واکنش برخی ارقام توت‌فرنگی (*Fragaria×ananssa* Duch.) به کم‌آبیاری از نظر سطح برگ و برخی ویژگی‌های کمّی و کیفی میوه

حلیمه قاسمی[۱]، رضا امیری فهلیانی[۱*]، بیژن کاوسی[۲] و مسعود دهداری[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۰۴)

چکیده

به‌منظور شناسایی ارقام توت‌فرنگی (*Fragaria×ananassa* Duch.) متحمل به خشکی و بررسی برخی ویژگی‌های مورفولوژی، کمی و کیفی آنها در واکنش به تنش خشکی، پژوهشی به‌صورت کرت‌های یکبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در شرایط گلخانه اجرا گردید. عامل اصلی، سطح تنش کم‌آبی (شاهد (۰)، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد کم‌آبیاری) و عامل فرعی رقم (کردستان، کاماروسا، مراک، پاروس، کوئین‌الیزا و سلوا) در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که در تنش ۶۰٪، سطح برگ کاهش ۴۱/۴۲ درصد و تعداد گل و میوه، کاهش ۹۰٪ نسبت به شاهد نشان دادند. مواد جامد محلول (TSS) با افزایش تنش تا ۴۰٪، افزایش نشان داد. با افزایش تنش، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) روند کاهشی داشت. تعداد گل و میوه، وزن میوه و TSS وراثت‌پذیری زیادی نشان دادند. براساس نمودار سه‌بعدی STI، $\bar{Y}_S$ و $\bar{Y}_P$، ارقام کردستان و کاماروسا مناسب‌ترین رقم‌ها در شرایط تنش و بدون‌تنش کم‌آبی شناسایی شدند و می‌توان آنها را در جهت افزایش تحمل به تنش خشکی در برنامه‌های به نژادی استفاده نمود. با توجه به واکنش ارقام به تنش کم‌آبی، سطح برگ، تعداد گل، تعداد میوه، وزن میوه و TSS بیشتر، و اسیدیته کمتر به عنوان شاخص‌های انتخاب ارقام متحمل به خشکی توت‌فرنگی معرفی می‌شوند.

کلمات کلیدی: خشکی، قند محلول، شاخص تحمل تنش، pH آب‌میوه

مقدمه

توت‌فرنگی (*Fragaria×ananassa* Duch.) ارزش اقتصادی و تغذیه‌ای قابل توجهی دارد و عطر، طعم و محتویات سرشار از ویتامین آن، این گیاه را به یکی از مهم‌ترین میوه‌های زراعی دنیا تبدیل کرده است (۸). قسمت‌های مختلف میوه، برگ و ریشه (حاوی تانن) گیاه توت‌فرنگی، از دیرباز مصرف دارویی داشته است. گونه توت‌فرنگی به‌طور موفقیت‌آمیز و تجاری به دامنه وسیعی از شرایط آب و هوایی و اقلیمی شامل شرایط معتدله، مدیترانه‌ای، نیمه‌گرمسیری و حتی در ارتفاعات مناطق گرمسیری سازگاری داشته و پرورش داده می‌شود (۳، ۴ و ۵). با این حال، تولید توت‌فرنگی به‌وسیله دامنه‌ای از تنش‌های زنده و غیرزنده محدود می‌شود. گیاه توت‌فرنگی به‌دلیل داشتن ریشه‌های

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج
۲. بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، شیراز
*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Amiri@yu.ac.ir، Amiri720@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

سطحی، حساسیت زیادی به کمبود رطوبت از خود نشان می‌دهد (۲۴). بنابراین در مناطقی با تابستان‌های گرم و خشک و دارای محدودیت منابع آب تنش خشکی می تواند تأثیر معنی‌داری در عملکرد و کیفیت میوه توت‌فرنگی داشته باشد (۲۴ و ۳۱).

حدود یک سوم اراضی قابل کشت دنیا از نبود آب کافی برای کشاورزی رنج می‌برند. کاهش بارندگی و افزایش تبخیر و تعرق از جمله مشکلات پیش روی کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است و تنش خشکی و کمبود آب، مهم‌ترین و مخرب‌ترین تنش غیرزنده و یکی از شایع‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر رشد و بهره‌وری گیاهان و محدودکننده تولید گیاهان زراعی در بسیاری از مناطق است (۲۲ و ۲۶). در حالی که در حال حاضر حدود ۷۰ درصد منابع آب قابل استفاده در دنیا به مصرف کشاورزی فاریاب می‌رسد، گسترش جهانی جمعیت طی چند دهه، نیاز به آب بیشتری برای مصارف خانگی، شهری، صنعتی و زیست‌محیطی را سبب خواهد شد. با توجه به تغییرات کلی آب و هوایی و افزایش خشک‌سالی، انتظار می‌رود که چنین موردی شدیدتر هم بشود. بنابراین، برای تأمین نیاز غذایی مورد تقاضا، تولید محصول بیشتر به ازای مصرف آب (بارندگی) کمتر (افزایش راندمان مصرف آب) لازم است (۲۶).

کاهش آب در دسترس باعث تغییرات فیزیولوژی و بیوشیمیایی زیادی در اندام‌های گیاهی می‌شود (۲۱ و ۲۲) و این فعالیت‌ها در گیاه به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم دچار اختلال می‌گردد (۲۷). اولین فرایندهایی که در گیاهان تحت تأثیر تنش‌های غیرزنده قرار می‌گیرند، فتوسنتز، پتانسیل اسمزی، هدایت روزنه‌ای و یا ترکیبی از این ویژگی‌ها می‌باشند (۱۳) که نهایتاً ممکن است به‌صورت تأثیر بر مورفولوژی و فیزیولوژی و مکانیزم‌های بیوشیمیایی، سلولی و مولکولی گیاهان دیده شوند (۲۸). با وجود این، در ارقام مختلف، واکنش‌های متفاوتی به تنش دیده می‌شود (۱۸) و میزان صدمات ناشی از کمبود آب بر گیاه، به مرحله رشد و نمو و ژنوتیپ آن بستگی دارد (۹). ویژگی‌هایی از قبیل مراحل نموی مختلف، سطح و اندازه برگ، طول و وزن ریشه و شاخساره، ضخامت ساقه، ارتفاع بوته و آغازش تشکیل و رسیدن میوه بسیاری از گیاهان مهم زراعی، به‌وسیله تنش‌های غیرزنده تحت تأثیر قرار می‌گیرند (۱۳).

مطالعات نشان داده میزان تعرق در ارقام توت‌فرنگی کاماروسا، مراک و گاویوتا با کاهش محتوای آب خاک کاهش می‌یابد (۹). همچنین نتایج تحقیقدیگری نشان داده میزان تعرق، تعداد و سطح برگ‌های جدید، وزن خشک برگ و ریشه، پتانسیل آب برگ و راندمان مصرف آب گیاه در ۱۰ رقم توت‌فرنگی مورد بررسی در شرایط تنش کم‌آبی، به‌طور معنی‌داری کاهش و نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی افزایش می‌یابد. از بین دو رقم توت‌فرنگی که معمولاً به‌صورت دیم کشت می‌شوند، رقم "کمبریج‌فوریت" تعرق خیلی زیاد و رقم "توتم" تعرق خیلی کمی را نشان دادند. از سوی دیگر، میزان تعرق رقم "الویرا" (حساس به خشکی) کم بود و بنابراین، تعرق زیاد در هر دو گروه ارقام توت‌فرنگی متحمل و حساس به خشکی دیده شد. با وجود این، به‌طور کلی، میزان تعرق کل با کل سطح برگ و زیست‌توده، همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد (۲۰).

در یک تحقیق، تنش خشکی در توت‌فرنگی باعث کاهش ۲۰ درصدی طول برگچه‌ها شد که معادل ۸۵٪ کاهش در سطح برگچه‌ها بود (۲۸). در بررسی اثر تنش موضعی خشکی در ناحیه ریشه توت‌فرنگی رقم سلوا، گزارش شده که با افزایش شدت تنش، وزن تر اندام‌های هوایی و میوه، تعداد برگ و میوه، شاخص کلروفیل و سطح برگ کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، وزن خشک اندام هوایی و میوه، نشت الکترولیت، میزان پرولین و مواد جامد محلول با افزایش تنش خشکی، افزایش نشان داد (۲). کاهش در تعداد میوه و برگ و کاهش در میزان سطح برگ در گیاه توت‌فرنگی در مواجهه با تنش خشکی به‌منظور جلوگیری از هدررفت آب صورت می‌گیرد و افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی و میوه به‌دلیل کاهش در میزان آب بافت‌ها و به دنبال آن، ذخیره مواد فتوسنتزی بیان شده است (۲).

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش در میزان شدت تنش خشکی باعث کاهش در سطح برگ (۴، ۱۵ و ۲۷)، وزن خشک برگ، وزن خشک برگچه، وزن خشک ریشه و وزن خشک گیاهان توت‌فرنگی تراریخته و غیرتراریخته می‌شود. در این بررسی، دیده شده که سطح برگ ویژه توت‌فرنگی، آب مصرفی در واحد سطح برگ و میزان آب مصرفی کلی، با افزایش تنش خشکی و کاهش در محتوای رطوبتی خاک کاهش داشت (۱۵).

افزایش تنش خشکی سبب کاهش در اندازه و افزایش در تراکم روزنه‌ها در توت‌فرنگی می‌شود (۱۰). براساس گزارش قادری و همکاران (۱۷) از بررسی اثر خشکی بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژی ارقام کردستان و کوئین الیزای توت‌فرنگی، کاهش در سطح برگ، وزن خشک برگ و ریشه، وزن خشک شاخساره و وزن خشک کل، محتوای نسبی آب، هدایت روزنه‌ای، عملکرد و وزن میوه دیده شد و تنش خشکی در توت‌فرنگی با کاهش در اندازه میوه و مقدار محصول همراه بود (۱۷). سطح برگ تعیین‌کننده میزان تشعشع جذب شده توسط گیاه و به همین ترتیب تعیین‌کننده میزان تعرق و تولید ماده خشک است (۱۲ و ۱۹). براساس گزارش قادری و سی‌وسه مرده (۹)، با کاهش در محتوای نسبی آب خاک و افزایش شدت تنش خشکی در ارقام توت‌فرنگی مورد بررسی، محتوای نسبی آب برگ، پایداری غشا، میزان فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، تعرق و میزان کلروفیل کاهش و میزان پرولین افزایش نشان داد و رقم کاماروسا نسبت به ارقام گاویوتا و مراک، دارای پتانسیل بیشتری برای مقابله با شرایط کم‌آبی بود.

در شرایط تنش خشکی ممکن است کربوهیدرات‌های پیچیده به انواع ساده تجزیه شده و مقدار کربوهیدرات‌های محلول تحت تأثیر تنش‌ها، از جمله تنش کم‌آبی، افزایش یابد (۱۲). خشکی در برخی ارقام توت‌فرنگی از قبیل السانتا، سوناتا و سمفونی سبب کاهش در اندازه میوه ولی افزایش در ماده خشک میوه می‌شود و با افزایش میزان ماده خشک میوه، قند میوه و برخی اسیدها افزایش می‌یابد (۱۸). افزایش تنش خشکی در توت‌فرنگی باعث افزایش غلظت ترکیباتی چون آنتوسیانین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها و کاهش در اندازه میوه و عملکرد میوه شده، و فروکتوز و گلوکز تحت تأثیر تنش خشکی در توت‌فرنگی افزایش می‌یابند (۱۹). تحت شرایط تنش، افزایش تجزیه نشاسته و نسبت ساکارز به نشاسته و همچنین کاهش انتقال ساکارز به خارج از برگ‌ها منجر به افزایش کربوهیدرات‌های محلول می‌گردد (۱۲)، که چنین فرایندی تحت شرایط کمبود آب، نقش مهمی را در تنظیم اسمزی و تحمل تنش توسط گیاه ایفا می‌نماید (۱۲ و ۱۹).

تنش خشکی و شوری در توت‌فرنگی می‌تواند باعث تأخیر در توسعه اندام‌های زایشی آن و بنابراین منجر به تولید گل‌ها و میوه‌های کمتری شود (۲۳).

کمبود آب و افزایش رقابت بین بخش‌های مختلف (کشاورزی، صنعتی و خانگی) برای منابع رو به کاهش آب، کشاورزان را وادار به اتخاذ راهکارهای صرفه‌جویی در آب، به‌ویژه در نواحی با تولید فشرده و وسیع محصولات کشاورزی، می‌کند (۲۰). از جمله راهکارهای پیشنهادی، انجام آبیاری براساس نیاز و پرهیز از آبیاری زیاد است که در این جهت لازم است میزان نیاز آبی براساس میزان تبخیر و تعرق، و یا وضعیت آب در گیاه و خاک مشخص شود. راهکار دیگر این است که از فن کم‌آبیاری در جهت جلوگیری از مصرف بیش از حد آب استفاده کرده و به‌منظور جلوگیری از کاهش شدید عملکرد ناشی از کمبود آب، از روش‌های بهنژادی جهت بهبود ارقام و کاهش فاصله بین عملکرد واقعی و بالقوه استفاده نمود (۱۴، ۲۰ و ۳۰).

اولین شاخص‌های استفاده شده در جهت بهبود ویژگی‌های گیاهان و از جمله گیاه توت‌فرنگی، ویژگی‌های مورفولوژی بوده است. با توجه به محدودیت ویژگی‌های ظاهری، محققین می‌توانند با استفاده از ویژگی‌های بیوشیمیایی و مولکولی به عنوان شاخص یا نشانگر، ارزیابی بهتری در یافتن ژنوتیپ‌های گیاهی مورد نظر داشته باشند (۷). اولین گام در شناسایی ژنوتیپ‌ها در پروژه‌های بهنژادی، شناسایی ویژگی‌های مورفولوژی، عملکرد و اجزای آن است، زیرا این ویژگی‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

به‌راحتی قابل اندازه‌گیری بوده و کاربرد عملی فراوانی دارند (۹ و ۱۲). تعیین میزان تنوع ژنتیکی و شناخت نحوه توارث ویژگی‌های مورد نظر در توده‌های گیاهی، گام اساسی در انتخاب صحیح والدین برای برنامه‌های بهنژادی خواهد بود (۷ و ۲۴).

با وجود برخی بررسی‌های صورت گرفته در رابطه با اثر تنش خشکی بر گیاه توت‌فرنگی و واکنش این گیاه به تنش، اطلاعات و راهکارهای مناسبی در رابطه با چگونگی استفاده از ویژگی‌های مورد مطالعه در بهنژادی گیاه توت‌فرنگی در دسترس نیست. بنابراین، این پژوهش در جهت شناسایی و تعیین شاخص‌های مؤثر در گزینش ارقام متحمل به خشکی توت‌فرنگی و معرفی رقم یا ارقام متحمل به تنش خشکی در بین ارقام مورد استفاده این گیاه صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور بررسی برخی ویژگی‌های مورفولوژی و کمّی و کیفی میوه شش رقم توت‌فرنگی به نام‌های کردستان، کاماروسا، مراک، پاروس، کوئین الیزا و سلوا در شرایط تنش کم‌آبی در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج اجرا شد. آزمایش در گلدان‌های با ابعاد ۲۰×۵۰ و عمق ۳۰ سانتی‌متر (حجم ۳۰ لیتر) و با کاشت بوته‌ها در فروردین‌ماه انجام شد. بوته‌ها (گیاهچه‌های دختری) از طریق تکثیر رویشی (رانرهای) گیاهان مادری از هر رقم فراهم شد. خاک مورد استفاده برای گلدان‌ها شامل مخلوطی از نسبت‌های مساوی خاک، کود و ماسه بود. دمای هوا برای کشت در گلخانه شامل ۳±۲۰ درجه سلسیوس در روز و ۳±۱۶ درجه سلسیوس در شب بود (۶). میزان رطوبت نسبی ۵ ±۵۰ درصد و طول دوره روشنایی براساس شرایط طبیعی در نظر گرفته شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های یکبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با چهار وضعیت تنش کم‌آبی (شاهد (بدون تنش)، تنش ۲۰ ، ۴۰ و ۶۰ درصد نیاز رطوبتی) به عنوان عامل اصلی و ارقام توت‌فرنگی (کردستان، کاماروسا، مراک، پاروس، کوئین الیزا و سلوا) به عنوان عامل فرعی اجرا شد. اعمال تنش‌ها براساس اندازه‌گیری رطوبت ظرفیت مزرعه (FC) به‌صورت وزنی در گلدان‌ها و پس از استقرار کامل گیاهان نشا شده صورت گرفت و تا ۲ ماه پس از شروع اعمال تنش ادامه داشت.

به‌منظور تعیین سطح برگ، از هر بوته ۳ برگچه به‌صورت تصادفی انتخاب و از محل زبانک قطع گردیده و با دستگاه سطح‌سنج (مدل AM100-002 ساخت انگلیس)، مجموع سطح برگ برگچه‌های مورد نظر اندازه‌گیری شد.

تعداد گل‌های تکرارهای هر تیمار در طول اعمال تنش شمارش و ثبت شد. در ادامه، تعداد میوه تشکیل شده برای هر کرت آزمایشی نیز شمارش گردید. جهت اندازه‌گیری وزن میوه در طول مدت اجرای آزمایش، میوه‌های رسیده هر بوته، جدا و به‌وسیله ترازوی آزمایشگاهی (دقت ۰/۰۰۱ گرم) وزن شدند.

درصد کل مواد جامد محلول (TSS) آب‌میوه براساس عدد بریکس (Brix، گرم قند موجود در ۱۰۰ گرم عصاره میوه) با استفاده از دستگاه رفراکتومتر (ATAGO مدل E1، ژاپن) اندازه گرفته شد. ابتدا رفراکتومتر با آب مقطر واسنجی شد و پس از آن یک قطره از آب‌میوه روی منشور شیشه‌ای ریخته شد و در مقابل نور، عدد بریکس یا مواد جامد محلول، که شاخصی از میزان قند در داخل میوه است، قرائت گردید.

pH آب‌میوه نمونه‌ها، بعد از گرفتن آب‌میوه ارقام توت‌فرنگی مورد بررسی و با استفاده از دستگاه pH متر (Jenway مدل ۳۵۱۰، انگلیس) با دقت ۰/۰۲ اندازه‌گیری شد.

درصد اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) آب‌میوه، به روش تیتراسیون ارزیابی گردید. ابتدا ۱۰ میلی‌لیتر آب‌میوه به ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر و چند قطره فنل‌فتالین ۱٪ به عنوان معرف مخلوط گردید و سپس با سود (NaOH) ۰/۲ نرمال تیتر شد. میزان سود مصرفی برای هر تیمار یادداشت و از طریق فرمول $A = \left((S \times N \times F \times E)/C\right) \times 100$، درصد اسیدیته قابل تیتراسیون یا گرم اسید فعال در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب‌میوه مصرفی به دست آمد، که در این فرمول، A درصد اسید در عصاره میوه،

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. میانگین مربعات منابع تغییر برای صفات ارزیابی شده در ارقام مختلف توت‌فرنگی

منابع تغییر	درجه آزادی	مجموع سطح برگ	تعداد گل	تعداد میوه	وزن میوه	pH آب‌میوه	TSS	TA	TSS/ TA
بلوک	۲	۲۶۳۷۰۴/۵۹۴^{ns}	۳/۳۴۷^{ns}	۱/۲۹۱^{ns}	۲/۱۴۸*	۰/۰۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۷^{ns}	۰/۰۲۳ *	۴/۴۴۱
تنش	۳	۲۷۳۷۲۸۰/۲۶۵**	۴۰۸/۱۶۲**	۲۰۸/۴۶۲**	۵۲۶/۶۷۱**	۰/۳۰۷**	۰/۳۲۹**	۰/۷۰۰**	۳۱۶/۵۱۴**
خطای اصلی	۶	۱۷۶۱۱/۶۶۷	۴/۶۰۶	۱/۹۷۶	۱/۲۳۲	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۱۸	۷/۱۵۳
رقم	۵	۳۵۶۱۸۲/۶۷۷**	۲۰/۷۴۷**	۱۲/۰۶۶**	۲۲/۲۹۰**	۰/۰۰۰۳**	۰/۰۱۰**	۰/۰۰۵^{ns}	۱۶/۰۲۴**
تنش× رقم	۱۵	۹۸۹۱۸/۷۲۳^{ns}	۱/۷۸۴^{ns}	۱/۴۵۱^{ns}	۳/۲۱۱**	۰/۰۰۰۱۶**	۰/۰۰۸**	۰/۰۱۶**	۸/۲۸۹*
خطای فرعی	۴۰	۸۳۶۷۸/۴۰	۱/۵۰۸	۱/۲۳۸	۰/۵۷۴	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۶	۳/۵۵۱
ضریب تغییرات (٪)		۱۶/۳۸	۱۸/۶۸	۲۴/۲۸	۹/۹۴	۰/۲۳۷	۰/۴۷۸	۱۹/۳۶	۲۴/۴۱
شدت تنش		۰/۴۱۴	۰/۸۹۳	۰/۹۰۹	۰/۹۳۶	۰/۰۲۱	۰/۰۲۱	۰/۷۷۹	۰/۷۳۴
وراثت‌پذیری عمومی(H^2) ٪		۲۰/۴۰	۵۱/۱۷	۴۱/۶۷	۷۳/۴۷	۲/۲۸	۷۶/۱۶	۰	۱۶/۱۳

**، * و ^{ns} به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

S میلی‌لیتر سود مصرفی، N نرمالیته سود مصرفی (۰/۱ نرمال)، F×E فاکتور میلی‌اکی والان بر پایه اسید سیتریک (۰/۰۶۴) و C مقدار عصاره میوه (میلی‌لیتر) می‌باشد. نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیتراسیون (TSS/TA) نیز محاسبه شد.

وراثت‌پذیری عمومی (H^2) ویژگی‌های مورد مطالعه براساس مدل طرح یکبار خرد شده و از طریق فرمول: $H^2 = (\frac{\sigma_G^2 = ((MSg - MSgs)/ra)}{\sigma_P^2 = (\sigma_G^2 + MSe)})$ محاسبه شد، که در آن σ_G^2 واریانس ژنتیکی، MSg واریانس رقم در جدول تجزیه واریانس (جدول ۱)، MSgs واریانس برهم‌کنش رقم و تنش در جدول تجزیه واریانس، r و α به ترتیب تعداد بلوک و تعداد تنش، σ_P^2 واریانس فنوتیپی و MSe واریانس خطای فرعی در جدول تجزیه واریانس می‌باشد.

میزان شدت تنش (D) برای هر ویژگی، با استفاده از رابطه $D = \frac{\bar{Y}_P - \bar{Y}_S}{\bar{Y}_P}$ محاسبه گردید، که در آن $\bar{Y}_P$، میانگین مقدار هر ویژگی در شرایط بدون تنش و $\bar{Y}_S$، مقدار متوسط ویژگی مورد نظر در شرایط تنش خشکی ۶۰٪ است.

تجزیه واریانس مشاهدات حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین اثرهای اصلی با استفاده از آزمون LSD و مقایسه میانگین برهم‌کنش عامل‌ها با استفاده از رویه LSmeans انجام شد. نمودارها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم شدند.

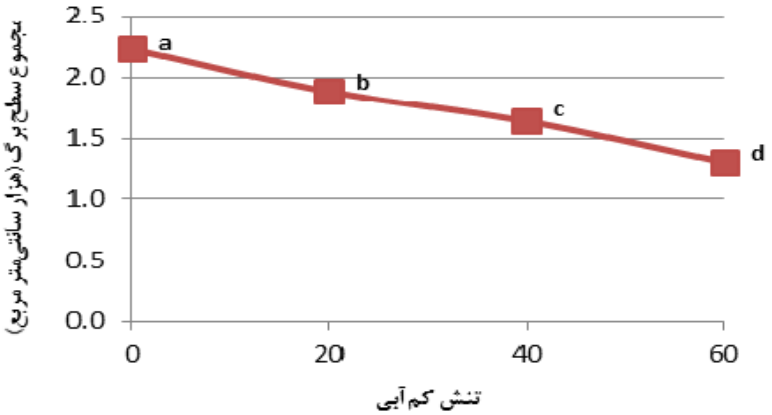
نتایج و بحث

سطح برگ

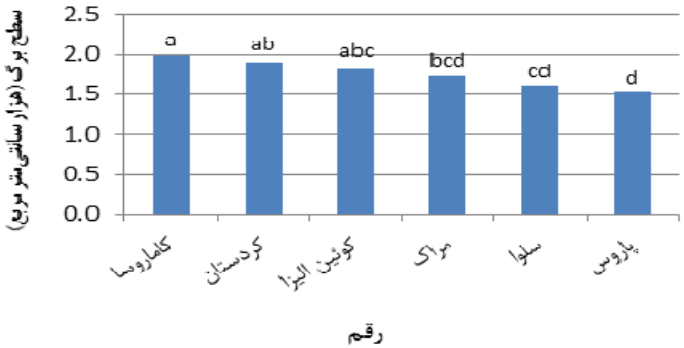
اثرهای اصلی تنش آبیاری و رقم بر سطح برگ در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۱). ولی برهم‌کنش تنش در رقم بر سطح برگ تأثیر معنی‌داری نداشت. افزایش تنش آبیاری، کاهش سطح برگ را در پی داشت، به‌نحوی که کمترین سطح برگ (۱۳۰۶/۵۲ سانتی‌متر مربع) در سطح تنش ۶۰٪ و بیشترین سطح برگ (۲۲۳۰/۲۷ سانتی‌متر مربع) در سطح عدم تنش بود (شکل ۱). سطح برگ در حالت تنش خشکی ۶۰ درصدی نسبت به عدم تنش، ۴۱/۵ درصد کاهش نشان داد. این نتایج در توافق با گزارش‌های مربوط به اثر تنش بر ارقام توت‌فرنگی (۲ و ۲۸) می‌باشد. سطح برگ تعیین کننده میزان جذب تشعشع توسط گیاه از یک سو و تعرق و تولید ماده خشک از سوی دیگر است و بنابراین بررسی شاخص سطح برگ تحت تأثیر تنش، بسیار حائز اهمیت است (۱۲، ۱۹ و ۲۱). لذا، انتظار می‌رود که سطح برگ ارقام مورد مطالعه توت‌فرنگی در اثر کم‌آبی کاهش یابد. از سوی دیگر، با توجه به کاهش

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. مقایسه میانگین سطوح متفاوت تنش خشکی از نظر مجموع سطح برگ (تنش‌های با حداقل یک حرف مشترک، در سطح ۵٪ تفاوت آماری ندارند)



شکل ۲. مقایسه میانگین ارقام مورد بررسی توت‌فرنگی از نظر سطح برگ (ارقام با حداقل یک حرف مشترک، در سطح ۵٪ تفاوت آماری ندارند)

سطح برگ تحت تأثیر خشکی برای گیاهان توت‌فرنگی، می‌توان از این ویژگی به عنوان شاخص گزینش استفاده کرده و ارقام با سطح برگ بیشتر را به عنوان ارقامی با توانایی تحمل بیشتر خشکی در نظر گرفت.

رقم کاماروسا بیشترین میزان سطح برگ (۱۹۸۴/۱ سانتی‌متر مربع) را به خود اختصاص داد که از نظر آماری تفاوتی با ارقام کردستان و کوئین الیزا نداشت (شکل ۲). کاهش در سطح برگ تحت تأثیر تنش توسط دیگر محققین نیز گزارش‌شده است (۲، ۴، ۱۳، ۱۵ و ۲۷). کاهش سطح برگ در اثر تنش خشکی به کم شدن سرعت تقسیم سلولی و کاهش در طویل شدن سلول برمی‌گردد. همچنین، کاهش پتانسیل آب خاک منجر به کوچک شدن برگ جدید و یا کاهش تولید برگ جدید می‌شود (۲۹). باید اشاره کرد که برخی محققین، کاهش در سطح برگ را ترفندی از گیاه به‌منظور جلوگیری از هدررفت آب می‌دانند (۲)، که این ترفند به‌دلیل کاهش در سطح فتوسنتز کننده سبب کاهش در عملکرد نیز خواهد شد (۱۳).

تعداد گل در بوته

اثر تنش و رقم بر تعداد گل در بوته در سطح ۱٪ معنی‌دار شد، ولی اثر برهم‌کنش تنش و رقم، بر تعداد گل معنی‌دار نبود (جدول ۱).

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۳. روند کاهشی تعداد گل در واکنش ارقام به افزایش میزان تنش آبیاری (تنش‌های با حداقل یک حرف مشترک، از نظر تعداد گل، در سطح ۵٪ تفاوت آماری ندارند)

شکل ۴. مقایسه ارقام مختلف توت‌فرنگی از نظر تعداد گل (ارقام با حداقل یک حرف مشترک، از نظر تعداد گل، در سطح ۵٪ تفاوت آماری ندارند)

مقایسه میانگین سطوح مختلف تنش نشان داد که با افزایش تنش خشکی، تعداد گل کاهش یافت. بیشترین متوسط تعداد گل ارقام (۱۲/۴۴) مربوط به سطح عدم تنش (شاهد) و کمترین متوسط تعداد گل (۱/۳۳) مربوط به سطح تنش ۶۰٪ بود، که ارقام به‌طور متوسط، کاهشی نزدیک به ۸۹٪ را نسبت به شرایط عدم تنش نشان دادند (شکل ۳). کاهش در تعداد گل ارقام توت‌فرنگی تحت تأثیر تنش کم‌آبی توسط دیگر محققین نیز گزارش شده است (۲، ۱۱، ۱۳ و ۲۳).

به‌دلیل افزایش در شدت تنش و رسیدن تنش از صفر به ۶۰٪، تعداد گل کاهش ۸۹/۴۴ درصدی را نشان داد (شکل ۳). نتایج مقایسه میانگین ارقام نشان داد که بیشترین میانگین تعداد گل (۹ گل) به رقم کاماروسا اختصاص داشت (شکل ۴). از آنجا که تعداد گل تعیین‌کننده تعداد میوه است، بررسی این پارامتر در شرایط تنش اهمیت ویژه‌ای دارد. در شرایط گلخانه‌ای و با توجه به حجم کم خاک، این پارامتر مهم است زیرا به علت کوچک بودن حجم گلدان و ضعیف شدن خاک در طول آزمایش، ریزش تعداد زیادی از گل‌ها مشاهده شد. روند نزولی تعداد گل در شرایط تنش خشکی در گیاه نخود به‌وسیله معصومی و همکاران (۱۱) نیز گزارش‌شده است. تولید گل‌ها و میوه‌های کمتر در توت‌فرنگی تحت تأثیر تنش خشکی و شوری به‌دلیل تأخیر در توسعه اندام‌های زایشی گیاه رخ می‌دهد (۲۳).

تعداد میوه در بوته

تنش خشکی، تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ در تعداد میوه در

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۵. روند کاهشی تعداد میوه در واکنش ارقام به افزایش میزان تنش آبیاری (تنش‌های با حداقل یک حرف مشترک، از نظر تعداد میوه، در سطح ۵٪ تفاوت آماری ندارند)

شکل ۶. مقایسه ارقام مختلف توت‌فرنگی از نظر تعداد میوه (ارقام با حداقل یک حرف مشترک، از نظر تعداد میوه، در سطح ۵٪ تفاوت آماری ندارند)

بوته ایجاد کرد (جدول ۱). ارقام توت‌فرنگی نیز اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ از نظر تعداد میوه در بوته نشان دادند. اثر برهم‌کنش تنش و رقم بر این ویژگی معنی‌دار نشد.

مقایسه میانگین سطوح تنش خشکی نشان داد که تنش باعث کاهش ۹۱/۶۴ درصدی در تعداد میوه شده و عدم تنش با میانگین ۸/۶۱ و تنش ۶۰٪ با میانگین ۰/۷۲ به ترتیب حداکثر و حداقل میانگین را به خود اختصاص دادند (شکل ۵).

مقایسه میانگین ارقام نشان داد که با افزایش تنش، تعداد میوه کاهش یافت و رقم کاماروسا با میانگین ۶/۴۲، بیشترین تعداد میوه را به خود اختصاص داد (شکل ۶) و ازنظر آماری با دیگر رقم‌های مورد بررسی متفاوت بود. تأخیر در تولید اندام زایشی (۲۳) و کاهش در آغازش و تشکیل میوه (۱۳)، یکی از دلایل کاهش در تعداد میوه توت‌فرنگی در شرایط تنش کم‌آبی خواهد بود.

وزن میوه

نتایج تجزیه واریانس براساس وزن میوه (جدول ۱) نشان داد که اثر تنش خشکی، رقم و برهم‌کنش تنش و رقم در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. در تمام سطوح تنش به‌جز سطح ۴۰ درصد، کاماروسا بیشترین وزن میوه را به خود اختصاص داد. در سطح تنش ۴۰ درصد بیشترین وزن میوه به رقم کردستان اختصاص داشت (جدول ۲). کاهش در وزن تر میوه براثر تنش کم‌آبی قبلاً نیز در ارقام متفاوتی از توت‌فرنگی گزارش‌شده است (۲ و ۱۷). این کاهش در وزن تر میوه می‌تواند به‌دلیل کاهش در هدایت

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. مقایسه میانگین برهم‌کنش تنش خشکی و رقم از نظر وزن میوه (گرم)

رقم	تنش آبیاری (٪)			
	شاهد (صفر)	۲۰	۴۰	۶۰
کردستان	۱۳/۹۷b	۱۰/۳۷cd	۷/۷۹۷fg	۱/۵۸jk
کاماروسا	۱۷/۴۴a	۱۳/۵۶b	۶/۹۱۲gh	۲/۱j
مراک	۱۳/۲۶b	۹/۸۹۲d	۵/۹۹۹hi	۰/۰۰۱l
پاروس	۱۲/۸۳b	۱۰/۴۹cd	۵/۱۲۸i	۰/۰۰۱l
کوئین‌الیزا	۱۱/۲۳c	۸/۶۰۰ef	۴/۹۹۱i	۰/۶۴kl
سلوا	۱۰/۶۰cd	۹/۶۳۱de	۵/۲۷۸i	۳/۷۸j

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشابه، تفاوت معنی‌داری براساس آزمون LSD در سطح ۵٪ ندارند

روزنه‌ای و میزان فتوسنتز ناشی از آن و کاهش در سطح برگ به‌دلیل تنش کم‌آبی (۲، ۱۳، ۱۷ و ۲۰) حادث شود.

pH آب‌میوه

نتایج تجزیه واریانس pH آب‌میوه نشان داد که اثر تنش خشکی، اثر رقم و اثر برهم‌کنش تنش و رقم در سطح ۱٪ بر pH آب‌میوه معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش عامل‌ها نشان داد که در سطح عدم تنش، تمامی رقم‌ها، اسیدیته آب‌میوه یکسانی را از نظر آماری نشان دادند. در سطح تنش ۲۰٪، رقم پاروس بیشترین میزان pH را به خود اختصاص داد. با وجود این، از نظر آماری، بین این رقم و دیگر ارقام مورد بررسی در این سطح از تنش اختلاف معنی‌داری دیده نشد. در سطح تنش ۴۰٪، رقم کردستان کمترین میزان pH را به خود اختصاص داد که با ارقام مراک، پاروس، کوئین الیزا، سلوا و کاماروسا تفاوت آماری نشان نداد. در سطح تنش ۶۰٪ نیز تفاوت معنی‌داری بین ارقام کردستان، کاماروسا، کوئین الیزا و سلوا ازنظر آماری دیده نشد. ولی برای ارقام مراک و پاروس به‌دلیل عدم تولید میوه در این سطح از تنش خشکی، مقدار pH برابر صفر در نظر گرفته شد. به‌طور کلی، در این آزمایش، برای ارقام مختلف مورد بررسی، با افزایش شدت تنش خشکی تا سطح ۴۰٪، میزان pH افزایش ولی در سطح تنش ۶۰٪، کاهش یافت (جدول ۳). افزایش در برخی آنتی‌اکسیدان‌ها تحت تأثیر تنش کم‌آبی در توت‌فرنگی و بنابراین افزایش اسیدیته آن قبلاً نیز گزارش شده است (۱۸).

درصد کل مواد جامد محلول (TSS)

اثر تنش آبیاری، رقم و برهم‌کنش آبیاری و رقم بر درصد کل مواد جامد محلول، تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ ایجاد نمودند (جدول ۱). مقایسه میانگین برهم‌کنش عامل‌ها (جدول ۳) نشان داد که با افزایش تنش خشکی تا سطح ۴۰٪، مواد جامد محلول افزایش یافته است که نتایج حاصل، موافق با گزارش‌های دیگر محققین (۱۲، ۱۸ و ۱۹) است. در سطح عدم تنش (شاهد)، بیشترین درصد مواد جامد محلول (۱۰/۱۴) به رقم کردستان اختصاص داشت. در سطح تنش ۲۰٪، رقم‌های پاروس، کوئین‌الیزا و کردستان بیشترین میزان مواد جامد محلول را به خود اختصاص دادند. اگر چه این زیاد بود از نظر آماری با دیگر ارقام مورد بررسی در این سطح از تنش تفاوتی نداشت. در سطح تنش ۴۰٪، پاروس بیشترین مواد جامد محلول (۱۰/۶۳) را به خود اختصاص داد و در سطح تنش ۶۰٪، رقم کردستان بیشترین درصد مواد جامد محلول را داشت که از نظر آماری تفاوتی با رقم کاماروسا نشان نداد (جدول ۳). به‌طور کلی، درصد مواد جامد محلول با افزایش شدت تنش از صفر به ۴۰٪ افزایش نشان داد و با افزایش تنش به از ۴۰ به ۶۰ درصد، میزان مواد جامد محلول ارقام مختلف نیز کاهش یافت. افزایش

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. مقایسه میانگین برهم‌کنش تنش و رقم برای صفات مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون و نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیتراسیون در میوه ارقام توت‌فرنگی مورد بررسی

صفت	رقم	تنش آبیاری (درصد)			
		شاهد (صفر)	۲۰	۴۰	۶۰
pH آب‌میوه	کردستان	۳/۷۴cd	۳/۷۴cd	۳/۸۷abc	۳/۶۰e
	کاماروسا	۳/۶۸d	۳/۷۴cb	۳/۹۲ab	۳/۶۲e
	مراک	۳/۷۴cd	۳/۷۹bcd	۴/۰۰a	۰f
	پاروس	۳/۷۳cd	۳/۸۲bcd	۴/۰۰a	۰f
	کوئین‌الیزا	۳/۷۴cd	۳/۷۸bcd	۴/۰۱a	۳/۲۷e
	سلوا	۳/۷۳cd	۳/۷۹bcd	۴/۰۰a	۳/۲۷e
درصد مواد جامد محلول (درجه بریکس= °BX)	کردستان	۱۰/۱۴b-e	۱۰/۲۴a-e	۱۰/۴۵ab	۹/۶۲fg
	کاماروسا	۹/۸۶efg	۱۰/۱۴b-e	۱۰/۴۰abc	۹/۵۵efg
	مراک	۱۰/۰۹b-e	۱۰/۱۹a-e	۱۰/۴۵ab	۰/۰h
	پاروس	۱۰/۰۹b-e	۱۰/۲۴a-e	۱۰/۶۳a	۰/۰h
	کوئین‌الیزا	۱۰/۰۰cde	۱۰/۲۴a-e	۱۰/۴۵ab	۹/۰۵h
	سلوا	۹/۹۱def	۱۰/۰۰cde	۱۰/۰۰cde	۹/۰۷h
درصد TA (میلی‌گرم در ۱۰۰ سی‌سی آب‌میوه)	کردستان	۰/۵۳۸abc	۰/۵۰۸cd	۰/۴۴۸cd	۰/۲۶۷e
	کاماروسا	۰/۵۲۹bcd	۰/۴۴۸cd	۰/۴۱۸d	۰/۲۶۶e
	مراک	۰/۵۲۵bcd	۰/۵۱۶cd	۰/۵۱۲d	۰/۰۰g
	پاروس	۰/۵۸۹a	۰/۵۲۹bcd	۰/۵۵۰abc	۰/۰۰g
	کوئین‌الیزا	۰/۵۹۳a	۰/۴۶۵bcd	۰/۸۹۷a	۰/۰۸۵fg
	سلوا	۰/۵۳۸abc	۰/۴۸۲bc	۰/۴۵۱bcd	۰/۲۲۹f

برای هر صفت میانگین‌های با حداقل یک حرف مشابه تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد ندارند

میزان مواد جامد محلول براثر افزایش تنش خشکی توسط احمدی میرآباد و همکاران (۱) در طالبی، و نورالدین و همکاران (۲۵) در گوجه‌فرنگی نیز گزارش‌شده است. به‌طورکلی، افزایش در میزان مواد جامد محلول در گیاه توت‌فرنگی تحت تأثیر تنش خشکی ترفندی است که گیاه جهت تنظیم اسمزی و استفاده از آن در جهت تحمل تنش استفاده می‌نماید (۱۲، ۱۸ و ۱۹). دلیل کاهش مواد جامد محلول در سطح تنش ۶۰٪ را می‌توان به‌خاطر مشکلات فتوسنتزی احتمالی بر اثر تنش و کاهش در تجمع مواد فتوسنتزی دانست (۱۳ و ۲۸).

درصد اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)

براساس نتایج تجزیه واریانس برای ویژگی اسیدیته قابل تیتراسیون، اثر تنش آبیاری و اثر برهم‌کنش تنش و رقم در سطح ۱٪ معنی‌دار بودند. ارقام از نظر درصد اسیدیته قابل تیتراسیون تفاوت معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۱). مقایسه میانگین برهم‌کنش ارقام نشان داد که در سطح عدم تنش، پاروس بیشترین درصد اسیدیته قابل تیتراسیون (حدود ۰/۵۹ درصد) را نشان داد که با ارقام کاماروسا و مراک در این سطح از تنش خشکی، تفاوت آماری نشان داد. در سطوح ۲۰ و ۴۰ درصد تنش خشکی نیز ارقام از نظر اسیدیته قابل تیتراسیون تفاوت

www.SID.ir

Archive of SID

آماری نشان ندادند. در سطح تنش ۶۰٪، کردستان درصد اسیدیته قابل تیتراسیون بیشتری (حدود ۰/۲۷ درصد) را دارا بود که از نظر آماری با رقم کاماروسا تفاوتی نداشت (جدول ۳). با افزایش تنش در ارقام مورد بررسی، درصد اسیدیته قابل تیتراسیون روند کاهشی داشت که نشان‌دهنده این موضوع است که میوه بوته‌هایی که به‌طور مستمر آبیاری شده‌اند دارای مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون بیشتر بوده و بنابراین ترش‌تر می‌باشند. شاید یکی از دلایل کاهش اسیدیته میوه توت‌فرنگی تحت تأثیر تنش خشکی را بتوان افزایش تجزیه نشاسته، افزایش فروکتوز و گلوکز و کاهش انتقال ساکارز از برگ‌ها به خارج (۱۲ و ۱۹) و مهم‌تر از آن تجزیه اسیدهای آلی در اثر تنش دانست.

نسبت مواد جامد محلول به اسید کل (TSS/TA)

اثرات اصلی تنش و رقم و همچنین برهم‌کنش میزان تنش و رقم، این ویژگی را تحت تأثیر قرار داده است (جدول ۱). بنابراین، این نتیجه نشان می‌دهد که ارقام در شرایط مختلف تنش کم‌آبی، واکنش متفاوتی از نظر نسبت مواد جامد محلول به اسید کل دارند. به عبارتی، نمی‌توان یک رقم منحصر به فرد را از این منظر برای شدت‌های مختلف تنش کم‌آبی معرفی نمود. همان گونه که در این آزمایش نیز دیده شد، در شرایط بدون تنش، رقم کردستان، در تنش ۲۰٪ رقم کوئین الیزا، در تنش ۴۰٪ رقم کردستان و در تنش ۶۰٪ رقم کاماروسا بیشترین مقدار را از نظر این ویژگی نشان دادند (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). شاید بتوان دلیل کاهش نسبت مواد جامد محلول به اسید کل در شدت تنش ۶۰٪ در ارقام را کاهش فتوسنتز بر اثر شدت بالای تنش دانست (۱۳ و ۲۸). به‌طور کلی، نتایج نشان داد که نسبت TSS/TA با افزایش شدت تنش تا میزان ۴۰٪ در اکثر ارقام مورد مطالعه افزایش و در سطح تنش ۶۰٪ کاهش داشت.

وراثت‌پذیری ویژگی‌های ارزیابی‌شده

نتایج حاصل از انجام این تحقیق نشان داد که تعداد گل، وزن میوه و TSS از وراثت‌پذیری قابل توجهی برخوردار بوده‌اند (جدول ۱) و بنابراین امکان بهبود این ویژگی‌ها در برنامه‌های بهنژادی وجود دارد. از طرفی، TA از وراثت‌پذیری مطلوبی در ارقام مورد مطالعه برخوردار نبود و نشان داد که با استفاده از این ارقام در برنامه‌های اصلاحی نمی‌توان به بهبود مداوم و پایا در این ویژگی امیدوار بود. به عبارت دیگر، ارقام مورد بررسی از نظر TA تفاوت چندانی در مواجهه با تنش خشکی ندارند. در طراحی برنامه‌های بهنژادی برای بهبود وضعیت نتاج حاصل از تلاقی بین والدین انتخابی از نظر صفت مورد نظر و در جهت کاهش فاصله بین مقدار واقعی و مقدار پتانسیل یک ویژگی در گیاهان و از جمله در توت‌فرنگی، یکی از مواردی که توسط پژوهشگران مورد توجه قرار می‌گیرد، میزان وراثت‌پذیری صفت مورد نظر در جمعیت مورد مطالعه است. وراثت‌پذیری یک صفت تعیین‌کننده میزان تأثیرپذیری آن صفت از محیط و به همین ترتیب از عوامل وراثتی و قابلیت انتقال آن از نسلی به نسل دیگر است. بر همین اساس، صفاتی که دارای وراثت‌پذیری زیادی (بیش از ۵۰٪) باشند، امیدواری بیشتری در پیشرفت ژنتیکی صفت مورد نظر در انتخاب نتاج مورد مطالعه برای بهنژادگر ایجاد می‌کنند (۲۹).

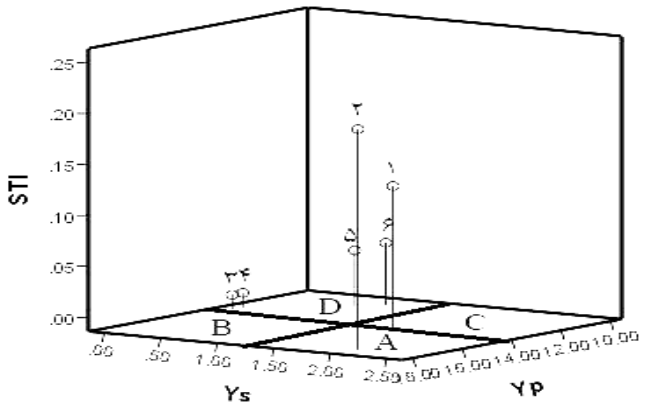
گروه‌بندی ارقام موردمطالعه با استفاده از شاخص تحمل تنش (STI)

تفکیک ارقام مورد مطالعه براساس نمودار سه‌بعدی STI (شاخص تحمل به تنش)، $\bar{Y}_P$ (میانگین صفت در شرایط بدون تنش) و $\bar{Y}_S$ (میانگین صفت در تنش ۶۰٪) و نواحی چهارگانه تعریف شده توسط فرناندز (۱۶) در شکل‌های (۷) و (۸) نشان داده شده است.

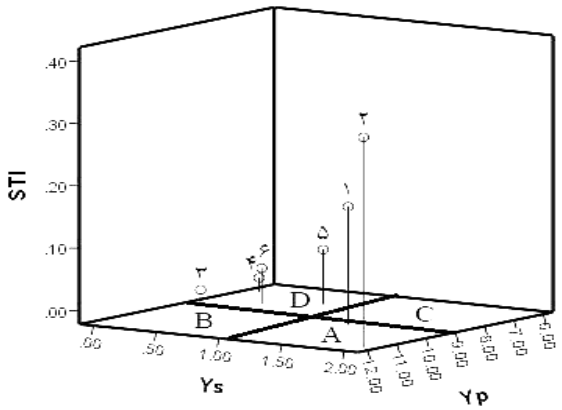
نمودار سه‌بعدی براساس وزن میوه (شکل ۷) نشان داد که رقم کاماروسا در ناحیه A واقع شده است. براساس گروه‌بندی فرناندز (۱۶)، این رقم دارای وزن میوه مناسبی، هم در شرایط تنش‌زا و هم در شرایط عدم تنش است. رقم کردستان در ناحیه C قرار گرفت و بنابراین دارای عملکرد مناسبی در شرایط تنش خشکی بود. بنابراین، دو رقم کاماروسا و کردستان نسبت به

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷. گروه‌بندی ارقام مورد مطالعه توت‌فرنگی برای صفت وزن میوه با استفاده از نمودار سه‌بعدی STI (شاخص تحمل تنش)، Ys (میانگین وزن میوه هر رقم در شرایط تنش آبیاری (۶۰٪) و Yp (میانگین وزن میوه هر رقم در شرایط بدون تنش). اعداد داخل شکل نشان‌دهنده شماره ارقام (کردستان (۱)، کاماروسا (۲)، مراک (۳)، پاروس (۴)، کوئین الیزا (۵) و سلوا (۶)) می‌باشند.



شکل ۸. گروه‌بندی ارقام مورد مطالعه توت‌فرنگی برای صفت تعداد میوه با استفاده از نمودار سه‌بعدی STI (شاخص تحمل تنش)، $\bar{Y}_S$ (میانگین تعداد میوه هر رقم در شرایط تنش آبیاری (۶۰٪)) و $\bar{Y}_P$ (میانگین تعداد میوه هر رقم در شرایط بدون تنش). اعداد داخل شکل نشان‌دهنده شماره ارقام (کردستان (۱)، کاماروسا (۲)، مراک (۳)، پاروس (۴)، کوئین‌الیزا (۵) و سلوا (۶)) می‌باشند.

سایر ارقام مورد بررسی به عنوان مناسب‌ترین رقم از نظر تحمل تنش شناسایی شدند. سایر ارقام در ناحیه D قرار گرفتند و بنابراین این ارقام وزن میوه نامطلوبی در هر دو شرایط دارند.

در نمودار سه‌بعدی صفت تعداد میوه (شکل ۸)، رقم‌های کاماروسا و کردستان در ناحیه A واقع شدند و بنابراین می‌توان گفت این دو رقم ازنظر تعداد میوه، هم در شرایط بدون تنش و هم در شرایط تنش خشکی وضعیت بهتری نسبت به دیگر ارقام مورد بررسی داشتند. رقم‌های مراک، پاروس، کوئین‌الیزا و سلوا در ناحیه D قرار گرفتند که نشان‌دهنده این است که این ارقام تعداد میوه کمی در هر دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی دارند.

نتیجه‌گیری

ارقام مورد بررسی توت‌فرنگی از لحاظ کلیه صفات اندازه‌گیری شده واکنش‌های متفاوتی نسبت به سطوح مختلف تنش خشکی داشتند. بین ارقام اختلاف معنی‌داری دیده شد که نشان‌دهنده

www.SID.ir

Archive of SID

تنوع ژنتیکی بین آن‌ها بوده و بنابراین بهنژادگران می‌توانند بسته به هدف مورد نظر خود، ژنوتیپ‌های مفید را انتخاب و با توجه به میزان وراثت‌پذیری صفات، در برنامه بهنژادی به‌کار گیرند. با توجه به واکنش گیاهان به تنش و تغییرات حاصل از افزایش تنش در ویژگی‌های مورد بررسی، می‌توان از سطح برگ، تعداد گل، تعداد میوه، وزن میوه و میزان قندهای محلول بیشتر، و اسیدیته قابل تیتراسیون کمتر، به عنوان شاخص برای انتخاب ارقام مقاوم به خشکی استفاده کرد.

ویژگی‌های تعداد گل، وزن میوه و TSS از وراثت‌پذیری زیاد (بیش از ۵۰٪) و تعداد میوه از وراثت‌پذیری متوسط (بیش از ۲۰٪) برخوردار بودند که در این صورت، در برنامه‌های اصلاحی و انتخاب برای این ویژگی‌ها، می‌توان به انتقال صفات مطلوب از والدین به فرزندان امیدوار بود و پیشرفت ژنتیکی قابل قبولی را انتظار داشت.

برای صفات وزن میوه، تعداد گل و تعداد میوه، رقم کاماروسا بیشترین مقادیر را در شرایط تنش داشت و می‌توان این رقم را به عنوان یک رقم متحمل به خشکی معرفی نمود. از سوی دیگر، براساس تفکیک ارقام مورد مطالعه با استفاده از نمودار سه‌بعدی STI، Ys و Yp، ارقام کاماروسا و کردستان، هم در شرایط تنش آبیاری و هم بدون تنش آبیاری به عنوان مناسب‌ترین رقم شناسایی شدند. بنابراین، می‌توان از این ارقام در برنامه‌های بهنژادی جهت بهبود تحمل خشکی در گیاه توت‌فرنگی استفاده نمود.

منابع مورد استفاده

۱. احمدی میرآباد، ا.، م. لطفی و م. ر. روزبان. ۱۳۹۲. تأثیر تنش کمبود آب بر رشد، عملکرد و درصد قند طالبی (*Cucumis melo* L.). مجله بین‌المللی کشاورزی و علوم زراعی ۵(۲۲): ۲۷۸۲– ۲۷۷۸.

۲. اسدی اقدم، ا.، ج. طباطبایی و ج. حاجی‌لو. ۱۳۹۲. تأثیر خشکی قسمتی از منطقه ریشه بر ویژگی‌های کمی و کیفی توت‌فرنگی رقم سلوا. مجله تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی ۳(۸): ۷۳– ۸۰.

۳. بهنامیان، م. و س. مسیحا. ۱۳۸۱. توت‌فرنگی. انتشارات ستوده، تهران.

۴. پروه، ط.، ت. جوادی و ن. قادری. ۱۳۹۳. اثر تنش اسمزی و کاربرد خارجی گلایسین بتائین روی برخی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی توت‌فرنگی رقم پاروس. دومین کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش‌ها، با محوریت کشاورزی، منابع طبیعی، محیط‌زیست و گردشگری، اسفندماه، تبریز.

۵. دودمان، م. و م. ا. امیری. ۱۳۹۲. اثر N، K و Mg بر عملکرد و کیفیت میوه توت‌فرنگی (*Fragaria× ananassa* cv. Sun Rise) در شرایط کشت هیدروپونیک. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۴(۱۴): ۱۱۱–۱۱۸.

۶. رنجبر، ر.، س. عشقی و م. رستمی. ۱۳۹۰. اثر محلول‌پاشی سولفات نیکل و اوره بر رشد زایشی و ویژگی‌های کمی و کیفی میوه توت‌فرنگی رقم پاجارو (*Fragaria ananassa* Duch. cv. Pajaro). علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۲(۷): ۴۱–۴۹.

۷. عرب طاژان دره، ا.، ع. رضایی نژاد، ا. اسماعیلی و ف. کرمی. ۱۳۹۴. بررسی تنوع ژنتیکی و تحلیل عاملی برای عملکرد و برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی در رقم‌های توت‌فرنگی. به‌نژادی گیاهان زراعی و باغی ۳ (۱): ۱۳–۲۶.

۸. فاطمی، ل.، ج. طباطبایی و ا. فلاحی. ۱۳۸۸. تأثیر سیلیسیوم بر شدت فتوسنتز و غلظت عناصر غذایی گیاه توت‌فرنگی در شرایط تنش شوری. مجله دانش کشاورزی ۱(۱): ۱۰۷–۱۱۸.

۹. قادری، ن. و ع. سی‌وسه مرده. ۱۳۹۲. تأثیر تنش خشکی بر برخی از ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در ارقام توت‌فرنگی. مجله علوم باغبانی ایران ۴۴(۲): ۱۲۹–۱۳۶.

www.SID.ir

Archive of SID

۱۰.کاظمی‌قلعه، ر.، و. ربیعی و ف. شکاری. ۱۳۸۸. تأثیر تنش خشکی بر تراکم و ابعاد روزنه سه رقم تـوت‌فرنگـی. دومـین همـایش منطقه‌ای علوم کشاورزی و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد فسا.

۱۱.معصومی، ع.، م. کافی، ا. نظامی و س. ج. حسینی. ۱۳۸۴. اثرات تنش خشکی روی برخی از خصوصیات مورفولوژیک تعـدادی از ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط گلخانه. مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۳(۲): ۲۷۷-۲۸۹.

۱۲.نورایی، ز. و ن. قادری. ۱۳۹۲. اثر متقابل کود دامی و نیتروکسین بر روی برخی صفات فیزیولوژیکی توت‌فرنگی تحت شـرایط کـم آبی. ششمین همایش یافته‌های پژوهشی کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج.

13. Bushra, R., H.Tayyab and Sh. Riazuddin. 2014. Genomic approaches and abiotic stress tolerance in plants. PP. 1-37. *In:* Ahmad, P. (Ed.), Emerging Technology and Management of Crop Stress Tolerance, Vol. 1, Elsevier.
14. Cattivelli, L., F. Rizza, F.W. Badeck, E. Mazzucotelli, E.M. Mastrangelo, E. Francia, C. Marè, A. Tondelli and A.M. Stanca. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. Field Crops Res. 105: 1-14.
15. Chalavi, V. and M. Raeini-Sarjaz. 2012. The response of transgenic strawberry plants overexpressing a drought induced gene to water stress. J. Appl. Bot. Food Qual. 85: 182-187.
16. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proc. of the Int. Symp. on "Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress", Chapter 25, Taiwan, pp. 257-270.
17. Ghaderi, N., S. Nourmohammadi and T. Javadi. 2015. Morpho-physiological responses of strawberry (*Fragaria×ananassa*) to exogenous salicylic acid application under drought stress. J. Agric. Sci. Technol. 17: 167-178.
18. Gine Bordonaba, J. and L.A. Terry. 2010. Manipulating the taste-related composition of strawberry fruits (*Fragaria×ananassa*) from different cultivars using deficit irrigation. Food Chemistry, 122: 1020-1026.
19. Gine-Bordonaba, J. and L.A. Terry. 2016. Effect of deficit irrigation and methyl jasmonate application on the composition of strawberry (*Fragaria×ananassa*) fruit and leaves. Sci. Hort. 199: 63-70.
20. Grant, O.M., A.W. Johnson, M.J. Davies, C.M. James and D.W Simpson. 2010. Physiological and morphological diversity of cultivated strawberry (*Fragaria×ananassa*) in response to water deficit. Environ. Exp. Bot. 68: 264-272.
21. Hetherington, A.M. and F.I. Woodward. 2003. The role of stomata in sensing and driving environmental changes. Nature, 424: 901-908.
22. Klamkowski, K. and W. Treder. 2008. Responseto drought stress of three strawberry cultivars grown under greenhouse conditions. J. Fruit Ornam. Plant Res. 16: 179-188.
23. Li, H., R.J. Lascano, J. Booker, L.T. Wilson, K.F. Bronson and E. Segarra. 2002. State-space description of field heterogeneity: Water and nitrogen use in cotton. Soil Sci. Soc. Am. J. 66: 585-595.
24. Li, H., T. Li, R.J. Gordond, S.K. Asiedua and K. Hu. 2010. Strawberry plant fruiting efficiency and its correlation with solar irradiance, temperature and reflectance water index variation. Environ. Exp. Bot. 68: 165-174.
25. Nuruddin, M.M., A.C. Madramootoo and G.T. Dodds. 2003. Effects of water sterres at different growth stages on greenhouse tomato yield and quality. HortSci. 38(7): 1389-1393.
26. Peleg, Z., M.P. Apse and E. Blumwald. 2011. Engineering salinity and water-stress tolerance in crop plants: Getting closer to the field. Adv. Bot. Res. 57: 405-443.
27. Raeini-Sarjaz, M. and V. Chalavi. 2011. Effects of water stress and constitutive expression of a drought induced chitinase gene on water use efficiency and carbon isotope composition of strawberry. J. Appl. Bot. Food Qual. 84: 90-94.
28. Renquist, A.R., P.J. Breen and W. Martin. 1982. Influences of water status and temperature on leaf elongation in strawberry. Sci. Hort. 18: 77-85.
29. Singh, B.D. 213. Plant Breeding, Principles and Methods. Kalyani Publishers, 918 p.
30. Takeda, S. and M. Matsuoka. 2008. Genetic approaches to crop improvement: Responding to environmental and population change. Nature, 9: 444-457.
31. Wei, W., Y. Hu, Y.T. Han, K. Zhang, F.L. Zhao and J.Y. Feng. 2016. The WRKY transcription factors in the diploid woodland strawberry *Fragaria vesca*: Identification and expression analysis under biotic and abiotic stresses. Plant Physiol. Biotech. 105: 129-144.

www.SID.ir