکی، لیما، یلدا و کیم، گروه دوم شامل ژنوتیپ‌های VFA1 و لیدا و گروه سوم شامل ژنوتیپ‌های بم، MZ، لیندا، V و برازجان (شکل ۱).

نتایج تجزیه کلاستر ۱۴ ژنوتیپ مورد بررسی در این پژوهش نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر صفات مختلف در گروه‌های مختلفی قرار گرفتند که این گروه‌بندی از تنوع بین ژنوتیپ‌ها



شکل ۱- دندروگرام حاصل از گروه‌بندی ژنوتیپ‌های بادنجان بر اساس صفات مورد مطالعه

مستقل در جدول ۴ نشان داده شده است. بر اساس نتایج حاصله، دو صفت تعداد میوه در بوته و وزن تک‌میوه وارد مدل نهایی (  $Y = -1.36 + 0.069X_1 + 0.019X_2$  ) شدند و ضریب تبیین ( $R^2$ ) تصحیح

#### تجزیه رگرسیون

نتایج تجزیه رگرسیون خطی به روش گام‌به‌گام یا مرحله‌ای برای صفت عملکرد تک‌میوه به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به‌عنوان متغیرهای

شده مربوط به مدل مربوطه برابر با ۰/۸۹ بود. صفت عملکرد میوه در بوته به‌عنوان اقتصادی‌ترین بنابراین صفات مذکور دارای رابطه خطی قوی با صفت هستند (جدول ۴).

جدول ۴- تجزیه رگرسیون مرحله‌ای برای صفات مطالعه شده در ژنوتیپ‌های بادنجان

F	R <sup>2</sup> تصحیح شده	R <sup>2</sup>	ضرایب رگرسیونی		عرض از مبدأ	متغیرهای اضافه شده در هر مرحله
			X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>		
۳۰/۷۸**	۰/۶۹	۰/۷۲	-	۰/۰۹۷	- ۰/۵۵	تعداد میوه در بوته (X <sub>1</sub> )
۵۲/۲۹**	۰/۸۹	۰/۹۰	۰/۰۱۹	۰/۰۶۹	- ۱/۳۶	وزن تک میوه (X <sub>2</sub> )
مدل نهایی						
$Y = -1/36 + 0/069 X_1 + 0/019 X_2$						

\*\* معنی‌دار در سطح ۱ درصد

نتایج تجزیه مسیر (تجزیه علیت) صفات ارتفاع بوته، وزن تک‌میوه، تعداد میوه در بوته، روز تا ۵۰ درصد گلدهی، تعداد شاخه در بوته، طول میوه، قطر میوه به‌عنوان متغیرهای مستقل و عملکرد میوه در بوته به‌عنوان متغیر وابسته در جدول ۵ نشان داده شده است. در این جدول اثرات مستقیم (روی قطر ماتریس) و غیرمستقیم (خارج از قطر ماتریس) صفات به‌عنوان متغیرهای مستقل بر عملکرد میوه در بوته به‌عنوان متغیر وابسته دیده می‌شود. همان‌طور که در این جدول دیده می‌شود وزن تک‌میوه (۰/۷۳) و پس از آن تعداد میوه در بوته (۰/۶۲) دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد میوه بودند. نتایج همبستگی ساده نیز نشان می‌دهد که این دو صفت دارای همبستگی بالا (۰/۷۹ و ۰/۸۵) و معنی‌داری با عملکرد میوه در بوته است.

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

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 بوته و وزن تک‌میوه تشکیل شد. در تأیید این مطلب، با توجه به جدول همبستگی بین صفات (جدول ۳) نیز می‌توان به وجود رابطه قوی بین تعداد میوه در بوته ( $r=0.85$ ) و وزن تک‌میوه ( $r=0.79$ ) با عملکرد میوه پی برد. این نتایج اهمیت دست‌یابی به عملکرد نهایی را از طریق صفات ذکر شده می‌رساند و با توجه به مثبت بودن ضرایب رگرسیونی برای دو صفت فوق در معادله می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش تعداد میوه در بوته و وزن تک‌میوه به عملکرد بالاتری دست یافت. Ghorbanpour و همکاران (۲۰۱۸) نیز برای تعیین سهم اثرات تجمعی صفات در تعیین عملکرد میوه در گیاه گوجه‌فرنگی از رگرسیون گام‌به‌گام استفاده نمودند. بدین منظور از عملکرد در واحد سطح به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل انتخاب و صفات کم تأثیر و یا بی‌تأثیر از مدل حذف گردیدند. در نهایت تنها صفت تعداد میوه به‌عنوان صفت تأثیرگذار وارد مدل شد و ۸۹ درصد از تغییرات عملکرد میوه در هکتار را توجیه نمود. تجزیه مسیر

میوه در بوته دارای بیشترین اثر غیرمستقیم از طریق صفت تعداد شاخه در بوته بود. این نتیجه با نتایج بسیاری از محققین که اثر مستقیم و مثبت تعداد میوه در بوته بر عملکرد میوه در گوجه‌فرنگی را گزارش کرده‌اند، مطابقت داشت (Ghorbanpour *et al.*, 2018; Kumari & Sharma, 2014; Srivastava *et al.*, 2013; Ara *et al.*, 2009).

بنابراین می‌توان چنین استباط نمود که دو صفت تعداد میوه در بوته و وزن تک‌میوه که دو صفت وارد شده به مدل رگرسیونی بودند، در تجزیه مسیر نیز دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد میوه در این گیاه بودند. هر چند وزن تک‌میوه از طریق طول و قطر میوه و ارتفاع بوته نیز دارای اثر غیرمستقیم بر عملکرد میوه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی بادنجان بود. این در حالی است که تعداد

جدول ۵- تجزیه علیت عملکرد میوه و اجزای آن با اثرات مستقیم (روی قطر به صورت برجسته) و غیرمستقیم در ژنوتیپ‌های بادنجان

صفات	ارتفاع بوته	وزن تک‌میوه	تعداد میوه در بوته	روز تا ۵۰ درصد گلدهی	تعداد شاخه در بوته	طول میوه	قطر میوه	همبستگی با عملکرد
ارتفاع بوته	۰/۲۲-	۰/۵۳	۰/۱۸	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۲۶	۰/۳۰-	۰/۴۴
وزن تک‌میوه	۰/۱۶-	۰/۷۳	۰/۳۰	-۰/۰۱	-۰/۰۲	۰/۴۳	۰/۴۸-	۰/۷۹
تعداد میوه در بوته	۰/۰۶-	۰/۳۵	۰/۶۲	-۰/۰۲	-۰/۰۴	۰/۱۲	۰/۱۳-	۰/۸۵
روز تا ۵۰ درصد گلدهی	۰/۰۱	۰/۱۳	۰/۱۶	-۰/۰۸	-۰/۰۱	-۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۱۹
تعداد شاخه در بوته	۰/۰۱-	۰/۲۴	۰/۴۹	-۰/۰۲	-۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۷۰
طول میوه	۰/۱۱-	۰/۶۱	۰/۱۵	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۵۱	۰/۶۰-	۰/۵۷
قطر میوه	۰/۱۱-	۰/۵۷	۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۵۰	۰/۶۱-	۰/۴۹

#### تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و رسم بای‌پلات

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای چهار مؤلفه اول در جدول ۶ آورده شده است. از آنجایی که دو مؤلفه اول سهم بالایی (۷۶/۹۳ درصد) از تنوع موجود را توجیه نمودند، لذا اقدام به رسم بای‌پلات صفات و ژنوتیپ‌ها بر اساس این دو مؤلفه گردید.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی یک روش استاندارد برای تجزیه داده‌هاست. زیرا روشی ساده و ناپارامتری برای کاهش حجم داده‌ها می‌باشد که به مشخص شدن مؤلفه‌های مرتبط می‌انجامد. Banerjee و همکاران (۲۰۱۸) و Patel و همکاران (۲۰۱۸) نیز از این روش برای بررسی تنوع بین ژنوتیپ‌های بادنجان کمک گرفتند و با استفاده از

نتایج آن به رسم بای‌پلات پرداختند.

مؤلفه اول اهمیت تمام صفات به غیر از روز تا ۵۰ درصد گلدهی را در تنوع نشان می‌دهد و می‌توان این مؤلفه را زودرسی نامید. مؤلفه دوم اهمیت صفات تعداد شاخه در بوته، تعداد میوه در بوته و روز تا ۵۰ درصد گلدهی را در مقابل قطر میوه و طول میوه را نشان می‌دهد (جدول ۶).

با توجه به نمودار بای‌پلات صفات و ژنوتیپ‌های بادنجان بر اساس دو مؤلفه PC1 و PC2، رقم AVF1 به‌عنوان رقمی پرمحصول و زودرس و لیدا به‌عنوان رقمی پرمحصول و دیررس گزارش می‌گردد (شکل ۲). همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، تنوع خوبی در بین ژنوتیپ‌ها از نظر این دو

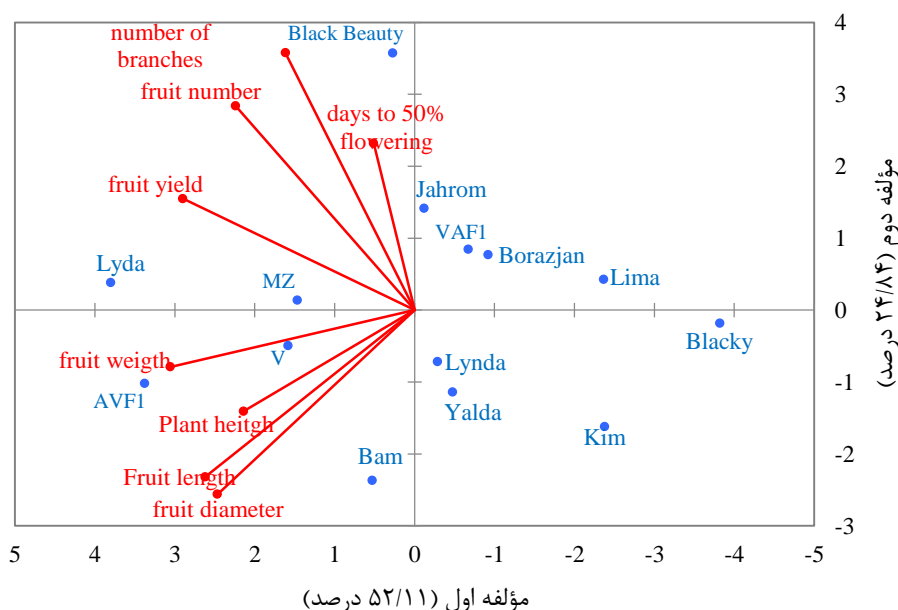


ژنوتیپ‌های مورد بررسی است که در این پژوهش صفات تعداد شاخه در بوته و طول و قطر میوه تنوع بیشتری نسبت به سایر صفات داشتند و صفات روز تا ۵۰ درصد گلدهی و ارتفاع بوته تنوع کمتری نسبت به سایر صفات داشتند. ژنوتیپ بلاک بیوتی از نظر دو مؤلفه اول کمترین شباهت را به سایر ژنوتیپ‌ها داشت و دارای بیشترین میزان مؤلفه دوم بود (شکل ۲).

مؤلفه وجود دارد. صفات روز تا ۵۰ درصد گلدهی، تعداد شاخه در بوته، تعداد میوه در بوته و عملکرد میوه با همدیگر و صفات وزن تک میوه، ارتفاع بوته، طول میوه و قطر میوه با همدیگر همبستگی بالایی دارند، زیرا زاویه کم بین خطوطی که صفات را به مرکز مختصات وصل می‌کند، نشان‌دهنده همبستگی بین آنهاست. همچنین طول این خط نشان‌دهنده میزان تنوع آن صفت در بین

جدول ۶- تجزیه به مختصات اصلی (PCA) برای صفات اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های بادمجان

صفات	PC <sub>1</sub>	PC <sub>2</sub>	PC <sub>3</sub>	PC <sub>4</sub>
ارتفاع بوته	۰/۶۶۵	-۰/۳۰۲	۰/۰۳۴	۰/۶۷۶
وزن تک میوه	۰/۹۵۰	-۰/۱۶۹	۰/۱۳۹	۰/۰۷۹
تعداد میوه در بوته	۰/۶۹۶	۰/۶۰۹	-۰/۱۹۸	۰/۰۱۷
روز تا ۵۰ درصد گلدهی	۰/۱۶۰	۰/۴۹۷	۰/۸۵۲	-۰/۰۲۹
تعداد شاخه در بوته	۰/۵۰۲	۰/۷۶۷	-۰/۲۲۳	-۰/۰۷۴
طول میوه	۰/۸۱۴	-۰/۴۹۷	۰/۰۲۰	-۰/۲۸۱
قطر میوه	۰/۷۶۷	-۰/۵۴۹	۰/۰۸۱	-۰/۲۸۵
عملکرد میوه	۰/۹۰۱	۰/۳۳۲	-۰/۱۳۳	-۰/۰۵۳
درصد تجمعی تغییرات	۵۲/۱۱	۷۶/۹۳	۸۷/۶۷	۹۵/۵۶



شکل ۲- نمودار بای پلات صفات و ژنوتیپ‌های بادمجان بر اساس دو مؤلفه PC1 و PC2

## نتیجه‌گیری

طول میوه همبستگی بالا و معنی‌داری داشت. بر اساس نتایج تجزیه رگرسیون، دو صفت تعداد میوه در بوته و وزن تک‌میوه وارد مدل نهایی شدند که اثرات مستقیم و غیرمستقیم آنها با استفاده از تجزیه مسیر مورد بررسی قرار گرفت. در پایان، تجزیه بای‌پلات نیز نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی مناسب در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بود و از همبستگی بین عملکرد میوه با تعداد میوه در بوته و وزن تک‌میوه حکایت داشت و به همین دلیل پیشنهاد می‌گردد جهت افزایش عملکرد در برنامه‌های اصلاحی از این دو صفت استفاده شود.

در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که تنوع مطلوبی بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی وجود دارد که می‌تواند در برنامه‌های به‌نژادی مورد بهره‌برداری قرار گیرد. ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر تمام صفات اندازه‌گیری شده با هم اختلاف معنی‌داری داشتند. ژنوتیپ AVF1 (هیبرید مازند) به‌عنوان ژنوتیپ با عملکرد میوه در بوته بالا شناسایی شد. نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که عملکرد میوه به‌عنوان مهمترین صفت مورد بررسی با صفات وزن تک‌میوه، تعداد میوه در بوته، تعداد شاخه در بوته و

## References

- Ara, A., Narayan, R., Ahmed, N. & Khan, S. (2009). Genetic variability and selection parameters for yield and quality attributes in tomato. *Indian Journal of Horticulture*, 66(1), 73-78.
- Asati, B. S. (2001). *Evaluation of brinjal (round) varieties under Chhattisgarh condition*. M.Sc. Thesis, Indira Gandhi Agricultural University, Raipur.
- Bagheri, M., Keshavarz, S. & Kakhki, A. (2016). Evaluation of selected lines from eggplant (*Solanum melongena* L.) landraces. *Seed and Plant Improvement Journal*, 32(2), 165-180. (In Farsi)
- Bagheri, M., Keshavarz, S., Zarbakhsh, A. J. & Arab Salmani, K. (2014). Selected lines from Iranian eggplant landraces in advanced yield trails. *Seed and Plant Improvement Journal*, 29(4), 857-859. (In Farsi)
- Banerjee, S., Singh Bisht, Y. & 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), 3240-3248.
- Begum, F., Islam, A. A., Rasul, M. G., Mian, M. K. & Hossain, M. M. (2013). Morphological diversity of eggplant (*Solanum melongena*) in Bangladesh. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 25(1), 45-51.
- Devi, C. P., Munshi, A. D., Behera, T. K., Choudhary, H. & Saha, P. (2016). Characterisation of cultivated breeding lines of eggplant (*Solanum melongena* L.) and related wild *Solanum* species from India. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 91(1), 87-92.
- Devi, C. P., Munshi, A. D., Behera, T. K., Choudhary, H., Gurung, B. & Saha, P. (2015). Cross compatibility in interspecific hybridization of eggplant, *Solanum melongena*, with its wild relatives. *Scientia Horticulturae*, 193, 353-358.
- Ghorbanpour, A., Salimi, A., Tajick Ghanbary, M. A., Pirdashti, H. & 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), 22-29. (In Farsi)
- Kumari, S. & Sharma, M. K. (2014). Genetic variability studies in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Vegetable Science*, 40(1), 83-86.

- Mivehchi-Langaroudi, H. & Kazerani, N. (2000). Study on the yield of Eggplant cultivars in Bushehr. *Seed and Plant Improvement Journal*, 16(4), 509-511. (In Farsi)
- Patel, S. N., Popat, R. C., Patel, P. A. & 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), 3296-3301.
- Sharma, H. (2017). *Studies on antioxidant and anticancer properties of brinjal (Solanum melongena L.) genotypes*. Ph.D. Thesis. Doctoral dissertation, Punjab Agricultural University, Ludhiana.
- Srivastava, K., Kumari, K., Singh, S. & Kumar, R. (2013). Association studies for yield and its component traits in tomato (*Solanum Lycopersicum* L.). *Plant Archives*, 13(1), 105-112.
- Tripathy, B., Sharma, D., Singh, J. & 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), 1266-1270.
- Uddin, M. S., Rahman, M. M., Hossain, M. M. & Mian, M. A. (2014). Genetic diversity in eggplant genotypes for heat tolerance. *SAARC Journal of Agriculture*, 12(2), 25-39.