

تحلیل مسیر همبستگی‌های ژنتیکی ویژگی‌های مورفولوژیکی مؤثر بر عملکرد و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های توت‌فرنگی با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره

Path Analysis of Genetic Correlations of Morphological Characteristics Affecting Yield and Grouping of Strawberry Genotypes, Using Multivariate Statistical Technique

اسماعیل عرب طازان‌دره^۱، احمد اسماعیلی^{۲*}، عبدالحسین رضایی‌نژاد^۳، فرهادکرمی^۴ و علی قرقانی^۵

تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۸/۰۴

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۱۱

چکیده

به‌منظور تعیین روابط بین عملکرد و اجزای عملکرد، تجزیه همبستگی‌ها و تعیین اثر مستقیم و غیرمستقیم ویژگی‌های مورفولوژی بر عملکرد ۲۰ ژنوتیپ توت‌فرنگی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی کردستان مورد بررسی قرار گرفت. پانزده ویژگی شامل تعداد و سطح برگ، نسبت طول به عرض برگ، اندازه و وزن میوه، عملکرد، طول دم‌برگ، تعداد گل‌آذین در بوته، تعداد میوه، طول گل‌آذین، تعداد ساقه رونده، تعداد تاج، تعداد گل در بوته و تعداد گل در گل‌آذین اندازه‌گیری شدند. با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی چهار مؤلفه اول ۷۳ درصد از کل واریانس متغیرها را توجیه نمودند. با توجه به دندروگرام تجزیه کلاستر به روش وارد و بر اساس مربع فواصل اقلیدسی و با در نظر گرفتن خط برش در فاصله پنج، ژنوتیپ‌های توت‌فرنگی مورد مطالعه به پنج گروه اصلی تقسیم شدند. نتایج حاصل از تجزیه بای‌پلات تا حدود نسبتاً زیادی با نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه کلاستر مطابقت داشت. در تجزیه همبستگی‌های فنوتیپی و ژنتیکی ویژگی‌ها، اکثر همبستگی‌های ژنتیکی، روند مشابهی را با همبستگی‌های فنوتیپی نشان دادند و در اکثر موارد همبستگی‌های ژنتیکی بیشتر از همبستگی‌های فنوتیپی بودند. همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی مثبت و معنی‌داری بین ویژگی‌های تعداد برگ، طول دم‌برگ، طول گل‌آذین، تعداد تاج، تعداد گل‌آذین، تعداد گل در گل‌آذین، تعداد گل در بوته، درصد تشکیل میوه، تعداد میوه، حجم و وزن میوه با عملکرد مشاهده شد. همبستگی ژنتیکی معنی‌دار بین ویژگی‌های تعداد ساقه رونده و نسبت طول به عرض برگ با ویژگی عملکرد مشاهده نشد. نتایج رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که درصد تشکیل میوه، حجم میوه و تعداد میوه با ضریب تبیین ۰/۹۵ وارد مدل شدند. نتایج تجزیه علیت نشان داد که ویژگی حجم میوه بیشترین اثر مستقیم و مثبت را بر عملکرد داشت و ویژگی تعداد میوه بالاترین اثر غیرمستقیم و منفی را از طریق حجم میوه بر عملکرد توت‌فرنگی دارا بود.

واژه‌های کلیدی: بای‌پلات، رگرسیون گام به گام، تعداد میوه، طول گل‌آذین

۱. دانش آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

۲. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

۳. دانشیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

۴. عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کردستان، سنندج، ایران

۵. استادیار، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

* نویسنده مسئول Email: ismaili.a@lu.ac.ir

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول در دانشگاه لرستان می‌باشد

مقدمه

پروکتور^۹، (1988). در مطالعه دیگری مشاهده شد که تعداد کل میوه همبستگی مثبتی با وزن میوه دارد ولی با تعداد گل آذین و تعداد ساقه رونده همبستگی منفی نشان می دهد (بیدارد^{۱۰} و همکاران، 1971). این درحالی است که محققین دیگر همبستگی منفی بین تعداد میوه و وزن میوه را گزارش نموده اند (سینگ^{۱۱} و همکاران، 2013). همبستگی منفی بین وزن میوه و تعداد گل نیز توسط بعضی از محققین مشاهده شده است (هورتینسکی^{۱۲}، 1979؛ هاندلی و دیل^{۱۳}، 2003) در یک بررسی تعداد تاج، تعداد ریشه و وزن تازه گیاه توت فرنگی بیشترین همبستگی را با عملکرد داشت (برتسیک^{۱۴} و همکاران، 2010). بیشترین همبستگی مثبت با عملکرد، مربوط به ویژگی های وزن میوه، تعداد آکن در میوه، طول میوه و تعداد گل بود و قطر میوه و تعداد گل به ترتیب بیشترین اثر مستقیم و مثبت را با عملکرد دارا بودند (رائو^{۱۵} و همکاران، 2010). گزارش شده است که همبستگی بین عملکرد با ویژگی های تعداد میوه، تعداد گل آذین، تعداد برگ و تعداد تاج اغلب مثبت و معنی دار است و همبستگی بین عملکرد با ویژگی های اندازه گیاه، اندازه ریشه، سطح برگ، طول دمبرگ و تعداد ساقه رونده، در اکثر مواقع منفی می باشد (نیکول و گالتا^{۱۶}، 1987). بسیاری از محققان همبستگی های فنوتیپی و ژنتیکی مثبت و بالایی بین عملکرد میوه با هر یک از ویژگی های تعداد گل در گل آذین، تعداد گل و حجم میوه گزارش نمودند (لاسی^{۱۷}، 1973؛ ویب^{۱۸} و همکاران، 1974؛ گاتریج و آندرسون^{۱۹}، 1981؛ نلسون و ایتون^{۲۰}، 1983؛ آلسن و همکاران^{۲۱}، 1985). ویژگی های ارتفاع گیاه، تعداد برگ، تعداد ساقه رونده، تعداد گل و تعداد میوه، بیشترین همبستگی مثبت و معنی دار را با عملکرد دارا بودند و ویژگی تعداد گره در ساقه رونده بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد داشت (آرا^{۲۲} و همکاران، 2009). برخی محقق همبستگی های مثبت و معنی داری بین تعداد میوه (۹۷ درصد) و وزن میوه (۶۸ درصد) با عملکرد گزارش نمودند و همچنین

توت فرنگی از جنس فراگاریا^۱ و تیره رزاسه^۲ با نام علمی *Fragaria spp.* از گیاهان دولپه بوده که امروزه از هیبرید گونه های شیلنسیس^۳ و ویرجینیا^۴ استفاده زراعی می گردد. گونه وحشی آن دارای میوه، گل و برگ های کوچک است ولی انواع درشت میوه، گل و برگ آنها هم توسط تلاقی های بین گونه ای، به دست بشر حاصل شده اند. تعداد کروموزوم های پایه در توت فرنگی هفت است. اما در اثر فعالیت های به نژادی، گونه های چندگان آن نیز حاصل شده اند. گونه آناناسا^۵ هشت گان بوده و دارای ۵۶ کروموزوم است (شارما^۶، 2002).

ارزش هایی که به عنوان همبستگی فنوتیپی برآورد می گردند به دو بخش ژنوتیپی و محیطی قابل تفکیک هستند. همبستگی های ژنوتیپی عمدتاً ناشی از پلیوتروپی (کنترل دو یا چند ویژگی توسط یک ژن) و ناشی از لینکاژ (پیوستگی) ژن ها می باشند، درحالی که همبستگی های محیطی ناشی از تأثیر مشابه یا متفاوت عوامل اقلیمی و محیطی توأم با انحراف های ژنوتیپی غیر افزایشی هستند (ولی زاده و مقدم^۷، 1998).

هرچند تعیین ارتباط ویژگی های اجزای عملکرد با عملکرد مهم است؛ ولی با این وجود ضرایب همبستگی، ماهیت ارتباط را مشخص نمی کند و بلکه صرفاً رابطه خطی بین آنها را نشان می دهد. در این حالت تجزیه علیت مفیدتر از ضرایب همبستگی می باشد. تجزیه علیت، یک رگرسیون جزئی استاندارد شده است که در آن عملکرد به عنوان متغیر وابسته و اجزای عملکرد به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته می شوند. تجزیه علیت، ضرایب همبستگی را به مجموعه ای از اثرات مستقیم و غیرمستقیم اجزای عملکرد بر عملکرد تقسیم می کند (سیاهسر و رضایی^۸، 1999). روش تجزیه علیت یکی از روش های بسیار مفید و کاربردی برای تجزیه همبستگی های ژنتیکی و فنوتیپی و پی بردن به اثرات مستقیم و غیرمستقیم محسوب می شود (چوگان، ۱۳۸۶).

همبستگی ویژگی های مورفولوژی در مطالعات پیشین گزارش شده است. در پژوهشی گزارش شد که عملکرد ژنوتیپ ها، بیشترین همبستگی را با تعداد میوه دارد (ستریک و

9. Strik and Proctor
10. Bedard
11. Singh
12. Hortynski
13. Handley and Dill
14. Bartcsak
15. Rao
16. Nicoll and Galletta
17. Lacey
18. Webb
19. Guttridge and Anderson
20. Nielson and Eaton
21. Olsen
22. Ara

1. *Fragaria*
2. Rosaceae
3. *Chilensis*
4. *Virginia*
5. *ananassa*
6. sharma
7. Valizade and Moghaddam
8. Siahsar and Rezaei

اصلی در این پژوهش عبارت بودند از: گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد و اجزای عملکرد و ویژگی‌های مورفولوژی با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره (تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی)، تعیین ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی و همچنین تعیین اثرات مستقیم و غیرمستقیم هر یک از ویژگی‌های مورفولوژی بر روی عملکرد ۲۰ ژنوتیپ توت-فرنگی.

مواد و روش‌ها

ژرم پلاسما مورد استفاده در این بررسی شامل ۲۰ ژنوتیپ واقع در مرکز تحقیقات کشاورزی کردستان بود که مشخصات آن‌ها در جدول ۱ آمده است. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در این پژوهش شامل تعداد و سطح برگ (به‌وسیله دستگاه مساحت‌سنج برگ شرکت ΔT انگلستان)، نسبت طول به عرض برگ، اندازه و وزن میوه، عملکرد، طول دم‌برگ، تعداد گل‌آذین بوته، درصد تشکیل میوه، تعداد میوه، طول گل‌آذین، تعداد ساقه رونده، تعداد تاج، تعداد گل در بوته و تعداد گل در گل‌آذین بود.

به‌منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها از تجزیه خوشه‌ای به روش وارد^۴ با استفاده از مربع فاصله اقلیدسی^۵ استفاده شد. روش چندمتغیره با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه بای‌پلات نیز به‌منظور به‌دست آوردن تصویری دو بعدی از پراکنش ژنوتیپ‌ها با توجه به نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام گرفت. در انجام آزمون‌های مذکور از نرم‌افزار آماری SPSS و Minitab استفاده شد.

ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی بین ویژگی‌ها نیز با توجه به فرمول زیر با استفاده از نرم‌افزار Excel محاسبه شد (وان و توری^۶، ۱۹۶۴).

بیشترین اثر مستقیم و مثبت را به تعداد میوه نسبت دادند (د/س^۱ و همکاران، ۲۰۰۶).

گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس فاصله ژنتیکی، وقتی در یک برنامه اصلاحی مؤثر است که به‌طور همزمان چندین ویژگی مورد بررسی قرار گیرند. در مطالعات پیشین گزارشاتی مبنی بر انجام تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه خوشه‌ای در توت‌فرنگی ارائه شده است. در پژوهشی ۱۹ ژنوتیپ توت‌فرنگی براساس ۲۳ ویژگی مورفولوژی مورد بررسی قرار گرفتند و سه مؤلفه اول ۷۴/۲ درصد از کل تغییرات را توجیه کردند. مؤلفه اول و دوم شامل ویژگی‌های قطر دم‌برگ و ساقه رونده، تعداد گل، تعداد گل در گل‌آذین و تعداد گره در ساقه رونده بود (سارجنت^۲ و همکاران، ۲۰۰۴). در پژوهشی دیگر تنوع ژنتیکی ۲۲ ژنوتیپ توت‌فرنگی براساس ویژگی‌های مورفولوژی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که چهار مؤلفه اول ۷۷/۳۴ درصد از کل واریانس را توجیه کردند. مؤلفه اول و دوم با توجیه ۵۷/۸۸ درصد از کل واریانس، شامل ویژگی‌های تعداد گل، تعداد برگ، تعداد برگچه، وزن میوه، تعداد تاج، طول میوه، عرض میوه و حجم میوه بود و براساس تجزیه کلاستر، ژنوتیپ‌ها به پنج گروه تفکیک شدند (سینگ و همکاران، ۲۰۱۳). در تحقیقی ۳۷ ژنوتیپ توت‌فرنگی با استفاده از ۴۴ ویژگی مورفولوژی و ۳۶ نشانگر مولکولی در آمریکای شمالی مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج تجزیه خوشه‌ای براساس ویژگی‌های مورفولوژی، ژنوتیپ‌ها را به پنج گروه تفکیک کرد و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های توت‌فرنگی براساس ویژگی‌های مورفولوژی و مولکولی، مشابه بودند (ریچارد^۳ و همکاران، ۱۹۹۷).

به‌رغم اهمیت بالای توت‌فرنگی به‌عنوان یک محصول استراتژیک کردستان، متأسفانه در مقایسه با سایر محصولات مطالعات چندانی در مورد آن انجام نشده است. اجرای این تحقیق به‌عنوان پیش‌نیازی برای شروع برنامه‌های اصلاحی و به‌نژادی توت‌فرنگی با هدف شناسایی دقیق ژرم‌پلاسما موجود در پیشبرد صحیح برنامه‌های اصلاح ارقام جدید توت‌فرنگی نقش مهمی خواهد داشت. از سوی دیگر طی سال‌های اخیر ارقام جدیدی وارد منطقه شده است که لازم است قبل از توسعه این ارقام، سازگاری، پتانسیل تولید و سایر خصوصیات آنها در مقایسه با ارقام فعلی استان مورد مطالعه قرار گیرد تا از خسارات ناشی از توسعه ارقام نامناسب جلوگیری شود. اهداف

4. Ward Method
5. Squared Euclidean Distance
6. Kwon and Torrie

1. Das
2. Sargent
3. Richard

$$r_g = \frac{COV_g X_1 X_2}{\sqrt{S^2_g X_1 \cdot S^2_g X_2}}$$

r_g = همبستگی ژنتیکی

$COV_g X_1 X_2$ = کواریانس ژنتیکی ناشی از $X_1 X_2$

$S^2_g X_1$ و $S^2_g X_2$ = واریانس ژنتیکی ویژگی‌های X_1 و X_2

$$r_p = \frac{COV_p X_1 X_2}{\sqrt{S^2_p X_1 \cdot S^2_p X_2}}$$

r_p = همبستگی فنوتیپی

$COV_p X_1 X_2$ = کواریانس فنوتیپی ناشی از $X_1 X_2$

$S^2_p X_1$ و $S^2_p X_2$ = واریانس فنوتیپی ویژگی‌های X_1 و X_2

مستقیم و غیرمستقیم آن‌ها بر ویژگی عملکرد با استفاده از نرم‌افزار PATH2 ارزیابی شد.

برای محاسبه تجزیه علیت از طریق رگرسیون مرحله‌ای با استفاده از نرم‌افزار SPSS، ابتدا ویژگی‌هایی که وارد مدل شدند به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته و سپس اثرات

جدول ۱: مشخصات ژنوتیپ‌های توت‌فرنگی مورد بررسی

Table 1: Characteristics of studied strawberry genotypes

کشور مبدأ Country of origin	شجره Pedigree	Genotype	ژنوتیپ	شماره NO.
USA-1978	Cal63.7-101 × Sequoia	PAJARO	پاجارو	1
Italy-1998	sMarmolada × Irvine	PAROS	پاروس	2
Italy-2003	Miss × USB35	QUEEN ELISA	کوئین‌الیزا	3
USA-1900	-	MISSIONARY	میشنری	4
-	Howard17 × Missionary	TENNESSEE BEAUTY	تنیس‌بیوتی	5
-	-	ALISO	آلیسو	6
USA-1961	Lassen × Cal83.25-2	FRESNO	فرزنو	7
USA-1963	Lassen × Cal42.8-16	TIOGA	تیوگا	8
USA-1958	Cal52.16-15 × cal51s 1-1	SEQUOIA	سکویا	9
-	-	YALOVA	یالووا	10
-	-	MACDONANCE	مکدونانس	11
USA-1929	Missionary × Howard17	BLACK MORE	بلاک‌مور	12
USA-1934	Marshal × Howaed17	CATSKILL	کت‌اسکیل	13
-	-	NO.14	ژنوتیپ شماره ۱۴	14
USA-1983	Cal70.3-117 × cal71.98-605	SELVA	سلوا	15
USA-1993	Douglas × cal85.218-605	CAMAROSA	کاماروزا	16
USA	Douglas × cal72-361-105	CHANDLER	چندلر	17
USA-1997	Cal87.112-6 × cal88.270-1	GAVIOTA	گاوپوتا	18
USA-1987	-	MRAK	مراک	19
1950	-	KURDISTAN	کردستان	20

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، شامل مقادیر ویژه، درصد واریانس توجیه شده، واریانس تجمعی و صفاتی که بیشترین ضریب را در هر مؤلفه داشتند (زیر آنها خط کشیده شده است) برای مؤلفه‌های یک تا چهار در جدول ۲ آمده است. مقادیر ویژه هر چهار مؤلفه از یک بیشتر بود و به ترتیب ۳۵/۷، ۱۱/۲۷، ۱۸/۴۲ و ۷/۵۹ درصد از کل واریانس متغیرها را توجیه نمودند. مقادیر نسبی ضرایب در مؤلفه اول نشان داد که

ویژگی‌های تعداد برگ، سطح برگ، طول دم‌برگ، تعداد تاج، تعداد گل‌آذین، تعداد گل در بوته، درصد تشکیل میوه، تعداد میوه در بوته و عملکرد میوه مهم‌ترین ویژگی‌ها برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در تجزیه خوشه‌ای بودند. در مؤلفه دوم طول گل‌آذین، حجم میوه و وزن میوه از ویژگی‌های مهم بودند. در مؤلفه سوم نسبت طول به عرض برگ، تعداد گل در گل‌آذین و در مؤلفه چهارم ویژگی تعداد ساقه رونده ضرایب بیشتری را دارا بودند.

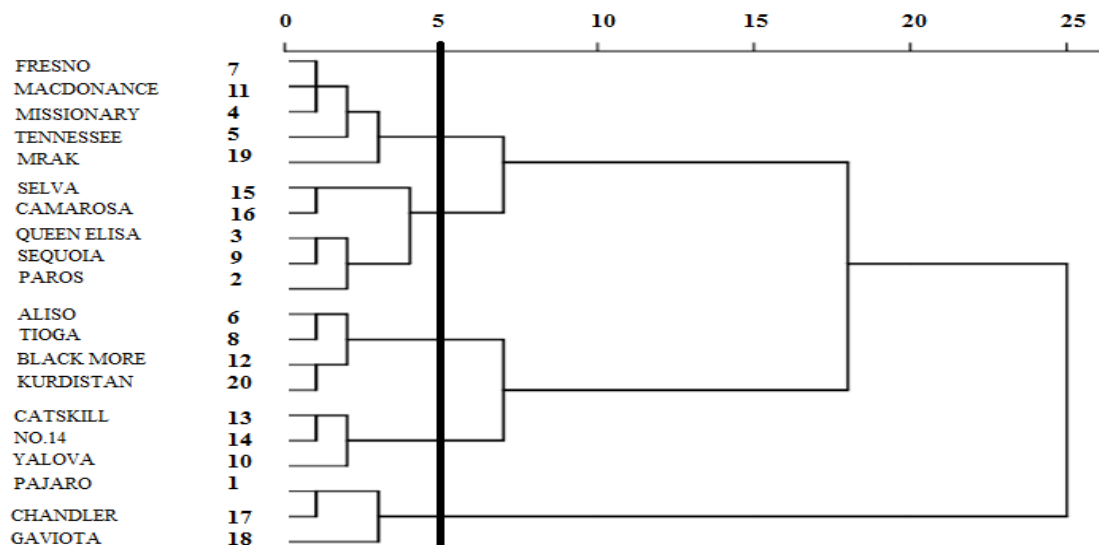
جدول ۲: تجزیه به مؤلفه‌های اصلی ویژگی‌های مختلف مورفولوژی توت‌فرنگی

Table 2: Principal component analysis on the morphological characters of strawberry

مؤلفه‌های اصلی				ویژگی Character
Principal component				
مؤلفه چهارم PRIN4	مؤلفه سوم PRIN3	مؤلفه دوم PRIN2	مؤلفه اول PRIN1	
-0.287	0.155	0.203	0.541	تعداد برگ Leave No.
0.124	-0.079	0.293	-0.379	سطح برگ Leaf area
-0.172	0.526	-0.376	0.344	نسبت طول به عرض برگ Leaf length/wide
0.401	-0.362	0.426	0.491	طول دم‌برگ Petiole length
0.680	0.140	-0.308	0.358	تعداد ساقه رونده Runner/plant
0.343	-0.139	0.493	0.394	طول گل‌آذین Inflorescence length
0.170	-0.139	0.409	0.642	تعداد تاج Crown/plant
-0.347	-0.579	0.160	0.637	تعداد گل‌آذین Inflorescence No.
0.253	0.641	-0.293	0.518	تعداد گل در گل‌آذین Flower/inflorescence
-0.076	-0.095	-0.128	0.947	تعداد گل در بوته Flower/plant
-0.178	0.299	0.059	0.785	درصد تشکیل میوه (%) Fruit set (%)
-0.078	-0.040	-0.151	0.952	تعداد میوه در بوته Fruit No.
-0.045	0.362	0.839	-0.329	حجم میوه Fruit volume
-0.041	0.411	0.820	-0.335	وزن میوه Fruit weight
-0.101	0.220	0.528	0.746	عملکرد Yield
1.139	1.692	2.763	5.362	مقادیر ویژه Eigen value
7.595	11.278	18.420	35.745	درصد واریانس % Variance
73.038	65.443	54.165	35.745	درصد تجمعی واریانس توجیه شده Cumulative percentage variance

ویژگی‌های متمایز این گروه بود. همچنین این ژنوتیپ‌ها از لحاظ تعداد میوه در بوته متوسط به پایین بودند. گروه سوم: شامل ژنوتیپ‌های آلیسو، تیوگا، بلک‌مور و کردستان بود. از خصوصیات ویژه این گروه می‌توان به تعداد گل‌آذین بیشتر و تعداد تاج متوسط به بالا اشاره کرد. گروه چهارم: سه ژنوتیپ کتاسکیل، یالووا و ژنوتیپ شماره ۱۴ در این گروه قرار گرفتند. این ژنوتیپ‌ها تعداد گل در گل‌آذین بیشتر و حجم میوه کمتر را به خود اختصاص داده بودند. گروه پنجم: ژنوتیپ‌های پاچارو، چندلر و گایوتا در این گروه قرار گرفتند و دارای کمترین عملکرد، تعداد برگ و همچنین دارای تعداد تاج کمتر نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بودند.

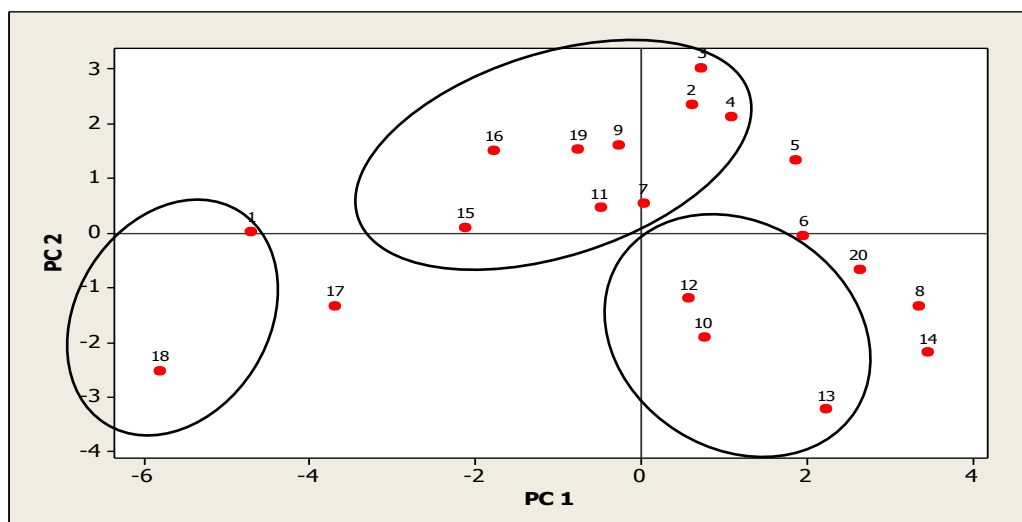
یکی از کاربردهای تجزیه خوشه‌ای تعیین فاصله ژنتیکی میان گروه‌ها است. با توجه به دندروگرام تجزیه خوشه‌ای به روش وارد و براساس مربع فواصل اقلیدسی و با در نظر گرفتن خط برش در فاصله پنج ژنوتیپ‌های توت‌فرنگی مورد مطالعه به پنج گروه اصلی تقسیم شدند (شکل ۱). گروه اول: در این گروه پنج ژنوتیپ مورد مطالعه شامل فرزنو، مک‌دونانس، میسنری، تن‌بیوتی و مراک قرار گرفتند. ژنوتیپ‌هایی که در این گروه قرار گرفتند از نظر درصد تشکیل میوه متوسط به بالا بودند. همچنین ژنوتیپ‌های با طول دم‌برگ بیشتر نیز در این گروه قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های این گروه از لحاظ ویژگی نسبت طول به عرض برگ همگی متوسط به پایین بودند. گروه دوم: در این گروه ژنوتیپ‌های سلوا، کاماروزا، کوئین‌الیزا، سکویا و پاروس قرار گرفتند. عملکرد و وزن میوه بیشتر از



شکل ۱: گروه بندی ژنوتیپ های توت فرنگی بر اساس ویژگی های مورفولوژی به روش وارد
 Fig. 1: Clustering of strawberry genotypes based on ward method using morphological character

گروه جداگانه قرار گرفتند و طبق نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه های اصلی، ژنوتیپ هایی که در بالای دیاگرام قرار گرفته بودند دارای بیشترین میزان سطح برگ و بیشترین عملکرد بودند. رقم های کوبین الیزا، پاروس، میسنری و تن بیوتی که در بالای سمت راست قرار دارند از نظر عملکرد میوه نسبت به سایر ژنوتیپ ها برتری داشتند.

در نهایت ژنوتیپ های مورد مطالعه بر اساس دو مؤلفه اصلی اول و دوم پلات گردیدند (شکل ۲) که دیاگرام حاصل از آن نتایج تجزیه خوشه ای را تا حدود نسبتاً زیادی تأیید نمود. تجزیه بای پلات پراکنش ژنوتیپ ها را در محدوده عوامل اصلی مشخص نموده و تصویر بهتری از فاصله ژنوتیپ ها و تفاوت بین آنها را نشان می دهد. بر اساس این دیاگرام ژنوتیپ ها در سه



شکل ۲: پراکنش ژنوتیپ های توت فرنگی بر اساس دو مؤلفه اصلی اول و دوم حاصل از تجزیه به مؤلفه های اصلی
 Fig. 2: Biplot of strawberry genotypes using principal component 1 and 2

طول دمبرگ، طول گل آذین، تعداد تاج، تعداد گل آذین، تعداد گل در گل آذین، تعداد گل در گل آذین، تعداد گل در بوته، درصد تشکیل میوه، تعداد

نتایج حاصل از همبستگی های فنوتیپی و ژنتیکی در جدول ۳ نشان داده شده است. در این بررسی ویژگی های تعداد برگ،

سطح برگ بود که مقدار آن نیز بسیار ناچیز و غیرمعنی دار بود. بین هر کدام از ویژگی‌های حجم و وزن میوه با عملکرد همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. همبستگی بین تعداد میوه با تعداد ساقه رونده و گل‌آذین مثبت و معنی‌دار بود. همچنین همبستگی بین ویژگی‌های وزن و حجم میوه با ویژگی تعداد میوه منفی و معنی‌دار بود.

میوه در بوته، حجم و وزن میوه دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد بودند. نتایج حاضر با نتایج (ویب و همکاران، ۱۹۷۴؛ نلسون و ایتون، ۱۹۸۳؛ آلسن و همکاران، ۱۹۸۵) مطابقت دارد. نتایج این پژوهش بیانگر عدم وجود همبستگی معنی‌دار بین ویژگی‌های تعداد ساقه رونده و نسبت طول به عرض برگ با ویژگی عملکرد بود. تنها ویژگی‌هایی که با عملکرد میوه توت‌فرنگی همبستگی منفی داشت، ویژگی

جدول ۳: ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی (اعداد داخل پرانتز) ویژگی‌های مورفولوژی ژنوتیپ‌های توت‌فرنگی مورد مطالعه
Table 3: Phenotypical and genotypical (in parentheses) correlation coefficients of morphological traits in the studied strawberry genotypes

ویژگی Trait	NL	LA	LL/W	PL	NR	IL	NC	NI	FPI	FIPP	FSe	FrPP	FSi	FW	Y
NL	(1)														
LA	(-0.34)	(1)													
LL/W	(0.27)	(-0.42)	(1)												
PL	(0.44)	(0.09)	(-0.22)	(1)											
NR	(0.05)	(-0.60)	(0.43)	(0.50)	(1)										
IL	(0.24)	(-0.06)	(-0.14)	(0.98)	(0.05)	(1)									
NC	(0.66)	(-0.47)	(-0.04)	(0.95)	(0.49)	(0.97)	(1)								
NI	(0.41)	(-0.32)	(-0.02)	(0.70)	(-0.04)	(0.48)	(0.73)	(1)							
FPI	(0.40)	(-0.55)	(0.75)	(0.01)	(0.99)	(0.15)	(0.29)	(-0.39)	(1)						
FIPP	(0.51)	(-0.61)	(0.37)	(0.56)	(0.61)	(0.42)	(0.72)	(0.86)	(0.71)	(1)					
FSe	(0.52)	(-0.55)	(0.50)	(0.37)	(0.32)	(0.55)	(0.53)	(0.50)	(0.74)	(0.75)	(1)				
FrPP	(0.52)	(-0.29)	(0.40)**	(0.53)	(0.62)	(0.42)	(0.68)	(0.81)	(0.77)	(0.99)	(0.83)	(1)			
FSi	(0.00)	(0.54)	(-0.38)	(0.06)	(-0.63)	(0.29)	(0.10)	(-0.33)	(-0.38)	(-0.54)	(-0.45)	(-0.56)	(1)		
FW	(0.04)	(0.59)	(-0.30)	(0.02)	(-0.60)	(0.26)	(0.09)	(-0.39)	(-0.34)	(-0.56)	(-0.45)	(-0.57)	(0.99)	(1)	
Y	(0.54)	(-0.18)	(0.19)	(0.61)	(0.20)	(0.76)	(0.80)	(0.64)	(0.51)	(0.73)	(0.77)	(0.74)	(0.39)	(0.37)	(1)
	0.45**	-0.1	0.15	0.42**	0.11	0.43**	0.58**	0.51**	0.36**	0.67**	0.69**	0.68**	0.31*	0.29*	1

NL: تعداد برگ؛ NR: تعداد ساقه رونده؛ NC: تعداد تاج؛ NI: تعداد گل‌آذین؛ FIPP: تعداد گل؛ FrPP: تعداد میوه در بوته؛ LA: سطح برگ؛

LL/W: نسبت طول به عرض برگ؛ PL: طول دمبرگ؛ FPI: تعداد گل در گل‌آذین؛ FSe: درصد تشکیل میوه؛ FSi: اندازه میوه؛ IL: طول

گل‌آذین؛ FW: وزن میوه؛ Y: عملکرد

NL; number of leaf, NR; number of runner, NC; number of crown, NI; number of inflorescence, FIPP; number of flower, FrPP; number of fruit, LA; leaf area, LL/W; leaf length/wide, PL; petiole length, FPI; number of flower per inflorescence, FSe; fruit set, FSi; fruit size, IL; Inflorescence length, FW; fruit weight, Y; yield

بین ژنوتیپ‌ها را توجیه نمود. دومین ویژگی که وارد مدل شد، حجم میوه بود و همراه با درصد تشکیل میوه ۷/۷۸ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه نمودند. تعداد میوه، سومین ویژگی بود که وارد مدل شد و همراه با دو ویژگی وارد شده به مدل، ۴/۹۵ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه نمودند. سایر ویژگی‌های مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری بر مدل نداشته و به همین دلیل اختلاف ژنوتیپ‌ها از نظر ویژگی عملکرد میوه توت‌فرنگی را می‌توان به تفاوت در ویژگی‌های فوق نسبت داد.

به‌منظور شناخت مهم‌ترین ویژگی‌های توجیه‌کننده عملکرد از تجزیه رگرسیون مرحله‌ای استفاده گردید (جدول ۴). در این تجزیه، عملکرد به‌عنوان متغیر تابع و سایر ویژگی‌های مورد بررسی به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که سه ویژگی با ضریب تبیین (R^2) مناسب و قابل قبول وارد مدل شدند. در مدل حاصل، درصد تشکیل میوه نخستین متغیری بود که وارد مدل شد و به‌تنهایی با ضریب تبیین ۷/۶۶ درصد از تغییرات عملکرد

عملکرد نیز معنی‌دار بود. ویژگی تعداد میوه نیز دارای اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد بود که با نتایج (داس و همکاران، 2006) مطابقت دارد و همچنین با نتایج (رائو و همکاران، 2010) همخوانی دارد ولی این ویژگی اثر غیرمستقیم و منفی را از طریق حجم میوه داشت. اثر غیرمستقیم این ویژگی از مسیر درصد تشکیل میوه نیز مثبت بود. درصد تشکیل میوه دارای اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد بود و اثر غیرمستقیم این ویژگی از طریق حجم میوه منفی ولی از طریق ویژگی تعداد میوه مثبت بود. نتایج به‌دست آمده با پژوهش (آرا و همکاران، 2009) مغایر است.

به‌منظور درک بهتر و تفسیر دقیق‌تر نتایج حاصل از همبستگی‌های فنوتیپی و ژنتیکی، متغیرهای وارد شده در مدل نهایی رگرسیون مرحله‌ای، مورد تجزیه علیت (جدول ۵ و شکل ۳) قرار گرفتند. بدین‌منظور عملکرد میوه به‌عنوان ویژگی وابسته و تمامی ویژگی‌های مورفولوژی مورد مطالعه به‌عنوان ویژگی مستقل در نظر گرفته شدند. نتایج حاصل از تجزیه ضرایب مسیر ژنتیکی برای عملکرد نشان داد که ویژگی حجم میوه بیشترین اثر مستقیم و مثبت را بر عملکرد توت‌فرنگی داشت، ولی از طریق درصد تشکیل میوه و تعداد میوه اثر غیرمستقیم و منفی بر عملکرد داشت. همبستگی حجم میوه با

جدول ۴: نتایج رگرسیون گام‌به‌گام برای عملکرد به‌عنوان متغیر وابسته و سایر ویژگی‌ها به‌عنوان متغیر مستقل

Table 4: Results of stepwise regression analysis on dependent variable (yield) and independent variables (other traits)

میانگین مربعات Mean Square	مربع R تصحیح شده Adjusted R Square	ضریب تبیین R Square (R ²)	ضریب همبستگی R	ویژگی Trait	مدل Model
326772.6**	0.659	0.667	0.823	درصد تشکیل میوه Fruit set	1
190069.7**	0.762	0.787	0.887	اندازه میوه Fruit size	2
153638.9**	0.946	0.954	0.977	تعداد میوه Number of fruit	3

** معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱ می‌باشد

*** Significant at the 1 percent level

جدول ۵: نتایج تجزیه علیت

Table 5: Genetic Path analysis

مرحله اول: تجزیه علیت برای عملکرد (اثر باقیمانده: -0.55)

stage1: Genetic Path analysis for yield (residual effects: -0.55)

اثر غیر مستقیم Indirect effects			اثر مستقیم Direct effects	ویژگی Trait
درصد تشکیل میوه Fruit set	اندازه میوه Fruit size	تعداد میوه Number of fruit		
-	-0.52	0.85	0.44	درصد تشکیل میوه Fruit set
-0.20	-	-0.57	1.16	اندازه میوه Fruit size
0.37	-0.65	-	1.02	تعداد میوه Number of fruit

بحث

فرز نو در بسیاری از ویژگی‌ها متوسط به بالا را به خود اختصاص داده بود. به نظر می‌رسد که با توجه به فاصله ژنتیکی بین آنها با انجام تلاقی، هتروسیس بیشتری را می‌توان به‌دست آورد و از نتایج آن‌ها به‌عنوان مواد اولیه برای اصلاح ارقام جدید استفاده نمود.

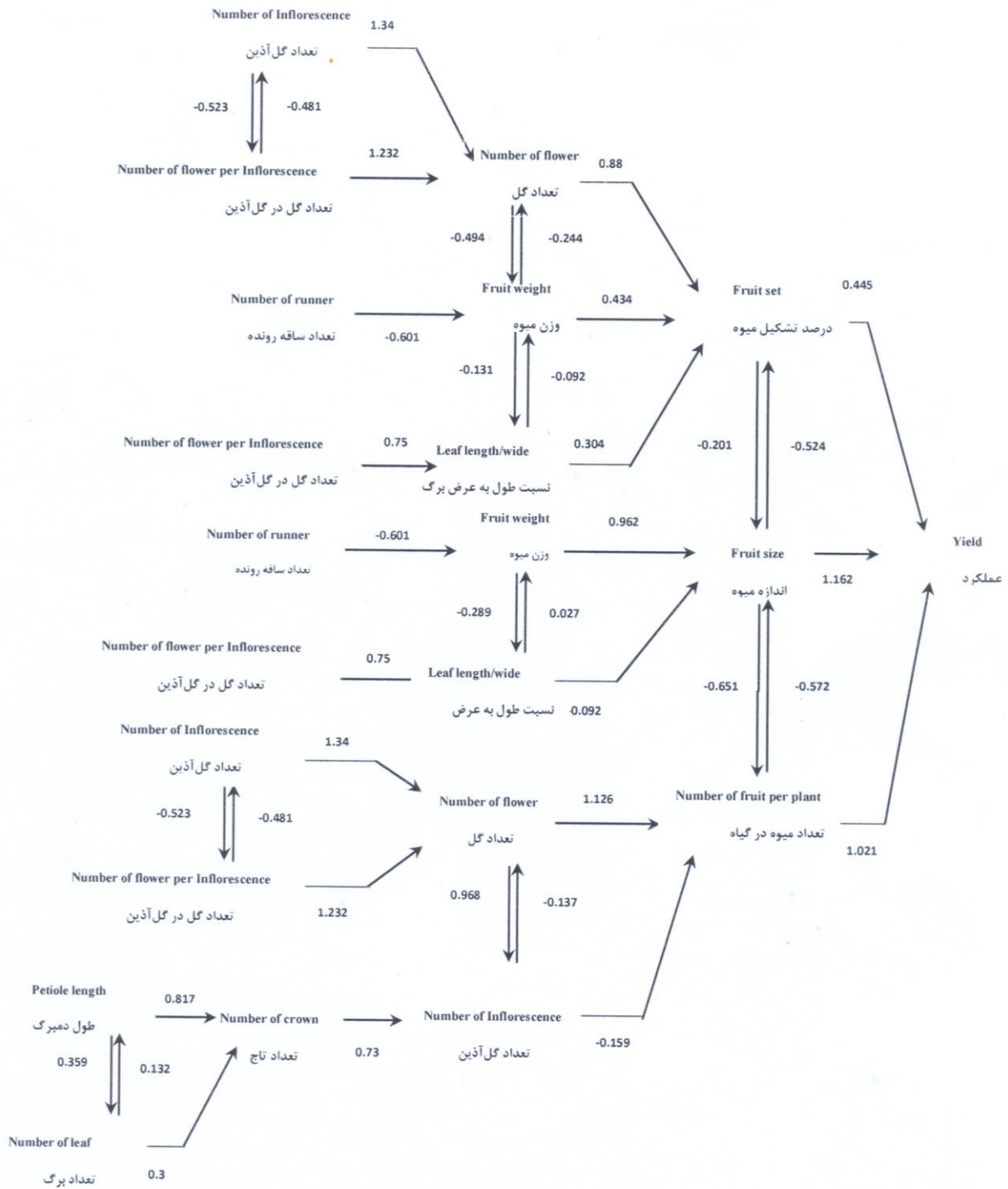
با نزدیکی و هم علامت بودن اکثر همبستگی‌های فنوتیپی و ژنتیکی می‌توان دریافت که واریانس و کواریانس اثرات محیطی

نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌ها نشان داد که با گزینش ترکیب‌های متفاوتی از این ویژگی‌ها امکان بهبود تعداد میوه در بوته، افزایش حجم میوه، افزایش تعداد گل در گل‌آذین و ساقه رونده در ژنوتیپ‌های توت‌فرنگی وجود دارد. در این آزمایش بیشترین فاصله ژنتیکی میان ژنوتیپ‌های گاوپوتا و فرزنو بدست آمد، در اکثر ویژگی‌ها ژنوتیپ گاوپوتا دارای کمترین میزان و

دارا بود، وزن میوه‌ها کاهش یافت. همچنین هرچه تعداد گل‌آذین بیشتر باشد انتظار می‌رود تعداد میوه نیز افزایش یابد و نتایج نیز حاکی از وجود همبستگی مثبت بین تعداد میوه و تعداد گل‌آذین بود. همبستگی مثبت بین تعداد میوه و تعداد ساقه رونده در این آزمایش شاید به این معنا باشد که ژنوتیپ‌هایی که دارای رشد رویشی قوی بوده و سازگاری مطلوبی با شرایط محیطی دارند، پتانسیل تولید تعداد تاج و تعداد گل‌آذین بیشتر، همزمان با تولید ساقه رونده بیشتر را دارا باشند.

براساس نتایج حاصل از این پژوهش، تنوع ژنتیکی گسترده‌ای بین ژنوتیپ‌های توت‌فرنگی از نظر ویژگی‌های مورد بررسی وجود دارد که حاکی از ارزشمند بودن این ذخایر و لزوم توجه بیشتر در حفظ، نگهداری، ارزیابی و شناسایی آن‌ها می‌باشد. مسلماً استفاده از نشانگرهای مولکولی مختلف همراه با نشانگرهای مورفولوژیک در مطالعات آینده جهت شناسایی چنین تنوعی در ژرم‌پلاسم توت‌فرنگی‌های مطالعه شده به‌طور مؤثر و کارآمدی می‌تواند در مدیریت مناسب برای اهداف اصلاحی مختلف در توت‌فرنگی مفید باشد. همچنین مشخص شد که ویژگی‌های حجم میوه، تعداد میوه و درصد تشکیل میوه از مهم‌ترین اجزای تشکیل‌دهنده عملکرد توت‌فرنگی هستند. بنابراین برای افزایش عملکرد میوه توت‌فرنگی می‌توان از این ویژگی‌ها در اصلاح این میوه ارزشمند استفاده نمود.

بسیار کم است. همبستگی‌های ژنتیکی برای اکثر ویژگی‌ها بیشتر از همبستگی‌های فنوتیپی بود که این بر توارث هم‌بسته قوی بین ویژگی‌ها دلالت دارد. بین ویژگی‌های حجم و وزن میوه با عملکرد همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. از آنجایی که یکی از عوامل توجیه‌کننده عملکرد، وزن و حجم میوه می‌باشد، وجود چنین ضریب همبستگی بسیار منطقی به نظر می‌رسد. همچنین بررسی ضرایب همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی، نشانگر وجود همبستگی مثبت و بسیار بالایی بین ویژگی‌های تعداد گل در بوته با تعداد میوه در بوته و عملکرد بود. بنابراین می‌توان استنباط کرد که ژنوتیپ‌های با گل و میوه بیشتر دارای عملکرد بیشتری هستند. نتایج پژوهش بیانگر عدم وجود همبستگی معنی‌دار بین ویژگی‌های تعداد ساقه رونده و نسبت طول به عرض برگ با ویژگی عملکرد بود از این‌رو تعداد ساقه رونده و نسبت طول به عرض برگ در توت‌فرنگی معیار خوبی برای اصلاح جهت افزایش عملکرد نمی‌باشد. همبستگی بین ویژگی‌های وزن و حجم میوه با ویژگی تعداد میوه منفی و معنی‌دار بود. نتایج این آزمایش با نتایج (سینگ و همکاران، ۲۰۱۳؛ هورتینسکی، ۱۹۷۹؛ هاندلی و دیل، ۲۰۰۳) همخوانی دارد در صورتی که کاملاً با نتایج (بیدارد و همکاران، ۱۹۷۱) مغایرت دارد. به احتمال قوی تعداد فراوان میوه در یک بوته موجب افزایش رقابت بین میوه‌ها و کاهش وزن میوه‌ها می‌شود، به‌طوری‌که در رقم تیوگا که بیشترین تعداد میوه را



شکل ۳: دیاگرام تجزیه علیت ژنتیکی با استفاده رگرسیون گام‌به‌گام و مرحله به مرحله

Fig. 3: Diagram of genetic path analysis using stepwise regression.

- چوگان، ر. ۱۳۸۶. روش‌های تجزیه ژنتیکی صفات کمی در اصلاح نباتات، نشر مرکز آموزش کشاورزی، ۲۷۰ صفحه.
- Adams, M. W. 1967. Bases of yield components compensation in crop plants with special reference to field bean, *Phaseolus vulgaris*. *Crop Science*, 7: 505-510.
- Ara, T., Haydar, A., Mahmud, H. K., Halequzzaman, K. M. and Hossain, M. 2009. Analysis of the different parameters for fruit yield and yield contributing characters in strawberry. *International Journal of Sustainable Crop Production*, 4 (5): 15-18.
- Bartcsak, M., Lisiecka, J. and Knaflewski, M. 2010. Correlation between selected parameters of planting material and strawberry yield. *Folia Horticulturae*, 22 (1): 9-12.
- Bedard, P. R., Hsu, C. S., Spangelo, L. P. S., Fejer, S. O. and Rouselle, G. L. 1971. Genetic, phenotypic and environmental correlations among fruit and plant characters in the 28 cultivated strawberry. *Genetics and Cytology*, 13 (3): 470-479.
- Das, A. K., Singh, B. and Sahoo, R. K. 2006. Correlation and path analysis in strawberry (*Fragaria ananassa* Duch). *Indian Journal of Horticulture*, 63 (1): 83-85.
- Guttridge, C. G. and Anderson, H. M. 1981. Assessing fruit yield characteristics and potential in strawberry. *Horticulture Research*, 21: 83-98.
- Handley, D. T. and Dill, J. F. 2003. Vegetative and floral characteristics of six strawberry cultivars associated with fruit size, yield and susceptibility to tarnished plant bug injure. *Acta Horticulturae*, 626: 161-167.
- Hortynski, J. A. 1979. Correlation and path analysis in strawberry seedlings (*Fragaria ananassa* Duch.). *Genetica Polonica*, 20: 549-566.
- Kwon, S. H. and Torrie, J. H. 1964. Heritability and interrelationship among traits of two soybean populations. *Crop Science*, (4): 196-198.
- Lacey, C. N. D. 1973. Phenotypic correlations between vegetative characters and yield components in strawberry. *Euphytica*, 22: 546-554.
- Nicoll, M. F. and Galletta, G. J. 1987. Variation in growth and flowering habits' of Junebearing and everbearing strawberries. *American Society for Horticultural Science*, 112: 872-880.
- Nielson, B. V. and Eaton, G. W. 1983. Effects of boron nutrition upon strawberry yield components. *Horticultural Science*, 18: 932-934.
- Olsen, J. L., Martin, L. W. and Breen, P. J. 1985. Yield component analysis of 'Benton' and OR-US 4356 strawberries. *Horticultural Science*, 20: 74-76.
- Rao, V. K. Bharat, L. Yadav, V. K. and Sharma, S. K. 2010. Correlation and path analysis in strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). *Journal of Hill Agriculture*, 2 (1): 179-182.
- Richard, E., Harrison, J., Lubey, J. J., Furnier, G. R. and Hancock, J. F. 1997. Morphological and molecular variation among population of octoploid *Fragaria virginiana* and *F. chiloensis* (Rosaceae) from North America. *American Journal of Botany*, 84 (5): 612-620.
- Sargent, D. J., Geilbel, M., Hawkins, J. A., Wilkinson, M. J., Battey, N. H. and Simpson, D. W. 2004. Quantitative and qualitative differences in morphological traits revealed between diploid *Fragaria* Species. *Annals of Botany*, 94: 787-796.
- Sharma, R. R. 2002. Growing strawberries. International book distributing co. New Delhi.INDIA.
- Siahsar, B. and Rezai, A. 1999. Correlation and path analysis of morphological and phonological traits relating seed yield of soybean. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 20: 685-696.
- Singh, S. R., Lal, S., Ahmed, N., Srivastava, K. K., Kumar, D. Jan, N., Amin, A. and Malik, A. R. 2013. Determination of genetic diversity in strawberry (*Fragaria × ananassa*) using principal component analysis (PCA) and single linkage cluster analysis (SLCA). *African Journal of Biotechnology*, 12 (24): 3774-3782.
- Strik, B. C. and Proctor, J. T. A. 1988. Yield component analysis of strawberry genotypes differing in productivity. *American Society for Horticultural Science*, 113 (1): 124-129.
- Valizade, M. and Moghaddam, M. 1998. Recognition with quantitative genetic (translated). Center of University Editions. Tehran.
- Webb, R. A., Purves, J. V., White, B. A. and Ellis, R. 1974. A critical path analysis of fruit production in strawberry. *Scientia Horticulturae*, 2: 175-184.
- Wright, S. 1921. Correlation and causation. *Agricultural Research*, 20: 557-585.

Path Analysis of Genetic Correlations of Morphological Characteristics Affecting Yield and Grouping of Strawberry Genotypes, Using Multivariate Statistical Technique

Arab Tajandarreh¹, E., Ismaili^{2*}, A., Rezaei Nejad³, A. H., Karami⁴, F. and Gharaghani⁵, A.

Abstract

In order to determine the relationship between yield and yield components and understanding the direct and indirect effects of morphological traits on yield, twenty genotypes of strawberry were studied. An experiment was done based on a randomized complete block design with three replications at Agricultural Research Center of Kurdistan. Morphological traits (number of leaf, runner, crown, inflorescence, flower and fruit per plant, and leaf area, leaf length/wide, petiole length, number of flower per inflorescence, fruit set, fruit size, inflorescence length, fruit weight and yield) were measured. Four components derived from principal component analysis accounted nearly 73% of whole variability in the evaluated genotypes. All genotypes were grouped into five clusters according to cluster analysis using Ward method and squared Euclidean distance coefficient. Results of biplot, were consistent largely with the results of principal components analysis and cluster analysis. Results of correlation analysis showed similar trends for genotypic and phenotypic correlations and in the most cases, the value for genotypic correlation was greater than phenotypic value. There were positive and significant genotypic and phenotypic correlation between number of leaf, crown, inflorescence, flower and fruit per plant and petiole length, number of flower per inflorescence, fruit set, fruit size, inflorescence length, fruit weight with yield; but correlation between number of leaf, runner and leaf length/wide with yield were not significant. The result of stepwise regression analysis showed that fruit set, fruit size, number of fruit were entered to the regression model with a determination coefficient of 0.95. Genetic Path coefficient analysis revealed that fruit size had the highest direct positive effect on yield and number of fruit had the highest indirect negative effect on yield by fruit size.

Keywords: Bi plot, Stepwise regression, Fruit number, Petiole length

-
1. M.Sc. Student, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran
 2. Associate professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran
 3. Associate professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran
 4. Member of Scientific Board, Department of Seed and Plant Improvement, Agricultural and Natural Resources Research Center of Kurdistan, Sanandaj, Iran
 5. Assistant professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran
- *: Corresponding Author Email: ismaili.a@lu.ac.ir