

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

اسماعیل عرب طازان‌دره^۱، احمد اسماعیلی^{۲*}، عبدالحسین رضایی‌نژاد^۳ و فرهاد کرمی^۴

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

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

۳- دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

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

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۱۷ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۱۵)

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 برنامه‌های 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 گاوپوتا 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 ۷۴/۰۵ درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه نمودند. عامل اول و دوم به تنهایی ۵۰/۸۴ درصد از کل تغییرات را توجیه نموده و به ترتیب به‌عنوان عامل فتوستتوز و باروری نام‌گذاری شدند. در نهایت با توجه به نتایج تجزیه عاملی و سایر تحلیل‌ها ژنوتیپ پاروس به عنوان مطلوب‌ترین ژنوتیپ معرفی شد.

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

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

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 تتراپلوئید، 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 آنتی‌اکسیدان‌های 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 (Telpo 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). فنل‌ها 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 ۲۰۱۴ 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 ۲۹۵۶۶ 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 بین‌المللی 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 همه‌گزینش‌ها بوده و انتخاب ژنوتیپ نیز نیازمند تنوع می‌باشد (Abdemeysani, 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

ژنوتیپ گاوپوتا 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. در این 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 (Singh *et al.*, 2008). سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 2008) طی سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۰۷ در منطقه سردسیری مگالایا بیست و پنج ژنوتیپ توت‌فرنگی را مورد ارزیابی قرار دادند. در این مطالعه ژنوتیپ کاماروزا و چریگن ۵ 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 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

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 کوبین‌الیزا مشاهده کردند و سلوا نسبت به کوبین‌الیزا 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

تعیین گردید. غلظت کلروفیل a، b و مجموع آن‌ها از طریق روابط زیر بدست آمد.

$$V/(1000 \times W) \times \{ \text{جذب در } 645 \text{ نانومتر} \} - 2/69 \text{ (جذب)}$$

در 663 نانومتر) $\{ 12/7 \} =$ میلی گرم کلروفیل a در هر گرم وزن تر

$$V/(1000 \times W) \times \{ \text{جذب در } 663 \text{ نانومتر} \} - 4/69 \text{ (جذب)}$$

در 645 نانومتر) $\{ 22/9 \} =$ میلی گرم کلروفیل b در هر گرم وزن تر

$$V/(1000 \times W) \times \{ \text{جذب در } 663 \text{ نانومتر} \} + 8/02 \text{ (جذب)}$$

در 645 نانومتر) $\{ 20/2 \} =$ میلی گرم کلروفیل a و b در هر گرم 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 به صورت غلظت برحسب میلی گرم بر گرم وزن خشک ارائه شد. برای اندازه گیری کل مواد جامد محلول میوه از رفرکتومتر دستی (Refractometer, Atago, Japan) استفاده شد. میزان آنتوسیانین موجود در میوه توت فرنگی که عامل رنگ قرمز میوه در زمان رسیدن میوه است، با استفاده از روش اختلاف pH اندازه گیری شد (Giusti and Wrolstad, 2001). طول دوره گل دهی از شروع شکوفایی اولین گل تا تاریخ پایان گل دهی، طول دوره میوه دهی با ثبت تاریخ برداشت اولین میوه تا پایان برداشت میوه و تاریخ ایجاد اولین رانر به عنوان تاریخ شروع استولون دهی ثبت گردید.

محاسبات آماری: واریانس محیطی، ژنوتیپی و فنوتیپی، وراثت پذیری عمومی و همچنین ضرایب تنوع فنوتیپی، ژنوتیپی و محیطی از فرمول های زیر و با استفاده از نرم افزار با Excel و MSTATC محاسبه شدند (فرشادفر، 1387). Pistorale et al., 2008.

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

$$V_E = \frac{MSe}{r} \text{ واریانس محیطی}$$

$$V_P = V_G + V_E \text{ واریانس فنوتیپی}$$

$$H_b = \frac{V_G}{V_P} \text{ وراثت پذیری عمومی}$$

از ورود توت فرنگی به کشورمان، کشت این محصول در مقایسه با سایر کشورهای جهان توسعه چندانی نیافته است، ولی ایران با توجه به شرایط اقلیمی مناسب می تواند در آینده به عنوان یکی از تولیدکنندگان عمده در جهان مطرح شود (Behnamian and Masiha, 2002). لذا هدف از این مطالعه ارزیابی تنوع و توارث پذیری ویژگی های فیزیولوژیکی و فنولوژیکی برخی از ژنوتیپ های توت فرنگی در شرایط آب و هوایی کردستان (که یکی از مهمترین مناطق کشت این محصول است) می باشد.

مواد و روش ها

این مطالعه در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گریزه وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کردستان اجرا گردید. طول جغرافیایی ایستگاه 47 درجه و 1 دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی آن 35 درجه و 16 دقیقه شمالی بوده و ارتفاع آن از سطح دریا 1407 متر می باشد. میانگین بارندگی سالیانه ایستگاه 471 میلی متر می باشد. در این تحقیق 20 ژنوتیپ توت فرنگی (جدول 1) در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت و ویژگی های فیزیولوژیکی (میزان کلروفیل a، b و ab، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون و آنتوسیانین) و همچنین ویژگی های فنولوژیکی (ظهور اولین استولون، اولین گل و اولین میوه، طول دوره گل دهی و میوه دهی) مورد ارزیابی قرار گرفتند. اندازه گیری میزان کلروفیل نمونه ها به روش تغییر یافته آرنون انجام گرفت (Ashraf et al., 1994). برای این منظور مقدار 0/1 گرم از هر نمونه برگ با 0/2 گرم پودر اکسید منیزیم در یک هاون چینی کاملاً ساییده شد و بعد با اضافه کردن استون 80٪ حجم نمونه به 10 سی سی رسید و هموژن گردید. سپس نمونه در لوله آزمایش درون سانتریفیوژ با 3500 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 اسپکتروفوتومتر (Spectrophotometer, Jenway) و در طول موج های 663 و 645 نانومتر

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

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

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

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

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-۱۹۳۴ 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 |

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 و ریماکس جهت به حداکثر رساندن واریانس بین عامل‌های به دست آمده استفاده شد (Kiaser, 1958). ضرایب عاملی ۰/۵ به بالا صرف نظر از علامت آن‌ها معنی دار در نظر گرفته شدند. بدین ترتیب صفات مؤثر در هر عامل شناسایی شده و عوامل نیز بر اساس مؤثرترین صفات نام گذاری شد (Tadesse and Bekele, 2001).

نتایج و بحث

پس از آزمون نرمال بودن 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، 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 ۴ و ۵)، که با آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام گردید، مشاهده شد که ژنوتیپ پاروس دارای بیشترین میزان کلروفیل a, b، و ژنوتیپ کت‌اسکیل در مورد کلروفیل a و ab و ژنوتیپ چندلر در مورد کلروفیل b کمترین مقدار را دارا بودند. ژنوتیپ پاروس با بیشترین میزان کلروفیل از لحاظ میزان عملکرد هم در سطح بالایی بود. همچنین ژنوتیپ گاوپوتا 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 گروه‌های مختلفی قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های گاوپوتا 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 ۴۰۹/۶۶۷ 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 گاوپوتا دارای بیش‌ترین مقدار و ژنوتیپ پاروس دارای کم‌ترین میزان آنتوسیانین بود. همچنین مشخص شد که ژنوتیپ‌ها از نظر آنتوسیانین در ۱۶ 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 ۱۴ زودتر از بقیه استولون تولید کردند. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر ویژگی ظهور اولین استولون دارای کم‌ترین تنوع بودند. همچنین ژنوتیپ‌ها از

بودند و ژنوتیپ گایوتا 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 ۲۹/۶۷ و ۲۰/۳۳ 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 ۶ نشان داده شده است.

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 ۱۴ 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 ۴۴/۶۸ روز گل‌دهی دارای بیش‌ترین دوره گل‌دهی

جدول ۲- 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 a/b Chlorophyll a/b | مواد جامد محلول Total suspended solid | اسیدیته قابل تیتراسیون Acidity | آنتوسیانین Anthocyanin |
| بلوک Block | 2 | 681.601 ^{ns} | 124.551 ^{ns} | 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

جدول ۳- تجزیه واریانس ویژگی‌های فنولوژیکی ۲۰ ژنوتیپ توت‌فرنگی
Table 3. Analysis of variance in phenological 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 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 ۱ درصد
^{ns} and **: Non significant and significant at 1% probability levels, respectively

جدول ۴ - مقایسه میانگین ویژگی های فیزیولوژیکی ۲۰ ژنوتیپ توت فرنگی

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

| ژنوتیپ | Genotype | میانگین صفات | | | | | | | | | | |
|-------------|-------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|--|------------|
| | | کلروفیل a | | کلروفیل b | | کلروفیل ab | | مواد جامد محلول | | اسیدیته قابل | | آنتوسیانین |
| | | Chlorophyll a (µg/gFW) | Chlorophyll b (µg/gFW) | Chlorophyll a/b (µg/gFW) | Chlorophyll a/b (µg/gFW) | Total suspended solid (BX) | Total suspended solid (BX) | Acidity (mg/100ml) | Acidity (mg/100ml) | Anthocyanin (mg/100gFW) | | |
| پاجارو | Pajaro | 261.62 | 128.1 | 389.7 | 7.76 | 538.33 | 19.78 | | | | | |
| پاروس | Paros | 271.31 | 152.3 | 423.6 | 7.76 | 547.33 | 11.92 | | | | | |
| کویین الیزا | Queen eliza | 191.28 | 108.1 | 299.4 | 7.80 | 489.00 | 20.36 | | | | | |
| میشنری | Missionary | 214.06 | 101.5 | 315.6 | 7.30 | 409.66 | 27.88 | | | | | |
| تن بیوتی | Ten Beauty | 239.09 | 126.0 | 365.1 | 7.00 | 523.66 | 24.62 | | | | | |
| آلیسو | Aliso | 225.84 | 123.8 | 349.6 | 6.23 | 498.66 | 32.75 | | | | | |
| فرزنو | Fresno | 207.31 | 118.9 | 326.3 | 7.73 | 562.33 | 24.24 | | | | | |
| تیوگا | Tioga | 232.28 | 130.9 | 363.1 | 6.83 | 541.00 | 25.30 | | | | | |
| سکویا | Sequia | 177.57 | 112.1 | 289.7 | 5.96 | 494.33 | 30.93 | | | | | |
| یالروا | Yalova | 239.75 | 128.3 | 368.1 | 8.36 | 788.00 | 28.28 | | | | | |
| مکدونانس | MacdonAnce | 211.29 | 117.3 | 328.6 | 7.10 | 503.66 | 34.79 | | | | | |
| بلک مور | Blackmore | 229.57 | 128.4 | 358.0 | 6.20 | 544.33 | 26.72 | | | | | |
| کت اسکیل | Cat skill | 142.58 | 96.68 | 239.3 | 5.93 | 559.66 | 25.87 | | | | | |
| شماره ۱۴ | No.14 | 213.18 | 113.4 | 326.6 | 6.10 | 539.00 | 36.31 | | | | | |
| سلوا | Selva | 210.49 | 95.54 | 306.0 | 7.26 | 654.66 | 29.09 | | | | | |
| کاماروزا | Camarosa | 185.19 | 88.70 | 273.9 | 7.66 | 622.33 | 28.72 | | | | | |
| چندلر | Chandler | 164.19 | 87.21 | 251.4 | 5.23 | 531.66 | 34.96 | | | | | |
| گاو یوتا | Gaviota | 163.95 | 94.48 | 258.4 | 9.93 | 440.00 | 38.48 | | | | | |
| مراک | Mrak | 233.86 | 118.9 | 352.7 | 8.20 | 439.66 | 23.04 | | | | | |
| کردستان | Kurdistan | 265.21 | 115.8 | 381.0 | 7.76 | 422.33 | 26.97 | | | | | |

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

جدول ۵ - مقایسه میانگین ویژگی‌های فنولوژیکی ۲۰ ژنوتیپ توت‌فرنگی

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

| ژنوتیپ | Genotype | میانگین صفات | | | | | | | | | عملکرد Yield gr/plant |
|-----------------|-------------|--|--|---------------------------------------|---|---|----------------------|--|--|--|-----------------------------|
| | | 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 | | | | | |
| 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} | | | | |
| ژنوتیپ شماره ۱۴ | 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 | | | | |
| گایوتا | 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 ^{bcd} | 467.5 ^c | | | | |

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار هستند

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

از ضرایب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی برای تعیین وجود یا عدم وجود تنوع استفاده می شود. مقایسه این ضرایب تأثیر عوامل محیطی را بر روی ویژگی مورد بررسی نشان می دهد. ضریب تنوع ژنوتیپی بخشی از ضریب تنوع فنوتیپی می باشد و از این رو مقدار آن همواره کم تر از ضریب تنوع فنوتیپی است. اختلاف ناچیز موجود بین ضریب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی برای ویژگی های مورد مطالعه نشان می دهد که بخش عمده تنوع موجود ناشی از تفاوت ژنوتیپی می باشد و محیط تأثیر اندکی دارد. هرچه نسبت تنوع ژنوتیپی به فنوتیپی زیاد باشد، بازدهی انتخاب بیش تر بوده و بهتر می توان ژنوتیپ های مطلوب را از نامطلوب تشخیص داد. ضریب تنوع برای ویژگی های عملکرد و آنتوسیانین بالاترین مقدار و پس از آن ویژگی های کلروفیل، اسیدیته قابل تیتراسیون، کلروفیل ab، مواد جامد محلول و کلروفیل b دارای بیش ترین ضریب تنوع بودند. بیش ترین آنتوسیانین میوه مربوط به ژنوتیپ گاوپوتا و کم ترین میزان آن مربوط به ژنوتیپ پاروس بود. ژنوتیپ گاوپوتا با میزان آنتوسیانین بیش تر، آن را به عنوان یک والد مناسب برای برنامه های اصلاحی توت فرنگی با هدف بهبود رنگ و خاصیت آنتی اکسیدانی مطرح می سازد. در این پژوهش ژنوتیپ گاوپوتا با ۳۳ روز گل دهی دارای کم ترین طول دوره گل دهی بود و ژنوتیپ های پاروس و بلک مور بیش ترین طول دوره گل دهی را داشتند. بازه زمانی طولانی تر دوره گل دهی و میوه دهی ژنوتیپ ها به عنوان یک ویژگی مطلوب در برنامه های اصلاحی توت فرنگی می باشد. همان طور که در جدول ۶ مشاهده می شود دامنه تغییرات عملکرد بین ۲۸۹/۵-۳۸۹/۹ گرم در هر بوته می باشد و این نشان می دهد که تفاوت زیادی بین ژنوتیپ ها از لحاظ این ویژگی وجود دارد و ضریب تغییرات ژنتیکی این ویژگی، بالاترین مقدار را دارد.

توارث پذیری معیاری است که نوع روش اصلاحی و قدرت توارث هر ویژگی را برای گیاه مشخص می کند و در واقع بیان کننده 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 بیش تر از عوامل محیطی باشد، نقش آن در نمود فنوتیپ بیش تر است و اگر سهم عوامل محیطی بیش تر باشد، آنگاه گزینش بر اساس آن ویژگی نتیجه بخش نخواهد بود. در این پژوهش توارث پذیری عمومی ویژگی ها نیز برآورد گردید. مطابق با نظریه استانسفیلد (1991) چنانچه توارث پذیری یک ویژگی بیش تر از ۰/۵ باشد، ویژگی دارای توارث پذیری بالا، چنانچه توارث پذیری عمومی ویژگی بین ۰/۲ تا ۰/۵ باشد، ویژگی دارای توارث پذیری متوسط و چنانچه توارث پذیری ویژگی مورد نظر کم تر از ۰/۲ باشد، ویژگی دارای توارث پذیری پایین می باشد (Stansfield, 1991). طبق این نظریه تمامی ویژگی ها دارای توارث پذیری بالا بودند و متوسط توارث پذیری عمومی برای ویژگی های 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 ۴ عامل اول دارای مقادیر ویژه بالاتر از ۱ بوده و در مجموع ۷۴/۰۵ درصد از تنوع کل داده ها را توجیه نمودند. سهم عامل های اول تا چهارم به ترتیب ۳۲/۲۲، ۱۸/۶۲ و ۱۳/۰۴، ۱۰/۱۶ 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 ۴ عامل گروه بندی نمود؛ به طوری که چهار عامل اول سهمی معادل ۸۳/۳ درصد از تغییرات کل را به خود اختصاص دادند (Arab et al., 2015). صفات مرتبط با قدرت

(جدول ۶) 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)، ژنوتیپ‌ها را بر اساس دو مفهوم کاملاً مستقل و معکوس گروه‌بندی می‌کنند، نمودار ترسیم شده (شکل ۱) بر اساس این دو عامل در تعیین مطلوب‌ترین ژنوتیپ مؤثر خواهد بود. از این رو ژنوتیپ‌هایی 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 می‌باشند. 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 ۴ و ۵). از طرفی دیگر ژنوتیپ ۱۸ (گاوپوتا) 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 ژنوتیپ‌هایی 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. به طوری 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 بردارها کمتر باشد پیوستگی

فتوسنتز به عنوان مهم‌ترین 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 آتی اکسیدانسی 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 ۰/۹۴، -۰/۷۷ و ۰/۶۲ 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 می‌باشد. با توجه به حضور صفاتی که بیشترین ارتباط با باروری گیاه را دارند، عامل دوم را می‌توان عامل باروری نامید. انتخاب بر اساس این عامل موجب تسریع در ظهور اولین گل و میوه و همچنین کاهش دوره گلدهی می‌گردد. در عامل سوم صفات ظهور اولین استولون و طول دوره میوه دهی بیشترین بار عاملی (به ترتیب -۰/۶۵ و -۰/۶۹) 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 می‌آید. 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 می‌باشد. 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 توارث‌پذیری این صفات

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.

صفات بیشتر و مثبت تر 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 داده اند 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 می کند (شکل ۲). با توجه به متعامد بودن دو عامل اول نسبت به یکدیگر،

جدول ۶- برآورد دامنه ژنوتیپ ها، 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 | ژنوتیپ های مربوط به دامنه | | | | انحراف استاندارد S.E | میانگین Means | اجزای واریانس | | | ضریب تنوع Coefficient of variation | | توارث پذیری (%) Heritability |
|------------------------------|------------------------|---------------------------|----------------|---------------------------------|----------------|-------------------------|------------------|---------------------|--------------|-------------|---------------------------------------|---------------|------------------------------------|
| | | دامنه Range | | Genotype related to range | | | | Variance components | | | | | |
| | | کمترین Max | بیشترین Min | کمترین Max | بیشترین Min | | | فنوتیپی Vp | ژنتیکی Vg | محیطی Ve | فنوتیپی CVp | ژنتیکی CVg | |
| a | کلروفیل Chlorophyll a | 271.3 | 142.6 | Paros | Catskill | 11.52 | 213.9 | 1231.81 | 1098.90 | 132.91 | 16.40 | 15.49 | 89 |
| b | کلروفیل Chlorophyll b | 152.3 | 87.21 | Paros | Chandler | 5.72 | 114.3 | 275.53 | 242.75 | 32.77 | 14.52 | 13.63 | 88 |
| | کلروفیل 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 اسیدیته قابل | First stolon | 9.93 | 5.23 | Gaviota | Chandler | 0.17 | 7.2 | 1.16 | 0.95 | 0.21 | 14.93 | 13.49 | 82 |
| تیتراسیون | First flower | 788 | 409.67 | Kurdistan | Missionary | 35.70 | 532.4 | 7379.70 | 6105.16 | 1274.54 | 16.13 | 14.67 | 83 |
| 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 گل دهی | 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 میوه دهی | 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 |

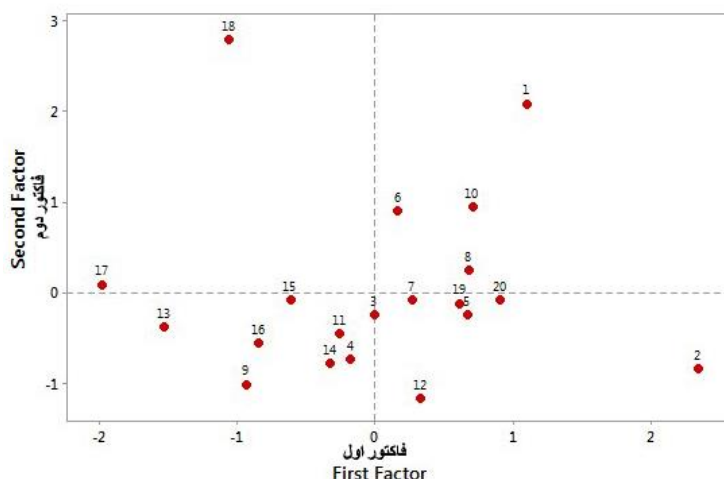
جدول ۷- ضرایب عاملی، مقادیر ویژه، واریانس و درصد تجمعی واریانس‌ها برای چهار عامل اصلی مربوط به صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های توت فرنگی

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

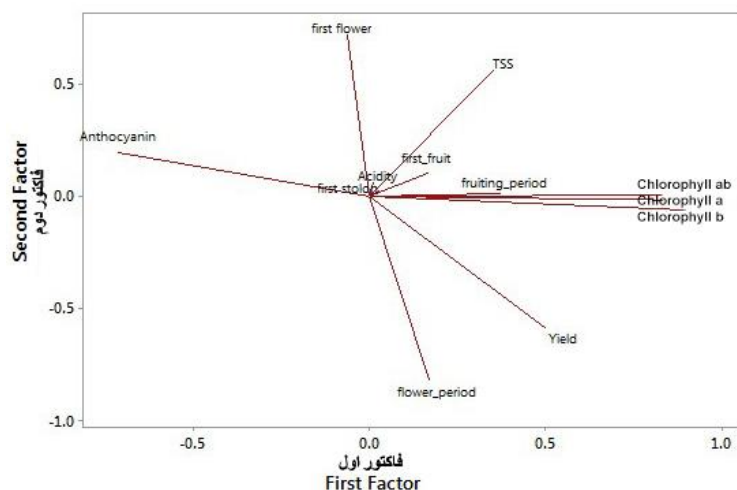
| صفات | Traits | عامل ۱ Factor 1 | عامل ۲ Factor 2 | عامل ۳ Factor 3 | عامل ۴ Factor 4 |
|--------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| کلروفیل a | Chlorophyll a | 0.904 | 0.095 | 0.073 | -0.207 |
| کلروفیل b | Chlorophyll 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



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

Figure 2. Relations between different traits in 20 strawberry genotypes

References

- Abdemeysani, 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 C based 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, Wallingford, UK.
- Hancock, J.F., Scott, D.H. and Lawrance, 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.
- Ielso, 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 CO₂ environment and planting density on the yield, fruit quality and absorption of water and mineral nutrients in strawberry grown in peat bag culture. *Environmental Control in Biology*, **37(3)**:171-177.

- 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 characteristics 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 Kurdistan, Iran (In Persian).
- Rutkowski, K.P., Kruczynska, D.E. and Zurawicz, E.** (2006). *Quality and shelf life of strawberry cultivars in Poland*. *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.

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 Tajandarreh¹, Ahmad Ismaili^{2,*}, Abdolhossein Rezaei Nejad³ and Farhad Karami⁴

- 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