ارزیابی تنوع ژنتیکی و توارث‌پذیری ویژگی‌های فیزیولوژیکی و فنولوژیکی برخی از ژنوتیپ‌های توت‌فرنگی در شرایط آب و هوایی کردستان

اسماعیل عرب طاژان‌دره[۱]، احمد اسماعیلی[۲،*]، عبدالحسین رضایی‌نژاد[۳] و فرهاد کرمی[٤]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد

۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد

۳- دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد

٤- استادیار، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی کردستان، سنندج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۱۷ – تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰٦/۱۵)

چکیده

توت‌فرنگی یکی از میوه‌های ریز مناطق معتدل و سرشار از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی است که در دهه‌های اخیر از جمله تولیدات مهم و تجاری به شمار می‌آید. مطالعه تنوع فنوتیپی و ژنتیکی برای شناسایی ژنوتیپ‌های مشابه، به منظور حفظ، ارزیابی و استفاده از ذخایر ژنتیکی، قبل از شروع برنامه های به‌نژادی، بسیار حائز اهمیت است. به‌منظور ارزیابی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و فنولوژیکی در ۲۰ ژنوتیپ توت‌فرنگی، آزمایشی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی کردستان اجرا گردید و ویژگی‌های فیزیولوژیکی (میزان کلروفیل a، b و ab، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون و آنتوسیانین) و فنولوژیکی (ظهور اولین استولون، اولین گل و اولین میوه، دوره گل‌دهی و میوه‌دهی) و هم-چنین عملکرد ژنوتیپ‌ها بررسی شد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ژنوتیپ بر تمامی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. مقایسه میانگین ویژگی‌ها نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه دارای تنوع زیادی بودند. بیش‌ترین میزان کلروفیل مربوط به ژنوتیپ پاروس بود و این ژنوتیپ از لحاظ عملکرد نیز بعد از ژنوتیپ کویین الیزا دارای بیش‌ترین مقدار بود. ژنوتیپ گاویوتا دارای بیش‌ترین میزان آنتوسیانین و مواد جامد محلول بود و کم‌ترین دوره گل‌دهی را داشت. ژنوتیپ پاروس و چندلر به ترتیب دارای کم‌ترین میزان آنتوسیانین و مواد جامد محلول بودند. هم‌چنین ژنوتیپ چندلر از نظر میزان کلروفیل a نیز کم‌ترین مقدار را به خود اختصاص داده بود. اختلاف غیرمعنی‌داری بین ضریب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی وجود داشت و این نشان می‌دهد که بخش عمده تنوع موجود ناشی از تفاوت ژنوتیپی می‌باشد و محیط تأثیر اندکی دارد. تمامی ویژگی‌ها دارای توارث‌پذیری بالا بودند و متوسط توارث‌پذیری عمومی برای ویژگی‌های مورد بررسی بین ۹۹-۸۲ درصد بود. برای تحلیل داده‌ها از تجزیه عاملی به روش مولفه‌های اصلی استفاده شد. چهار عامل استخراج شده ۷٤/۰۵ درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه نمودند. عامل اول و دوم به تنهایی ۵۰/۸٤ درصد از کل تغییرات را توجیه نموده و به‌ترتیب به‌عنوان عامل فتوسنتز و باروری نام‌گذاری شدند. در نهایت با توجه به نتایج تجزیه عاملی و سایر تحلیل ها ژنوتیپ پاروس به عنوان مطلوب ترین ژنوتیپ معرفی شد.

واژگان کلیدی: توت‌فرنگی، ضریب تنوع ژنتیکی، کلروفیل، تحلیل عاملی

* نویسنده مسئول، آدرس پست الکترونیکی: **ismaili.a@lu.ac.ir**

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23831367.1395.3.2.4.5]

[DOI: 10.29252/pgr.3.2.43]

مقدمه

توت‌فرنگی (*Fragaria* × *ananassa* Duch.)، گیاهی علفی و دائمی از خانواده رز (گل‌سرخیان) است (Hancock, 1999). این گونه، ترکیبی بین اسکارلت یا توت‌فرنگی ویرجینیا (*F. virginiana*) با توت‌فرنگی آمریکای جنوبی (*F. chiloensis*) می‌باشد. این گیاه در بیش‌تر مناطق جهان قابل کشت است. در حدود ۲۰ گونه شناسایی شده از توت‌فرنگی وجود دارد که در پنج گروه کروموزومی قرار دارند (x = 7): ده گونه دیپلوئید، چهار گونه تراپلوئید، یک گونه پنتاپلوئید، یک گونه هگزاپلوئید و چهار گونه اکتاپلوئید می‌باشند. توت‌فرنگی‌های تجاری، اکتاپلوئید (2n = 8x = 56) هستند (Staudt, 1999; Jiajun *et al*., 2005).

توت‌فرنگی یکی از محصولات مهم و تجاری است که سرشار از آنتی اکسیدان‌های طبیعی می‌باشد (Wang and Jiao, 2000). این محصول ارزشمند دارای عناصر ریزمغذی، میزان بالای ویتامین ث و فولات است (Carr and Frei, 1999). آنتی‌اکسیدان‌های موجود در میوه و سبزی‌ها که شامل اسید آسکوربیک، کاروتنوئیدها، آنتوسیانین‌ها، فنل‌ها، فلاونوئیدها و تانن‌ها می‌باشند، نقش مهمی را در ممانعت از بیماری‌ها ایفا می‌کنند (Ielpo *et al*., 2000). مطالعات متعدد نشان داده‌اند که سطوح بالای فعالیت آنتی‌اکسیدانی در توت‌فرنگی با سطوح فنولیک‌ها و ترکیبات آنتوسیانینی در ارتباط است (Heinonen *et al*., 1998). قندها از ترکیبات کلیدی در ایجاد مزه مناسب در میوه توت‌فرنگی می‌باشند. همچنین اسیدهای آلی که در تنظیم pH شیره سلولی و آنتوسیانین نقش ایفا می‌کنند در رنگ میوه نیز تأثیر می‌گذارند (Behnamian and Masiha, 2002).

براساس آمار سازمان خوار و بار جهانی (FAO, 2014) از نظر میزان تولید توت‌فرنگی در کل دنیا طی سال ۲۰۱٤ کشور چین با ۳۱۱۳۰۰۰ تن دارنده مقام اول، پس از آن به ترتیب کشورهای ایالات متحده آمریکا، مکزیک، ترکیه و اسپانیا در رده‌های بعدی قرار گرفته‌اند. میزان تولید این محصول در ایران در همان سال ۲۹۵٦٦ تن و سطح زیر کشت آن ۳۰۲۰ هکتار گزارش شده است (FAO, 2014).

شناسایی ژنوتیپ‌های سازگار با یک منطقه، کاری بسیار مشکل است. اما تعدادی از ژنوتیپ‌ها وجود دارند که میزان عملکرد کمی و کیفی آن‌ها کم‌تر تحت تأثیر شرایط آب و هوایی قرار می‌گیرد. شناسایی و توسعه‌ی این ژنوتیپ‌ها بسیار به‌صرفه خواهد بود (Kashi and Hekmati, 1991). ذخایر توارث گیاهی به‌عنوان زیربنای تحقیقات در امر به‌نژادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند و حفاظت و حراست از آنها از دیدگاه ملی و بین-المللی بسیار ارزشمند می‌باشد (Ebrahimi *et al*., 2015). حفظ ژرم‌پلاسم گیاهان از اولین وظایف هر دستگاه تحقیقاتی است. ذخایر ارزشمند ژنتیکی می‌تواند به‌عنوان ابزار مهمی در اصلاح نباتات مورد استفاده اصلاح‌کنندگان قرار گیرد. علاوه بر حفظ ژرم‌پلاسم داخلی، استفاده و معرفی ژرم‌پلاسم خارجی می‌تواند در آینده برای کارهای اصلاحی و استفاده از تنوع ژنتیکی موجود مورد استفاده قرار گرفته و حائز اهمیت باشد. ژرم‌پلاسم توت‌فرنگی از جمله معدود ذخایر گیاهی است که از کشورهای دیگر (ایتالیا، آمریکا) به ایران وارد شده و توسط مراکز تحقیقاتی مورد استفاده قرار گرفته است. استفاده و به‌کارگیری این ژرم‌پلاسم می‌تواند تنوع ژنتیکی موجود برای کارهای اصلاحی را فراهم نماید و در نهایت با افزایش تولید، منشاء درآمد بالایی برای کشاورزان ایرانی باشد.

تنوع، مبنای همه گزینش‌ها بوده و انتخاب ژنوتیپ نیز نیازمند تنوع می‌باشد (Abdemeyshani, and Shahnejat-Boushehri,1998). از آنجایی که اصلاح نباتات بر پایه ایجاد تنوع با گزینش انواع مطلوب تا رسیدن به هدف نهایی استوار است، داشتن تنوع و دامنه وسیعی از ذخایر توارثی در اصلاح نباتات ضروری است (Ehdaei, 1994). آنچه مسلم است این است که موفقیت آینده متخصصان اصلاح نباتات به حفظ ذخایر ژنتیکی امروز بستگی دارد (Sakti and Khadag, 1995). تنوع به شکل‌هایی در

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1395.3.2.4.5]
[DOI: 10.29252/pgr.3.2.43]

جمعیت‌های طبیعی همه موجودات زنده دیده می‌شود. تنوع اگرچه برهمکنش ژنوتیپ و محیط است و تولید فنوتیپ می‌کند، ولی این تنوع قابل مشاهده (فنوتیپی) در واقع انعکاسی از تنوع ژنتیکی (ژنوتیپی) است. تنوع ژنتیکی در واقع ماده اولیه برای انتخاب طبیعی بوده و به طور مداوم از طریق پدیده جهش، تولید و از طریق پدیده فرسایش دچار ریزش می‌شود. اگر تنوع ژنتیکی کافی در داخل یک گونه وجود داشته باشد، هر گونه تغییر در فشار گزینش حاصل از تغییرات محیطی را تحمل کرده و دست کم تعدادی از افراد باقی مانده و تولید مثل خواهند کرد. نبود تنوع ژنتیکی در حد کفایت، باعث نقصان در قدرت سازگاری جهت پاسخ به تغییرات محیطی شده و می‌تواند در نهایت حتی منجر به نابودی آن گونه گردد (Li *et al*., 2004).

فاکتورهای زیادی از جمله ژنوتیپ، زمان برداشت، دما، سیستم کاشت و... می‌توانند روی کیفیت و کمیت میوه توت‌فرنگی مؤثر باشد (Hancock *et al*., 1996). رحمتی و همکاران (Rahmati *et al*., 2012)، اختلاف معنی‌داری از لحاظ آنتوسیانین بین ژنوتیپ‌های سلوا و کوییناليزا مشاهده کردند و سلوا نسبت به کوییناليزا دارای آنتوسیانین بیش‌تری بود. اثر ژنوتیپ و تاریخ برداشت بر کیفیت میوه، گزارش شده است (PelayoZeldivar *et al*., 2005). در پژوهشی با بررسی ۱۰ ژنوتیپ توت‌فرنگی به مدت دو سال تفاوت معنی‌داری از لحاظ عملکرد بوته، درصد کل مواد جامد محلول، میزان ویتامین‌ث و اسیدیته، بین ژنوتیپ‌ها مشاهده شد و در بین ژنوتیپ‌ها، پاروس بالاترین عملکرد را داشت (Khoshkam, 2010). در پژوهشی دیگر با بررسی تأثیر رقم بر پارامترهای کیفی و ترکیبات شیمیایی میوه توت‌فرنگی، تفاوت معنی‌داری بین ارقام در کلیه ویژگی‌های اندازه‌گیری شده مشاهده کردند و در بین شش رقم مورد مطالعه رقم "کمپینرو" و "مازی" به ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین آنتوسیانین را داشتند (Cordenunsi *et al*., 2002). در تحقیقی ۱۸ ژنوتیپ توت‌فرنگی مورد بررسی قرار گرفت در این میان ژنوتیپ گاویوتا از نظر اسیدیته قابل تیتراسیون بیش‌ترین مقدار را به خود اختصاص داده بود (Rutkowski *et al*., 2006). در یک بررسی خصوصیات کیفی یازده ژنوتیپ توت‌فرنگی در مراحل مختلف بلوغ میوه اندازه‌گیری گردید و تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها در رابطه با مواد جامد محلول (TSS) مشاهده شد ولی در رابطه با اسیدیته (pH) و اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) تفاوت بین ژنوتیپ‌ها معنی‌دار نشد (Kafkas *et al*., 2007). در یک پژوهش ویژگی‌های فیزیولوژیکی و فنولوژیکی هشت ژنوتیپ توت‌فرنگی در کشور بلاروس مطالعه شد. دراین بررسی اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها در رابطه با ویژگی‌های ظهور اولین گل، قندکل، اسیدیته‌کل، نسبت قند به اسید و میزان مواد جامد محلول مشاهده شد (Natallia, 2008). سینگ و همکاران (Singh *et al*., 2008) طی سال‌های ۲۰۰۷-۲۰۰۵ در منطقه سردسیری مگالایا بیست و پنج ژنوتیپ توت‌فرنگی را مورد ارزیابی قرار دادند. در این مطالعه ژنوتیپ کاماروزا و چریگن۵ زودترین گل‌دهی را داشتند. همچنین در بیش‌تر ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده از جمله TSS، اسید آسکوربیک و میزان آنتوسیانین، بالاترین مقدار مربوط به ژنوتیپ افرا و چندلر بود (Singh *et al*., 2008). در بررسی ۱۰ ژنوتیپ توت‌فرنگی در شرایط گلخانه، ویژگی‌های مختلفی شامل شامل میزان مواد جامد محلول، ویتامین‌ث، اسیدیته قابل تیتراسیون و برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی مورد مطالعه قرار گرفت. در مورد تمام ویژگی‌های اندازه‌گیری شده، اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها مشاهده شد (Mohammadi *et al*., 2013). لویس و همکاران با بررسی ویژگی‌های فیزیولوژیکی شش ژنوتیپ توت‌فرنگی، تفاوت معنی‌داری مشاهده نکردند (Antunes *et al*., 2010).

شرایط محیطی در طی فصل رشد به‌ویژه درجه حرارت محیط، از عوامل مؤثر و کلیدی است که روی کمیت و کیفیت میوه توت‌فرنگی تأثیر می‌گذارد (Zhao, 2007). باوجود شرایط اقلیمی مناسب در ایران و گذشت یک قرن

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1395.3.2.4.5]
[DOI: 10.29252/pgr.3.2.43]

از ورود توت‌فرنگی به کشورمان، کشت این محصول در مقایسه با سایر کشورهای جهان توسعه چندانی نیافته است، ولی ایران با توجه به شرایط اقلیمی مناسب می‌تواند در آینده به‌عنوان یکی از تولیدکنندگان عمده در جهان مطرح شود (Behnamian and Masiha, 2002). لذا هدف از این مطالعه ارزیابی تنوع و توارث‌پذیری ویژگی‌های فیزیولوژیکی و فنولوژیکی برخی از ژنوتیپ‌های توت‌فرنگی در شرایط آب و هوایی کردستان (که یکی از مهمترین مناطق کشت این محصول است) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گریزه وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کردستان اجرا گردید. طول جغرافیایی ایستگاه ٤٧ درجه و ١ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی آن ٣٥ درجه و ١٦ دقیقه شمالی بوده و ارتفاع آن از سطح دریا ١٤٠٧ متر می‌باشد. میانگین بارندگی سالیانه ایستگاه ٤٧١ میلی‌متر می‌باشد. در این تحقیق ٢٠ ژنوتیپ توت فرنگی (جدول ١) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت و ویژگی‌های فیزیولوژیکی (میزان کلروفیل a، b و ab، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون و آنتوسیانین) و همچنین ویژگی‌های فنولوژیکی (ظهور اولین استولون، اولین گل و اولین میوه، طول دوره گل‌دهی و میوه‌دهی) مورد ارزیابی قرار گرفتند. اندازه‌گیری میزان کلروفیل نمونه‌ها به روش تغییریافته آرنون انجام گرفت (Ashraf *et al.*, 1994). برای این منظور مقدار ٠/١ گرم از هر نمونه برگ با ٠/٢ گرم پودر اکسید منیزیم در یک هاون چینی کاملاً ساییده شد و بعد با اضافه کردن استون٨٠٪ حجم نمونه به ١٠ سی‌سی رسید و هموژن گردید. سپس نمونه در لوله آزمایش درون سانتریفیوژ با ٣٥٠٠ دور در دقیقه و به مدت سه دقیقه قرار گرفت و عصاره حاوی کلروفیل برگ، استخراج و سپس میزان جذب نور توسط عصاره حاصل با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Spectrophotometer, Jenway 6505 UV/Vis) و در طول موج‌های ٦٦٣ و ٦٤٥ نانومتر تعیین گردید. غلظت کلروفیل a، b و مجموع آن‌ها از طریق روابط زیر بدست آمد.

(جذب در ٦٤٥ نانومتر)٢/٦٩– (جذب در ٦٦٣ نانومتر)١٢/٧= میلی‌گرم کلروفیل a درهرگرم وزن تر

(جذب در ٦٦٣ نانومتر)٤/٦٩– (جذب در ٦٤٥ نانومتر)٢٢/٩= میلی‌گرم کلروفیل b درهرگرم وزن تر

(جذب در ٦٦٣ نانومتر)٨/٠٢+ (جذب در ٦٤٥ نانومتر)٢٠/٢= میلی‌گرم کلروفیل a وb درهرگرم وزن تر

که در این روابط در v حجم نهایی نمونه استخراج شده و w وزن تر نمونه است. میزان کلروفیل برگ با توجه به نسبت وزن خشک به وزن تر برگ به‌صورت غلظت برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن خشک ارائه شد. برای اندازه‌گیری کل مواد جامد محلول میوه از رفرکتومتر دستی (Refractometer, Atago, Japan) استفاده شد. میزان آنتوسیانین موجود در میوه توت‌فرنگی که عامل رنگ قرمز میوه در زمان رسیدن میوه است، با استفاده از روش اختلاف pH اندازه‌گیری شد (Giusti and Wrolstad, 2001). طول دوره گل‌دهی از شروع شکوفایی اولین گل تا تاریخ پایان گل‌دهی، طول دوره میوه‌دهی با ثبت تاریخ برداشت اولین میوه تا پایان برداشت میوه و تاریخ ایجاد اولین رانر به‌عنوان تاریخ شروع استولون‌دهی ثبت گردید.

محاسبات آماری: واریانس محیطی، ژنوتیپی و فنوتیپی، وراثت پذیری عمومی و همچنین ضرایب تنوع فنوتیپی، ژنوتیپی و محیطی از فرمول‌های زیر و با استفاده از نرم‌افزار با Excel و MSTATC محاسبه شدند (فرشادفر، ١٣٨٧). Pistorale *et al.*, 2008

واریانس ژنوتیپی $V_G = \frac{MSg - MSe}{r}$

واریانس محیطی $V_E = \frac{MSe}{r}$

واریانس فنوتیپی $V_P = V_G + V_E$

وراثت‌پذیری عمومی $H_b = \frac{V_G}{V_P}$

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1395.3.2.4.5]
[DOI: 10.29252/pgr.3.2.43]

ضریب تغییرات فنوتیپی $CV_P = \frac{\sqrt{V_P}}{\overline{X}} \times 100$

ضریب تغییرات ژنتیکی $CV_G = \frac{\sqrt{V_G}}{\overline{X}} \times 100$

ضریب تغییرات محیطی $CV_E = \frac{\sqrt{V_E}}{\overline{X}} \times 100$

در روابط بالا، MSg واریانس تیمار؛ MSe واریانس اشتباه؛ r تعداد تکرار؛ VE واریانس محیطی؛ $\overline{X}$ میانگین کل برای هر ویژگی و V_P، V_G و V_E به ترتیب اجزای واریانس فنوتیپی، ژنوتیپی و محیطی می‌باشند.

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های توت‌فرنگی (*Fragaria* × *ananasa* Duch.) مورد بررسی.

Table 1. Characteristics of strawberry genotypes used in this study

کد نمونه Sample code	نام ژنوتیپ Genotype name	شجره Pedigree	منشا و سال معرفی ژنوتیپ Origin and year of genotype introduction
1	PAJARO	Cal63.7-101 × Sequoia	آمریکا-۱۹۷۸ USA-1978
2	PAROS	Marmolada × Irvine	ایتالیا-۱۹۹۸ IT-1998
3	QUEEN ELISA	Miss × USB35	ایتالیا-۲۰۰۳ IT-2003
4	MISSIONARY	-	آمریکا-۱۹۰۰ USA-1900
5	TENNESSEE BEAUTY	Howard17 × Missionary	-
6	ALISO	-	-
7	FRESNO	Lassen × Cal83.25-2	آمریکا-۱۹۶۱ USA-1961
8	TIOGA	Lassen × Cal42.8-16	آمریکا-۱۹۶۳ USA-1963
9	SEQUOIA	Cal52.16-15 × cal51s 1-1	آمریکا-۱۹۵۸ USA-1958
10	YALOVA	-	-
11	MACDONANCE	-	-
12	BLACK MORE	Missionary × Howard17	آمریکا-۱۹۲۹ USA-1929
13	CATSKILL	Marshal × Howaed17	آمریکا-۱۹۳٤ USA-1934
14	NO.14	-	-
15	SELVA	Cal70.3-117 × cal71.98-605	آمریکا-۱۹۸۳ USA-1983
16	CAMAROSA	Douglas × cal85.218-605	آمریکا-۱۹۹۳ USA-1993
17	CHANDLER	Douglas × cal72-361-105	آمریکا USA
18	GAVIOTA	Cal87.112-6 × cal88.270-1	آمریکا-۱۹۹۷ USA-1997
19	MRAK	-	آمریکا-۱۹۸۷ USA-1987
20	KURDISTAN	-	آمریکا-۱۹۵۰ USA-1950

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1395.3.2.4.5]
[DOI: 10.29252/pgr.3.2.43]

از تجزیه به عامل‌ها (به روش تجزیه مولفه‌های اصلی)، برای درک روابط بین صفات و همچنین شناخت صفاتی که بیشترین نقش را در عملکرد ایفا می‌کردند، استفاده شد. از روش چرخش وریماکس جهت به حداکثر رساندن واریانس بین عامل‌های به‌دست آمده استفاده شد (Kiaser, 1958). ضرایب عاملی ۰/۵ به بالا صرف نظر از علامت آن‌ها معنی‌دار در نظر گرفته شدند. بدین ترتیب صفات مؤثر در هر عامل شناسایی شده و عوامل نیز بر اساس مؤثرترین صفات نام‌گذاری شد (Tadesse and Bekele, 2001).

نتایج و بحث

پس از آزمون نرمال‌بودن توزیع داده‌ها، تجزیه واریانس داده‌ها برای ویژگی‌های مورد بررسی انجام شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲ و ۳) برای ویژگی‌های فیزیولوژیکی و فنولوژیکی نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر کل ویژگی‌ها (کلروفیل a، b، ab، میزان مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، آنتوسیانین، ظهور اولین استولون، اولین گل و اولین میوه، دوره گل‌دهی و میوه‌دهی) در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بر اساس مقایسه میانگین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده (جدول ٤ و ٥)، که با آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام گردید، مشاهده شد که ژنوتیپ پاروس دارای بیش‌ترین میزان کلروفیل a، b، ab و ژنوتیپ کت‌اسکیل در مورد کلروفیل a و ab و ژنوتیپ چندلر در مورد کلرفیل b کم‌ترین مقدار را دارا بودند. ژنوتیپ پاروس با بیش‌ترین میزان کلروفیل از لحاظ میزان عملکرد هم در سطح بالایی بود. همچنین ژنوتیپ گاویوتا با کم‌ترین عملکرد، دارای کم‌ترین مقدار کلروفیل a، بعد از ژنوتیپ کت‌اسکیل بود. میزان کلروفیل در گیاهان زنده یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی است (Jiang and Huang, 2001). همچنین میزان کلروفیل رابطه مستقیمی با شرایط محیطی دارد. رنگ سبز تیره، نشانه کلروفیل بیش‌تر و در نتیجه افزایش فتوسنتز است (Klamkowsky and Ttreder, 2006). از لحاظ میزان مواد جامد محلول ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در گروه های مختلفی قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های گاویوتا و چندلر به ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین میزان مواد جامد محلول (۹/۹۳۳ و ۵/۲۳۳ درصد) بودند. در مورد ویژگی اسیدیته قابل تیتراسیون نیز اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها مشاهده شد که با نتایج (Mohammadi *et al.*, 2013) منطبق است. بر اساس جدول مقایسه میانگین‌ها، ژنوتیپ‌ها در ۱۱ گروه متفاوت قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های یالووا و میشنری به ترتیب با ۷۸۸ و ٤۰۹/٦٦۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره میوه بیش‌ترین و کم‌ترین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون را به خود اختصاص داده بودند. نتایج مقایسه میانگین در مورد ویژگی میزان آنتوسیانین نشان داد که ژنوتیپ گاویوتا دارای بیش‌ترین مقدار و ژنوتیپ پاروس دارای کم‌ترین میزان آنتوسیانین بود. همچنین مشخص شد که ژنوتیپ‌ها از نظر آنتوسیانین در ۱٦ گروه مختلف قرار گرفتند و ژنوتیپ‌ها از نظر این ویژگی بیش‌ترین تنوع را نشان دادند. نتایج بدست آمده با نتایج رحمتی و همکاران (Rahmati *et al.*, 2012) مطابقت داشت. اما نتایج این پژوهش از لحاظ میزان آنتوسیانین، میزان مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون با نتایج آنتونس و همکاران (Antunes *et al.*, 2010) منطبق نبود. اسیدهای آلی قابل تیتراسیون، در طول رشد میوه متمایل به کاهش و تبدیل به اسیدهای اولیه مؤثر در طعم توت‌فرنگی می‌شوند. نسبت قند به اسید، غلظت و وجود ترکیبات فرار نیز در طعم توت‌فرنگی مؤثرند. ترکیبات فرار، قندها و اسیدها در توت‌فرنگی تحت تأثیر ژنتیک گیاه می‌باشد (Itani *et al.*, 1999).

از لحاظ ظهور اولین استولون، ژنوتیپ‌های پاجارو، سکویا، تیوگا، تن‌بیوتی، چندلر، سلوا و مراک در گروه A قرار گرفتند و بعد از ۹۱ روز، نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر، دیرترین استولون‌دهی را داشتند. ژنوتیپ‌های یالووا و شماره ١٤ زودتر از بقیه استولون تولید کردند. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر ویژگی ظهور اولین استولون دارای کم‌ترین تنوع بودند. همچنین ژنوتیپ‌ها از

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1395.3.2.4.5]
[DOI: 10.29252/pgr.3.2.43]

نظر ویژگی‌های ظهور اولین گل و اولین میوه با هم تفاوت داشتند که با نتایج تحقیقات (Singh *et al*., 2008; Natallia, 2008) مطابقت دارد. از این نظر ژنوتیپ‌ها در ۹ گروه متفاوت قرار گرفتند. ژنوتیپ آلیسو با بیش‌ترین تعداد روز دارای دیرترین گل‌دهی و دیرترین میوه‌دهی بود و ژنوتیپ‌های بلک‌مور و ژنوتیپ شماره ١٤ به ترتیب دارای زودترین گل‌دهی و زودترین میوه‌دهی بودند. ژنوتیپ‌ها از لحاظ دوره گل‌دهی در ۱۲ گروه متفاوت از A تا J قرار گرفتند. مقایسه میانگین ویژگی‌ها در مورد دوره گل‌دهی نشان داد که ژنوتیپ‌های بلک‌مور و پاروس با ٤٤/٦٨ روز گل‌دهی دارای بیش‌ترین دوره گل‌دهی بودند و ژنوتیپ گاویوتا با ۳۳/۳۳ روز گل‌دهی دارای کم‌ترین دوره گل‌دهی بود. از لحاظ دوره میوه‌دهی ژنوتیپ‌ها در ۱۰ گروه مختلف قرار گرفتند که ژنوتیپ‌های تیوگا و یالووا به ترتیب با ٢٩/٦٧ و ٢٠/٣٣ روز میوه‌دهی دارای بیش‌ترین و کم‌ترین دوره میوه‌دهی بودند.

مقادیر حداقل، حداکثر، میانگین، اجزای واریانس (فنوتیپی، ژنتیکی و محیطی)، ضریب تنوع و وراثت‌پذیری عمومی برای ۱۲ ویژگی توت‌فرنگی در جدول ٦ نشان داده شده است.

جدول۲- تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیولوژیکی ۲۰ ژنوتیپ توت‌فرنگی

Table 2. Analysis of variance in physiological traits of 20 strawberry genotypes

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی D.F.	میانگین مربعات M.S.					
		کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل ab Chlorophyll a/b	مواد جامد محلول Total suspended solid	اسیدیته قابل تیتراسیون Acidity	آنتوسیانین Anthocyanin
بلوک Block	2	681.601^{ns}	124.551ns	986.325^{ns}	2.522*	780.117^{ns}	108.259**
ژنوتیپ Genotype	19	3695.424**	826.580**	7324.780**	3.473**	22139.104**	118.664**
خطا Error	38	398.734	98.324	744.353	0.638	3823.625	5.329

^{ns}، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

^{ns}, *and **: Non significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول۳- تجزیه واریانس ویژگی‌های فنولوژیکی ۲۰ ژنوتیپ توت‌فرنگی

Table 3. Analysis of variance in phonological traits of 20 strawberry genotypes

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی D.F.	میانگین مربعات M.S.				
		ظهور اولین استولون First stolon	ظهور اولین اولین گل First flower	دوره گل‌دهی Flower period	ظهور اولین میوه First fruit	دوره میوه‌دهی Fruiting period
بلوک Block	2	0.2^{ns}	0^{ns}	0^{ns}	1.117^{ns}	2.917^{ns}
ژنوتیپ Genotype	19	132**	15.876**	43.343**	9.558**	12.873**
خطا Error	38	1.042	1.053	0.351	0.818	2.373

^{ns} و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال و ۱ درصد

^{ns} and **: Non significant and significant at 1% probability levels, respectively

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1395.3.2.4.5]
[DOI: 10.29252/pgr.3.2.43]

جدول٤ – مقایسه میانگین ویژگی‌های فیزیولوژیکی ۲۰ ژنوتیپ توت‌فرنگی

Table 4. Mean comparison for physiological traits of 20 strawberry genotypes

ژنوتیپ	Genotype	میانگین صفات Means of traits											
		کلروفیل a Chlorophyll a (µg/gFW)		کلروفیل b Chlorophyll b (µg/gFW)		کلروفیل ab Chlorophyll a/b (µg/gFW)		مواد جامد محلول Total suspended solid (BX)		اسیدیته قابل تیتراسیون Acidity (mg/100ml)		آنتوسیانین Anthocyanin (mg/100gFW)	
پاجارو	Pajaro	261.62	abc	128.1	b	389.7	ab	7.76	bc	538.33	bcdef	19.78	k
پاروس	Paros	271.31	a	152.3	a	423.6	a	7.76	bc	547.33	bcde	11.92	l
کویین الیزا	Queen eliza	191.28	efg	108.1	cdef	299.4	efghi	7.80	b	489.00	cdefg	20.36	jk
میشنری	Missionary	214.06	def	101.5	defg	315.6	cdefg	7.30	bcde	409.66	g	27.88	efgh
تن بیوتی	Ten Beauty	239.09	abcd	126.0	bc	365.1	bc	7.00	bcde	523.66	bcdef	24.62	ghi
آلیسو	Aliso	225.84	cde	123.8	bc	349.6	bcde	6.23	cdef	498.66	cdefg	32.75	bcd
فرزنو	Fresno	207.31	def	118.9	bcd	326.3	cdef	7.73	bcd	562.33	bcd	24.24	hij
تیوگا	Tioga	232.28	bcd	130.9	b	363.1	bc	6.83	bcde	541.00	bcdef	25.30	fghi
سکویا	Sequia	177.57	fgh	112.1	bcdef	289.7	fghi	5.96	ef	494.33	cdefg	30.93	cde
یالووا	Yalova	239.75	abcd	128.3	b	368.1	bc	8.36	b	788.00	a	28.28	efgh
مکدونانس	MacdonAnce	211.29	def	117.3	bcd	328.6	cdef	7.10	bcde	503.66	cdefg	34.79	abc
بلک‌مور	Blackmore	229.57	bcd	128.4	b	358.0	bcd	6.20	def	544.33	bcdef	26.72	efghi
کت‌اسکیل	Cat skill	142.58	h	96.68	efg	239.3	j	5.93	ef	559.66	bcde	25.87	fghi
شماره ١٤	No.14	213.18	def	113.4	bcde	326.6	cdef	6.10	ef	539.00	bcdef	36.31	ab
سلوا	Selva	210.49	def	95.54	efg	306.0	defgh	7.26	bcde	654.66	ab	29.09	def
کاماروزا	Camarosa	185.19	fg	88.70	g	273.9	ghij	7.66	bcd	622.33	bc	28.72	defg
چندلر	Chandler	164.19	gh	87.21	g	251.4	ij	5.23	f	531.66	bcdef	34.96	abc
گاویوتا	Gaviota	163.95	gh	94.48	fg	258.4	hij	9.93	a	440.00	efg	38.48	a
مراک	Mrak	233.86	bcd	118.9	bcd	352.7	bcd	8.20	b	439.66	defg	23.04	ijk
کردستان	Kurdistan	265.21	ab	115.8	bcd	381.0	ab	7.76	bc	422.33	fg	26.97	efghi

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی دار هستند

Means followed by similar letters in each column are not significantly different

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23831367.1395.3.2.4.5]

[DOI: 10.29252/pgr.3.2.43]

جدول۵ – مقایسه میانگین ویژگی‌های فنولوژیکی ۲۰ ژنوتیپ توت‌فرنگی

Table 5. Mean comparison for phonological traits of 20 strawberry genotypes

ژنوتیپ	Genotype	میانگین صفات Means of Traits: ظهور اولین استولون (روز) First stolon	ظهور اولین گل (روز) First flower	دوره گل‌دهی (روز) Flower period	ظهور اولین میوه (روز) First fruit	دوره میوه‌دهی (روز) Fruiting period	عملکرد Yield gr/plant
پاجارو	Pajaro	91 a	24 bc	33.66 j	59.33 ef	27.00 abcd	107.6 gh
پاروس	Paros	77 de	20 fg	44.66 a	60.33 def	28.00 abc	616 a
کویین الیزا	Queen eliza	79 c	22 de	37.66 ghi	62.67 bc	24.67 de	629.5 a
میشنری	Missionary	78 cd	20 fg	43.66 b	61.33 cd	25.33 cde	488.1 bc
تن بیوتی	Ten Beauty	91 a	22 de	39.66 fg	60.67 de	26.00 cde	574.2 ab
آلیسو	Aliso	78 cd	26 a	33.66 j	64.33 a	29.00 ab	463.7 c
فرزنو	Fresno	77 de	22 de	41.66 de	60.67 de	26.00 cde	410.5 cd
تیوگا	Tioga	91 a	25 ab	39.66 fg	64.00 ab	29.67 a	486 bc
سکویا	Sequia	91 a	19 gh	41.66 de	61.67 cd	25.00 de	362.2 de
یالووا	Yalova	75 f	25 ab	35.33 ij	63.33 ab	20.33 f	417.3 cd
مکدونانس	MacdonAnce	79 c	19 gh	43.33 bc	60.33 def	24.33 de	290.9 ef
بلک‌مور	Blackmore	77 de	18 h	44.66 a	59.33 ef	24.33 de	333.9 def
کت اسکیل	Cat skill	76 ef	23 cd	38.33 fgh	58.67 f	23.33 e	339 def
ژنوتیپ‌شماره۱٤	No.14	75 f	19 gh	40.33 ef	57.00 g	26.67 bcd	489 bc
سلوا	Selva	90 a	23 cd	43.33 bc	61.67 cd	24.67 de	249 f
کاماروزا	Camarosa	77 de	22 de	43.33 bc	61.00 de	24.33 de	418.2 cd
چندلر	Chandler	90 a	23 cd	37.33 hi	60.67 de	25.00 de	159.9 g
گاویوتا	Gaviota	76 ef	24 bc	33.33 j	59.33 ef	24.33 de	38.9 h
مراک	Mrak	90 a	21 ef	43.33 bc	60.67 de	24.00 de	460.5 c
کردستان	Kurdistan	82 b	20 fg	42.33 cd	60.33 def	26.33 bcde	467.5 c

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی دار هستند

Means followed by similar letters in each column are not significantly different

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23831367.1395.3.2.4.5]

[DOI: 10.29252/pgr.3.2.43]

از ضرایب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی برای تعیین وجود یا عدم وجود تنوع استفاده می‌شود. مقایسه این ضرایب تأثیر عوامل محیطی را بر روی ویژگی مورد بررسی نشان می‌دهد. ضریب تنوع ژنوتیپی بخشی از ضریب تنوع فنوتیپی می‌باشد و از این رو مقدار آن همواره کم‌تر از ضریب تنوع فنوتیپی است. اختلاف ناچیز موجود بین ضریب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی برای ویژگی‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که بخش عمده تنوع موجود ناشی از تفـاوت ژنوتیپی می‌باشد و محیـط تأثیر اندکی دارد. هرچه نسبت تنوع ژنوتیپی به فنوتیپی زیاد باشد، بازدهی انتخاب بیش‌تر بوده و بهتر می‌توان ژنوتیپ‌های مطلوب را از نامطلوب تشخیص داد. ضریب تنوع برای ویژگی‌های عملکرد و آنتوسیانین بالاترین مقدار و پس از آن ویژگی‌های کلروفیل، اسیدیته قابل تیتراسیون، کلروفیل ab، مواد جامد محلول و کلروفیل b دارای بیش‌ترین ضریب تنوع بودند. بیش‌ترین آنتوسیانین میوه مربوط به ژنوتیپ گاویوتا و کم‌ترین میزان آن مربوط به ژنوتیپ پاروس بود. ژنوتیپ گاویوتا با میزان آنتوسیانین بیش‌تر، آن را به‌عنوان یک والد مناسب برای برنامه‌های اصلاحی توت‌فرنگی با هدف بهبود رنگ و خاصیت آنتی‌اکسیدانی مطرح می‌سازد. در این پژوهش ژنوتیپ گاویوتا با ۳۳ روز گل‌دهی دارای کم‌ترین طول دوره گل‌دهی بود و ژنوتیپ‌های پاروس و بلک‌مور بیش‌ترین طول دوره گل‌دهی را داشتند. بازه زمانی طولانی‌تر دوره گل‌دهی و میوه‌دهی ژنوتیپ‌ها به‌عنوان یک ویژگی مطلوب در برنامه‌های اصلاحی توت‌فرنگی می‌باشد. همان‌طور که در جدول ٦ مشاهده می‌شود دامنه تغییرات عملکرد بین ۶۲۹/۵–۳۸/۹ گرم در هر بوته می‌باشد و این نشان می‌دهد که تفاوت زیادی بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ این ویژگی وجود دارد و ضریب تغییرات ژنتیکی این ویژگی، بالاترین مقدار را دارد.

توارث‌پذیری معیاری است که نوع روش اصلاحی و قدرت توارث هر ویژگی را برای گیاه مشخص می‌کند و در واقع بیان‌کننده سهم تغییرات ژنتیکی از کل تغییرات موجود است. گزینش هر ویژگی به میزان تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی در بروز آن ویژگی بستگی دارد. هرگاه سهم عوامل ژنتیکی بیش‌تر از عوامل محیطی باشد، نقش آن در نمود فنوتیپ بیش‌تر است و اگر سهم عوامل محیطی بیش‌تر باشد، آنگاه گزینش بر اساس آن ویژگی نتیجه‌بخش نخواهد بود. در این پژوهش توارث‌پذیری عمومی ویژگی‌ها نیز برآورد گردید. مطابق با نظریه استانسفیلد (1991) چنانچه توارث‌پذیری یک ویژگی بیش‌تر از ۰/۵ باشد، ویژگی دارای توارث‌پذیری بالا، چنانچه توارث‌پذیری عمومی ویژگی بین ۰/۲ تا ۰/۵ باشد، ویژگی دارای توارث‌پذیری متوسط و چنانچه توارث‌پذیری ویژگی مورد نظر کم‌تر از ۰/۲ باشد، ویژگی دارای توارث‌پذیری پایین می‌باشد (Stansfield, 1991). طبق این نظریه تمامی ویژگی‌ها دارای توارث‌پذیری بالا بودند و متوسط توارث‌پذیری عمومی برای ویژگی‌های مورد بررسی بین ۹۹–۸۲ درصد بود.

نتایج تجزیه به عامل ها (به روش تجزیه به مولفه های اصلی) برای ۱۱ ویژگی یا صفت مورد مطالعه بر مبنای مقادیر ویژه بزرگتر از یک و چرخش وریماکس در جدول ۷ ارائه شده است. به این علت که عامل ها به صورت متعامد و مستقل از یکدیگر می باشند، هر عامل نشان دهنده خصوصیات متفاوتی از داده های اصلی می باشد و به صورت مستقل از یکدیگر تفسیر می شوند (Lansari *et al.*, 1994).

نتایج نشان داد که ٤ عامل اول دارای مقادیر ویژه بالاتر از ۱ بوده ودر مجموع ۷٤/۰۵ درصد از تنوع کل داده‌ها را توجیه نمودند. سهم عامل‌های اول تا چهارم به ترتیب ۳۲/۲۲، ۱۸/٦۲ و ۱۳/۰٤، ۱۰/۱٦ درصد از واریانس کل برآورد گردید (جدول ۷). در مطالعه مشابهی که در آن ۱۵ ویژگی توت فرنگی مورد بررسی قرار گرفته بود، تحلیل عاملی صفات مورد نظر را در ٤ عامل گروه‌بندی نمود؛ به طوری که چهار عامل اول سهمی معادل ۸۳/۳ درصد ازتغییرات کل را به خود اختصاص دادند (Arab Tajandarreh *et al.*, 2015). صفات مرتبط با قدرت

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1395.3.2.4.5]
[DOI: 10.29252/pgr.3.2.43]

فتوسنتز به عنوان مهم ترین شاخص‌ها در عامل اول شناخته شدند به طوری که در این عامل علاوه بر صفت عملکرد، صفات محتوای کلروفیل a، کلروفیل b و نسبت کلروفیل a به b دارای بیشترین ضرایب مثبت و صفت میزان آنتوسیانین دارای بیشترین ضریب منفی، بزرگتر از ۰/۵ بود؛ از این رو می‌توان این عامل را شاخص فتوسنتزی نامید و چنین انتظار داشت که انتخاب بر اساس این صفت میزان شاخص فتوسنتز گیاه را افزایش داده و افزایش عملکرد را به دنبال دارد. با توجه به نقش آنتی اکسیدانتی آنتوسیانین، کاهش این ویژگی در میوه توت فرنگی، پیامد منفی انتخاب بر اساس عامل اول به شما می‌آید(Cordenunsi *et al.*, 2002). صفات ظهور اولین گل، دوره گلدهی و ظهور اولین میوه به ترتیب با مقادیر ۰/۹٤، ۰/۷۷- و ۰/٦۲ مهم‌ترین صفات عامل دوم شناخته شدند. علامت منفی صفت طول دوره گلدهی در این عامل با توجه به تأثیر معکوس طول دوره گلدهی بر میزان عملکرد کل قابل انتظار می باشد. با توجه به حضور صفاتی که بیشترین ارتباط با باروری گیاه را دارند، عامل دوم را می توان عامل باروی نامید. انتخاب بر اساس این عامل موجب تسریع در ظهور اولین گل و میوه و همچنین کاهش دوره گلدهی می گردد. در عامل سوم صفات ظهور اولین استولون و طول دوره میوه دهی بیشترین بار عاملی (به ترتیب ۰/٦۵- و ۰/٦۹-) را به خود اختصاص دادند لذا با توجه به منفی بودن ضرایب این دو صفت کاهش در میزان زمان ظهور اولین استولون و طول دوره میوه‌دهی از جمله اهداف انتخاب بر اساس این عامل به شمار می آید. حضور دو صفت ذرات جامد معلق و اسیدیته در عامل چهارم سبب شد تا این عامل به عنوان عامل کیفیت شناخته شود. کاهش میزان ذرات جامد معلق و افزایش میزان اسیدیته از جمله نتایج انتخاب گیاهان بر اساس این عامل می باشد. صفات کیفی به شدت تحت تأثیر محیط قرار گرفته و از این رو توارث‌پذیری این صفات در طی سال‌ها و مکان‌های مختلف ثابت نخواهد بود (Khoshkam, 2010). نتایج توارث پذیری این صفات (جدول ٦) نیز کم بودن مقدار توارث‌پذیری این صفات را نسبت به سایر صفات نشان می‌دهد.

با توجه به اینکه عامل اول و دوم (دو عامل مهم اقتصادی که بیشترین تغییرات را توجیه نمودند)، ژنوتیپ ها را بر اساس دو مفهوم کاملا مستقل و معکوس گروه‌بندی می‌کنند، نمودار ترسیم شده (شکل ۱) بر اساس این دو عامل در تعیین مطلوب ترین ژنوتیپ مؤثر خواهد بود. از این رو ژنوتیپ هایی که در سمت راست و گوشه پایین نمودار قرار بگیرند از نظر صفات عملکردی دارای بیشترین میزان و از نظر سرعت باروری دارای مطلوب‌ترین وضع می باشند. نمودار پراکنش ژنوتیپ‌ها بر اساس دو عامل اول نشان داد که ژنوتیپ شماره ۲ (پاروس) در گروهی مجزا از سایر ژنوتیپ‌ها قرار گرفت. مقایسه میانگین برای ژنوتیپ‌ها نیز نشان داد که ژنوتیپ پاروس از نظر میزان عملکرد و وجود رنگدانه‌های فتوسنتزی دارای اختلاف معنی‌داری با سایر ژنوتیپ‌ها بود (جدول ٤ و ۵). از طرفی دیگر ژنوتیپ ۱۸ (گاویوتا) کمترین میزان عملکرد را به خود اختصاص داد و از نظر محتوای رنگدانه فتوسنتز کننده در سطوح پایینی نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها قرار گرفتند. همچنین ژنوتیپ هایی که در مرکز نمودار تجمع پیدا کرده‌اند از نظر هر دو عامل مقادیر نزدیک به صفر را به خود اختصاص دادند. در پژوهشی مشابه که با هدف مقایسه ژنوتیپ توت‌فرنگی از لحاظ صفات کمی و کیفی انجام شد، نتایج نشان داد که ژنوتیپ پاروس بالاترین عملکرد را به خود اختصاص داد (Khoshkam, 2010).

تأیید مطالب ذکر شده در مورد توانایی مؤثر تجزیه به عامل‌ها برای تفکیک صفات، توسط بای‌پلات عامل اول در مقابل عامل دوم (که بیشترین میزان تغییرات کل را توجیه نمودند) برای صفات صورت گرفت. به‌طوری که پس از تجزیه بای‌پلات صفات مؤثر در عامل‌ها در گروه‌های واحد قرار گرفتند (شکل ۲). زوایای بین بردارهای ضرایب عاملی صفات بیانگر پیوستگی آن‌ها می‌باشد. هر چه زوایای این بردار ها کمتر باشد پیوستگی

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1395.3.2.4.5]
[DOI: 10.29252/pgr.3.2.43]

صفات بیشتر و مثبت‌تر خواهد بود. به طوری که صفات محتوای کلروفیل a، کلروفیل b و نسبت کلروفیل a به b که بیشترین میزان بار عاملی در عامل اول را به خود اختصاص داده‌اند دارای کمترین زاویه برداری با یکدیگر بوده و صفت محتوای آنتوسیانین نیز با زاویه ۱۸۰ درجه نسبت به این سه صفت قرار گرفته که نشان از همبستگی منفی و بسیار بالا با این سه صفت می باشد. هر چه مقدار اختلاف بار برداری صفات کمتر باشد این زاویه نیز به سمت صفر میل می‌کند (شکل ۲).

با توجه به متعامد بودن دو عامل اول نسبت به یکدیگر، وجود زاویه قائم بین صفات بارز در عامل اول و دوم قابل انتظار بود. انحراف نسبی از این زاویه به علت چرخش واریماکس بوده تا اختلاف بین عامل ها به حداکثر میزان خود رسیده و نتایج روشنی برای هر عامل به وجود آید.

در نهایت با توجه به نتایج تحلیل عاملی و نمودار پراکنش ژنوتیپ ها و صفات حاصل از آن می توان ژنوتیپ پاروس (ژنوتیپ شماره ۲) را که از میزان عملکرد بالا و همچنین بیشترین میزان محتوای رنگدانه فتوسنتزی برخوردار است به عنوان مطلوب ترین ژنوتیپ از بین ژنوتیپ های مورد مطالعه معرفی نمود.

جدول ٦- برآورد دامنه ژنوتیپ‌ها، انحراف استاندارد، اجزای واریانس، ضریب تنوع و توارث پذیری صفات مورد مطالعه

Table 6. Estimated of range of genotype, standard error, variance components, coefficient of variation and heritability to the studied traits of strawberry genotypes

صفات	Traits	دامنه Range		ژنوتیپ‌های مربوط به دامنه Genotype related to range		انحراف استاندارد S.E	میانگین Means	اجزای واریانس Variance components			ضریب تنوع Coefficient of variation		توارث پذیری (%) Heritability
		بیشترین Max	کم‌ترین Min	بیش‌ترین Max	کم‌ترین Min			فنوتیپی Vp	ژنتیکی Vg	محیطی Ve	فنوتیپی CVp	ژنتیکی CVg	
کلروفیل a	Chlorophyll a	271.3	142.6	Paros	Catskill	11.52	213.9	1231.81	1098.90	132.91	16.40	15.49	89
کلروفیل b	Chlorophyll b	152.3	87.21	Paros	Chandler	5.72	114.3	275.53	242.75	32.77	14.52	13.63	88
کلروفیل ab	Chlorophyll ab	423.6	239.3	Paros	Catskill	15.75	328.3	2441.59	2193.48	248.12	15.05	14.27	90
مواد جامد محلول	First stolon	9.93	5.23	Gaviota	Chandler	0.17	7.2	1.16	0.95	0.21	14.93	13.49	82
اسیدیته قابل	First flower	788	409.67	Kurdistan	Missionary	35.70	532.4	7379.70	6105.16	1274.54	16.13	14.67	83
تیتراسیون آنتوسیانین	Flower period	38.48	11.92	Gaviota	Paros	1.33	27.5	39.55	37.78	1.78	22.83	22.31	96
ظهور اولین استولون	First fruit	91	75	Pajaro Sequoia Tioga ten Beauty	Yalova No.14	0.58	82	44	43.65	0.35	8.09	8.06	99
ظهور اولین گل	Fruiting period	26	18	Aliso	Black more	0.59	21.8	5.29	4.94	0.35	10.53	10.17	93
دوره گل‌دهی	Total suspended solid	44.68	33.33	BlackMore paros	Gaviota	0.34	40	14.45	14.33	0.12	9.49	9.45	99
ظهور اولین میوه	Acidity	64.33	57	Aliso	No.14	0.52	60.8	3.19	2.91	0.27	2.93	2.80	91
دوره میوه‌دهی	Anthocyanin	29.67	20.33	Tioga	Yalova	0.88	25.4	4.29	3.50	0.79	8.15	7.36	82
عملکرد	Yield	629.5	38.9	Queen elisa	Gaviota	30.7	389.9	25417.37	24473.32	944.06	40.89	40.12	96

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1395.3.2.4.5]
[DOI: 10.29252/pgr.3.2.43]

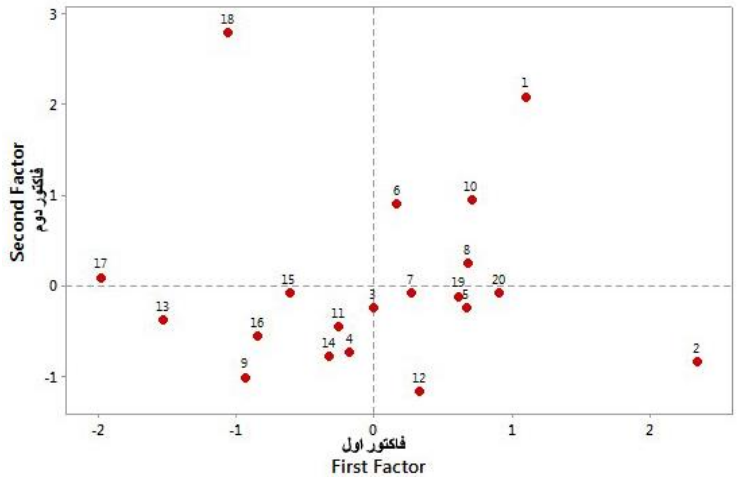
جدول ۷- ضرایب عاملی، مقادیر ویژه، واریانس و درصد تجمعی واریانس‌ها برای چهار عامل اصلی مربوط به صفات مورد مطالعه ژنوتیپ های توت فرنگی

Table 7. Factor scores, eigen values, variance and cumulative variance percentage for four major factors related to the studied traits of strawberry genotypes

صفات	Traits	عامل ۱ Factor 1	عامل ۲ Factor 2	عامل ۳ Factor 3	عامل ٤ Factor 4
کلروفیل a	Chlorophyll a	**0.904**	0.095	0.073	-0.207
کلروفیل b	Chlorophyll b	**0.893**	0.104	0.085	-0.079
کلروفیل ab	Chlorophyll ab	**0.942**	0.102	0.080	-0.173
ظهور اولین استولون	First stolon	0.123	0.179	**-0.654**	0.037
ظهور اولین گل	First flower	-0.153	**0.946**	-0.073	0.029
دوره گلدهی	Flower period	0.306	**-0.771**	0.085	0.291
ظهور اولین میوه	First fruit	0.228	**0.623**	-0.140	0.494
دوره میوه دهی	Fruiting period	0.487	0.070	**-0.693**	-0.139
ذرات جامد معلق	Total suspended solid	0.116	0.289	0.4835	**-0.561**
اسیدیته	Acidity	-0.027	0.406	0.475	**0.526**
آنتوسیانین	Anthocyanin	**-0.732**	-0.018	-0.142	-0.085
عملکرد	Yield	**0.627**	-0.203	0.070	0.482
مقادیر ویژه	Eigenvalue	3.866	2.235	1.565	1.220
درصد واریانس	Percent of Variance	32.220	18.623	13.040	10.168
درصد واریانس تجمعی	Cumulative Percentage	32.220	50.844	63.884	74.052

*: مقادیر ویژه بالاتر از ۱ معنی دار در نظر گرفته شد

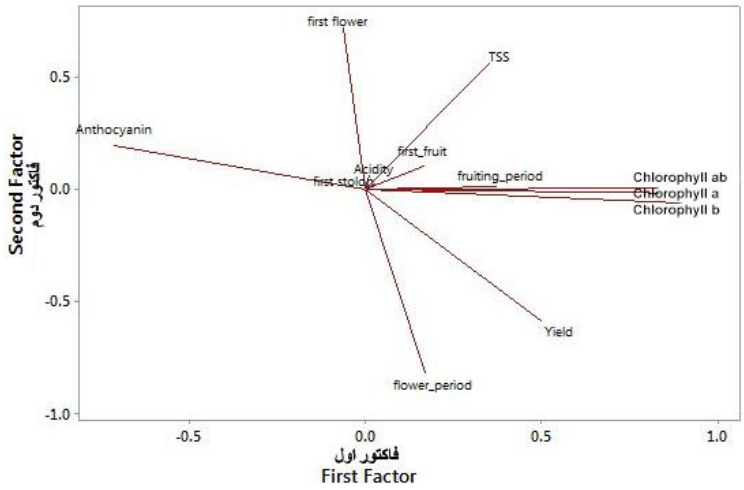
*: Eigenvalues value greater than 1 for a factor to be considered significant



شکل ۱- پراکنش دو بعدی ۲۰ ژنوتیپ توت فرنگی براساس نتایج تحلیل عاملی

Figure 1. Biplot based on factor analysis for 20 genotypes

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1395.3.2.4.5]
[DOI: 10.29252/pgr.3.2.43]



شکل ۲- ارتباط بین صفات مختلف در ۲۰ ژنوتیپ توت فرنگی

Figure 2. Relations between different traits in 20 strawberry genotypes

References

Abdemeyshani, S. and Shahnejat-Boushehri, A.A. (1998). *Advanced Plant Breeding*, Vol 1,2. Tehran University Press, Tehran, Iran (In Persian).

Arab Tajandarreh; E., Rezaei Nejad, A., Ismaili, A. and Karami, F. (2015). Study of genetic diversity and factor analysis for yield and some morphological traits in strawberry cultivars. *Applied Crop Breeding*, **3(1)**: 13-26 (In Persian).

Ashraf, M.Y., Azmi, A.R. Khan A.H. and Ala, S.A. (1994). Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat. *Acta Physiologiae Plantarum*, **16(3)**: 185-191.

Behnamian, M. and Masiha, S. (2002). *Strawberry*. Sotudeh Press, Tabriz, Iran (In Persian).

Carr, A.C. and Frei, B. (1999). Toward a new recommended dietary allowance or vitamin Cbased on antioxidant and health effects in humans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **69**: 1086-1107.

Cordenunsi, B.R., Oliveira do Nascimento, J.R., Genovese, M.I. and Lajolo, F.M. (2002). Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**: 2581-2586.

Ebrahimi, S., Rezaei Nejad, A., Ismaili, A. and Karami, F. (2015). Physiological and phenological variability and heritability of some apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars and genotypes. *Plant Genetic Researches*, **1(2)**: 55-70.

Ehdaei, B. (1994). *Plant Breeding*. Mashhad University Press, Mashhad, Iran (In Persian).

FAO. (2014). FAO stat agricultural statistics database. Available at: from http://www.fao.org

Giusti, M.M. and Wrolstad, R.E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanin by UV-visible spectroscopy. *Protocols in Food Analytical Chemistry*, F1.2.1-F1.2.13.

Hancock, J.F. (1999). *Strawberries*. CAB international, Walinford, UK.

Hancock, J.F, Scott, D.H. and Lawarance, F.J. (1996). *Temperate Fruit Crop Breeding*. Springer, NL.

Heinonen, M.I, Meyer, A.S. and Frankle, E.N. (1998). Antioxidant activity of berry phenolics on human low-density lipoprotein and liposome oxidation. *Agriculture Food chemistry*, **46**: 4107-4112.

Ielpo, M.T., Basile, A., Miranda, R., Moscatiello, V., Nappo, C., Sorbo, C., Laghi, E., Ricciardi, L. Ricciardi, M.M. and Vuotto, M.L. (2000). Immuno pharmacological properties of flavonoids. *Fitoterapia*, **71**: 101-109.

Itani, Y., Hara, T., Phum, W.N., Fujime, Y. and Yoshida. Y. (1999). Effect of co_2 environment and planting density on the yield, fruit quality and absoption of water and mineral nutrients in strawberry grown in peat bag culture. *Environmental Control in Biology*, **37(3)**:171-177.

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1395.3.2.4.5]
[DOI: 10.29252/pgr.3.2.43]

Jiajun, L., Yuhua, L., Guodong, D., Hanping, D. and Mingqin, D. (2005). A natural pentaploid strawberry genotype from the Changbai mountains in Northeast China. *Horticultural Science*, **40**: 1194-1195.

Jiang, Y. and Huang. N. (2001). Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. *Crop Sciences*, **41**: 436-442.

Kafkas, E., Kosar, M., Paydas, S., Kafkas, S. and Baser, K.H.C. (2007). Quality characteristics of strawberry genotypes at different maturation stages. Food chemistry, **100**: 1229-1236.

Kaiser, H.F. (1958). The varimax criterion for analysis rotation in factor analysis. *Psychometrika* **23**:187-200.

Kashi, A.K. and Hekmati, J. (1991). *Strawberry Breeding***.** Ahmadi Press, Tehran, Iran (In Persian).

Khoshkam, S. (2010). Evaluation of yield, quality and quantity characteristics of strawberry cultivar under greenhouse conditions in Jiroft and Kahnoj region. 5th National Conference on New Ideas in Agriculture, Islamic Azad University of Isfahan, Khorasgan, Iran (In Persian).

Klamkowsky, K. and Ttreder, W. (2006). Morphological and physiological response of strawberry plants to water stress, *Agriculturae Conspectus Scientificus*, **71**: 159-165.

Lansari, A., Iezzoni, F. and Kester, D.E. (1994). Morphological variation within collections of Moroccan almond clones and Mediterranean and North American cultivars. *Euphytica*, **78**: 27-41.

Li, Y.H., Han, Z.H. and XU, X. (2004). Segregation of AFLP markers in F1 hybrids of a cross between tetraploid and diploid species in the genus Malus. *Plant Breed*, **123**: 316-320.

Antunes, L.E.C., Ristow, N.C., Krolow, A.C.R., Carpenedo, S. and Reisser Junior, C. (2010). Yield and quality of strawberry cultivars. *Horticultural Brasileira*, **28**: 222-226.

Mohammadi, J.F., Moosavi, A. (2013). Evaluation of yield quality and quantity characterstics of fragaria vesca L. cultivars under greenhouse conditions in jiroft and kahnooj rejoin. *International Journal of Agriculture*, **3(4)**: 923-927.

Pelayo-Zeldivar, C., Ebeler, S. and Kader, A. (2005). Cultivar and harvest date effects on flavour and the quality attributes of California strawberries. *Journal of Food Quality*. **28**: 78-97.

Rahmati, F., Javadi, T., Ghaderi, N. and Mozafari, A.A. (2012). Evaluation of antioxidant capacity of fruits in 2 strawberry genotypes at different stages of growth. 1th National Conference of Strawberry, University of Kurdestan, Iran (In Persian).

Rutkowski, K.P., Kruczynska, D.E. and Zurawicz. E. (2006). *Quality and shelf life of strawberry cultivars in Polan*d. *Acta Horticulturae*. **708**: 329-332.

Sakti, J. and Khadag, B. (1995). Evidence of geomorphological divergence in kabuli chickpea from germplasm evaluation data. *Crop Science*, **33**: 626-636.

Singh, A., Patel, R.K., De, L.C. and Pereira, L.S. (2008). Performance of strawberry (fragaria ananasa) cultivars under sub-tropics of Megalaya. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, **78(7)**: 575-580.

Stansfield, W.D. (1991). *Theory and Problems in Genetics*. McGraw-Hill, New York, USA.

Staudt, G. (1999). *Systematics and Geographical Distribution of the American Strawberry Species: Taxonomic Studies in the Genus Fragaria (Rosaceae: Potentilleae)*. University of California Publications in Botany, Berkeley, CA. USA.

Tadesse, W. and Bekele, E. (2001). Factor analysis of components of yield in grasspea (*Lathyrus sativus* L.). *Lathyrus Lathyrism Newsletter*, **2**: 91-93.

Wang, S.Y. and Jiao, H. (2000). Scavenging capacity of berry crops on superoxide radicals, hydrogen peroxide, hydroxyl radicals, and singlet oxygen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **48**: 5677-5684.

Zhao, Y. (2007). *Berry fruit, value- added products for health production*. CRC press. New York, USA.

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23831367.1395.3.2.4.5]

[DOI: 10.29252/pgr.3.2.43]

Assessment of Genetic Diversity and Heritability of Physiological and Phenological Characteristics of some Strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) Genotypes under Climatic Conditions of Kurdistan, Iran

Esmail Arab Tajandarreh [1], Ahmad Ismaili[2,*], Abdolhossein Rezaei Nejad [3] and Farhad Karami[4]

1- M.Sc. Student, Department of Crop Production, 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- Assistant professor, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iran.

(Received: April 5, 2016 – Accepted: September 5, 2016)

Abstract

Strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) is one of the important and commercial small fruits that are planted in temperate regions which contain high amount of natural antioxidants. Study of genetic diversity is very important for distinguish the genotypes relationships and evaluation and exploitation of genetic resources for breeding programs. To evaluate the physiological and phenological characteristics of strawberries genotypes, an experiment was carried out using a randomized complete block design with 3 replications in the Agricultural Research Center of Kurdistan, Iran. Physiological parameters (amount of chlorophyll a, b and ab, soluble solids, titratable acidity and anthocyanin) and phenological characters (appearance of first stolon, first flower and first fruit, flowering and fruiting period) and yield of genotypes were evaluated. Results of analysis of variance showed significant differences among genotypes for all traits at the 1% level of probability, indicating the existence of genetic diversity among genotypes. The results of mean comparison showed significant differences among genotypes for all traits, indicating existence of wide diversity among the studied strawberry genotypes. The highest chlorophyll content belonged to Paros genotype and the highest yield recorded from Queen Eliza and Gaviota genotypes, respectively. The highest anthocyanin and soluble solids content was belonged to Gaviota and lowest amount of these parameters belonged to Paros and Chandler genotypes and Chandler genotype also had the highest amount of chlorophyll a. There were little difference between phenotypic and genotypic coefficient of variation, indicating the low effect of environment on these characters. All traits had high common heritability with range of 82-99 %. Data were analyzed using principal factor analysis. The factor analysis technique extracted four factors. Four factors explained about 74.05% of the total variation, and 50.84% of the variance was accounted for by the two first factors. Factors I and II were identified as photosynthetic, and fertility Index, respectively. According to results of factor analysis and other analysis, Paros genotype was identified as suitable cultivar.

Keywords: Strawberry, Genotypic coefficient of variation, Chlorophyll, Factor analysis

* **Corresponding Author, E-mail: ismaili.a@lu.ac.ir**

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2024-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23831367.1395.3.2.4.5]
[DOI: 10.29252/pgr.3.2.43]