تأثیر خشکی قسمتی از منطقه ریشه بر ویژگی‌های کمّی و کیفی توت فرنگی رقم سلوا

امید اسدی اقدم*، سید جلال طباطبایی و جعفرحاجی‌لو[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۴/۳۱)

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی تأثیر کاربرد روش خشکی قسمتی از منطقه ریشه بر ویژگی‌های کمّی و کیفی توت فرنگی رقم سلوا انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۵ تیمار و ۴ تکرار اجرا گردید. یک هفته پس از کاشت نشاها، رژیم‌های متفاوت آبیاری شامل FC: FC (رطوبت در هر دو طرف ریشه در حد ظرفیت زراعی)، FC: 1/2 FC (رطوبت در یک طرف ریشه در حد ظرفیت زراعی و در طرف دیگر ریشه در حد نصف ظرفیت زراعی)، FC: Dry (رطوبت در یک طرف ریشه در حد ظرفیت زراعی و طرف دیگر ریشه عاری از رطوبت)، 1/2 FC: Dry (رطوبت در یک طرف ریشه در حد نصف ظرفیت زراعی و طرف دیگر ریشه عاری از رطوبت) و 1/2 FC: 1/2 FC (رطوبت در هر دو طرف ریشه در حد نصف ظرفیت زراعی) به دو طرف نشاها توسط قطره‌چکان‌ها (با کنترل حسگرهای دستگاه رطوبت‌سنج) اعمال شد. صفاتی نظیر وزن تر اندام‌های رویشی و میوه، تعداد برگ، شاخص کلروفیل، سطح برگ، نشت الکترولیت، پرولین و مواد جامد محلول اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار وزن تر اندام‌های رویشی و میوه، تعداد برگ، شاخص کلروفیل و سطح برگ در تیمارهای FC: FC وFC: 1/2 FC وجود دارد. بیشترین مقدار نشت الکترولیت، پرولین و مواد جامد محلول در تیمار 1/2 FC: Dry مشاهده گردید. گیاهان تحت این روش توسط مکانیسم‌هایی مانند تولید پرولین و کاهش تعداد و سطح برگ مقاومت چشم‌گیری در مقابل تنش خشکی نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، ظرفیت زراعی، خشکی جزیی ریشه، پرولین

۱. گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: omid_asadi0901@yahoo.com

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.8.7.8]

مقدمه

توت فرنگی، گیاه علفی دائمی از تیره Rosaceae و از جنس *Fragaria* است که مهم‌ترین گونه آن *F. ananassa* می‌باشد. براساس آمار فائو در سال ۲۰۱۰، سطح زیر کشت این محصول در جهان ۲۴۳۸۹۷ هکتار می‌باشد. کاهش مصرف آب یکی از مهم‌ترین عوامل در نظام کشاورزی پایدار به شمار می‌آید. برنامه‌های جدید آبیاری باید بر پایه استفاده بهینه از منابع محدود آب استوار باشد. یکی از این برنامه‌ها، ایجاد خشکی قسمتی از منطقه ریشه (Partial rootzone drying) می‌باشد. روش خشکی قسمتی از منطقه ریشه عبارت است از عدم استفاده از آب آبیاری در قسمت‌های مشخصی از سیستم ریشه‌ای گیاه. روش خشکی قسمتی از منطقه ریشه دو نوع است: الف) روش پسیورا (Passioura method): در این روش، تمام قسمت‌های هوایی گیاه در معرض خشکی قرار می‌گیرد، به‌صورتی‌که گیاه در یک گلدان قرار گرفته و نوسانات فشار به ریشه اعمال می‌گردد تا یک آماس کامل در شاخه‌ها ایجاد شود و ب) روش ریشه منقسم: در این روش، سیستم ریشه‌ای گیاهان در دو بستر مجزا توزیع می‌گردد، به‌طوری‌که برخی از ریشه‌ها در معرض خشکی قرار گیرند و برخی دیگر نیز به خوبی آبیاری شوند (شکل ۱). در اثر اعمال روش خشکی قسمتی از منطقه ریشه، دو نوع پیام متفاوت می‌تواند در گیاه ایجاد گردد: ۱- پیام‌هایی با تأثیر مثبت، که از طریق ریشه‌های در حال آماس به وجود آمده و باعث باز شدن روزنه‌ها و رشد شاخه‌ها می‌شوند. بنابراین تولید و انتقال این پیام‌ها در خاک‌های خشک کاهش می‌یابد. این نوع پیام‌ها باعث تولید هورمون سایتوکینین می‌شوند. ۲- پیام‌هایی با تأثیر منفی، که سنتزشان توسط ریشه‌های موجود در خاک‌های خشک افزایش می‌یابد. این نوع پیام‌ها نیز موجب تولید آبسیزیک اسید می‌شود. از مزایای روش خشکی قسمتی از منطقه ریشه می‌توان به افزایش کارآیی استفاده از آب و هم‌چنین کنترل رشد علف‌های هرز در مراحل مشخصی از چرخه زندگی گیاه اشاره کرد (۱۱).

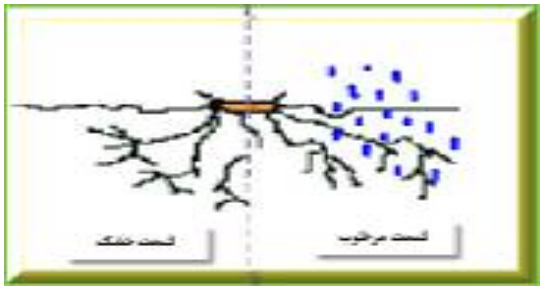
در گیاهان توت‌فرنگی تحت روش خشکی قسمتی از منطقه ریشه، در مقایسه با گیاهان شاهد، تراکم روزنه‌ای کاهش می‌یابد تا از هدر رفتن آب جلوگیری شود (۱۲). استفاده از روش خشکی قسمتی از منطقه ریشه باعث افزایش برخی مواد معطر در ارقام السنتا، فلورسنس، سوناتا و سیفونی در توت‌فرنگی می‌شود (۳). تحت شرایط تنش خشکی، غلظت پرولین در ریشه و ساقه توت‌فرنگی در حال تنش افزایش می‌یابد که این مکانیسمی برای مقاومت در برابر خشکی می‌باشد (۷). کاربرد روش خشکی قسمتی از منطقه ریشه در گیاه توت‌فرنگی باعث افزایش غلظت آبسیزیک اسید و در نتیجه افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش خشکی می‌شود (۱۸). هدف از این آزمایش، بررسی تأثیر کاربرد روش خشکی قسمتی از منطقه ریشه بر ویژگی‌های کمّی و کیفی توت‌فرنگی رقم سلوا می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در زمستان ۱۳۸۹ در گلخانه تحقیقاتی هیدروپونیک دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز انجام شد. ظروف کاشت، از جنس پلاستیک سیاه، توسط مخلوطی از پرلایت دانه ریز و دانه درشت (به میزان ۷۵٪ حجم کیسه‌ها) پرگردیدند. گیاهان توت‌فرنگی رقم سلوا در اواخر پاییز از یک گلخانه تحقیقاتی به‌صورت نشاء تهیه گردید. جهت اجرای آزمایش به‌صورت ریشه منقسم، دو بستر کشت در کنار هم قرار گرفت. در هر دو بستر، دو مکان برای قرار دادن نشاهای توت‌فرنگی با سیستم ریشه منقسم در نظر گرفته شد. نصف ریشه‌ها در یک بستر کشت و بقیه ریشه‌ها در بستر دیگر قرار داده شد. رژیم‌های متفاوت آبیاری شامل FC: FC (رطوبت در هر دو طرف ریشه در حد ظرفیت زراعی)، FC: 1/2 FC (رطوبت در یک طرف ریشه در حد ظرفیت زراعی و در طرف دیگر ریشه در حد نصف ظرفیت زراعی)، FC: Dry (یک طرف ریشه عاری از رطوبت و در طرف دیگر ریشه رطوبت در حد ظرفیت زراعی)، 1/2 FC: Dry (یک طرف ریشه عاری از رطوبت و در طرف دیگر ریشه رطوبت در حد نصف ظرفیت زراعی) و 1/2 FC: 1/2 FC (رطوبت در هر دو طرف ریشه در حد نصف

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.8.7.8]



شکل ۱. روش خشکی قسمتی از منطقه ریشه به‌صورت ریشه منقسم

ظرفیت زراعی) به دو طرف نشاها اعمال شد. برای اعمال تیمارهای رطوبتی، ابتدا ظرفیت زراعی (FC) بسترهای کاشت در آزمایشگاه توسط دستگاه رطوبت‌سنج دیجیتالی (۱۹) مشخص و برای محاسبه حجم بستر نیز مقدار آب حجمی در واحد (حجم در حجم) محاسبه شد. سپس حسگر دستگاه رطوبت‌سنج به‌صورت مورب با زاویه ۳۰ درجه در بستر قرار گرفت. براساس نتایج حاصل، مقدار آب ظرفیت زراعی به نصف کاهش داده شد و درصد رطوبت در دستگاه رطوبت‌سنج قرائت گردید و بدین ترتیب در بستر استفاده شده، مقدار FC با دستگاه رطوبت‌سنج واسنجی شد. پس از واسنجی دستگاه، مقدار آب در واحد حجمی به هر دو طرف گیاهان توسط قطره‌چکان‌ها اضافه می‌گردید و توسط حسگرهای رطوبت‌سنج، درصد رطوبت مشخص می‌شد. بدین ترتیب، زمانی که رطوبت به اندازه FC یا نصف FC می‌رسید آبیاری متوقف می‌شد.

به‌طورکلی، اعمال تیمارها به‌مدت ۳ ماه به طول انجامید. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۵ تیمار و ۴ تکرار اجرا گردید. تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمایش توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن انجام گردید. برای تعیین میزان شاخص کلروفیل از دستگاه SPAD، که یک روش بدون تخریب است، استفاده شد. یک هفته قبل از برداشت شاخه و برگ گیاهان، در حدود ساعت ۹ صبح اندازه‌گیری انجام شد. داده‌های به‌دست آمده توسط دستگاه به‌عنوان شاخصی از میزان کلروفیل در نظر گرفته شد. در مرحله میوه‌دهی، وزن تر اندام رویشی و میوه‌ها (با توجه به یکنواختی رسیدن میوه‌ها) با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. در پایان آزمایش، یک گیاه از هر واحد آزمایشی انتخاب و پس از بریدن برگ‌ها، سطح برگ‌ها توسط دستگاه LAM (Model Li-Cor, Li1300, USA) اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری مقدار پرولین آزاد، ۰/۰۱ گرم بافت تر برگ را در ۱۰ میلی‌لیتر محلول ۳٪ اسید سولفو سالسیلیک سائیده و مخلوط یکنواختی تهیه گردید. مخلوط حاصل به‌مدت ۱۰ دقیقه در سانتریفیوژ ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد. در این روش، از معرف نین‌هیدرین استفاده گردید (۱). میزان جذب فاز رنگی محلول فوق که حاوی تولوئن و پرولین است در ۵۲۰ نانومتر قرائت گردید و مقدار پرولین در هر نمونه با استفاده از منحنی استاندارد و برحسب mmol/g Fwt تعیین شد. جهت اندازه‌گیری مواد جامد محلول از دستگاه رفراکتومتر دیجیتالی استفاده شد. به‌طوری‌که چند قطره از آب میوه را در روی صفحه مخصوص دستگاه ریخته و مواد جامد محلول آن توسط دستگاه محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری نشت الکترولیت‌ها، یک گرم از نمونه‌های برگی را تهیه و ۳ بار با آب دیونیزه شده جهت حذف الکترولیت‌های جذب سطحی شده شسته شده و نمونه‌ها در لوله آزمایش ۱۰ میلی‌لیتری در آب دیونیزه قرار داده شده و سپس در دمای ۲۵ درجه سلسیوس روی شیکر قرار داده شدند. در مرحله بعد، هدایت الکتریکی محلول تعیین شده (L_t) و سپس نمونه‌ها در ۱۲۰ درجه سلسیوس برای ۲۰ دقیقه در اتوکلاو نگهداری شدند و هدایت الکتریکی نهایی (L_0) بعد از تعادل در ۲۵ درجه سلسیوس به‌دست آمد و نهایتاً، درصد نشت الکترولیت‌ها با استفاده از فرمول زیر به‌دست آمد:

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.8.7.8]

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات مختلف توت‌فرنگی در شرایط اعمال تکنیک خشکی قسمتی از منطقه ریشه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		وزن تر اندام‌های رویشی	وزن تر میوه	شاخص کلروفیل	سطح برگ	نشت الکترولیت	پرولین	مواد جامد محلول
رژیم‌های رطوبتی	۴	۵۹۰/۵۶*	۹۸۰۲/۹۹*	۵/۲۹*	۳۳۲۸۴۰/۳۱*	۳۳/۹۳*	۲/۰۸*	۵/۰۷*
بلوک	۳	۶۶/۳۲*	۱۱۲/۹۴*	۳/۵۷*	۱۸۱۷۷/۵۶ ns	۰/۸۵ns	۲/۰۳*	۰/۷۱*
خطای آزمایش	۱۲	۵۳/۳۶	۲۹۵/۸۶	۲/۳۴	۳۴۲۱۸/۳۷	۶/۲۱	۲/۰۴	۰/۶۷

* و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

نشت الکترولیت (%) $= (L_t / L_.) \times ۱۰۰$ [۱]

نتایج و بحث

وزن تر اندام‌های رویشی و میوه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که کاربرد روش خشکی قسمتی از منطقه ریشه تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر وزن تر اندام‌های رویشی در بین تیمارهای مختلف دارد. به‌طوری‌که بیشترین مقدار وزن تر اندام‌های رویشی در تیمار FC: FC مشاهده شد. کمترین مقدار وزن تر اندام‌های رویشی نیز در تیمار 1/2 FC: Dry مشاهده گردید. ضمناً بین تیمارهای FC: FC و FC: 1/2 FC و هم‌چنین FC: 1/2 FC و FC: Dry و نهایتاً بین تیمارهای FC: Dry و 1/2 FC: 1/2 FC تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). استول و همکاران (۱۷) در تحقیقی راجع به انگور ثابت کردند که با کاهش میزان آب آبیاری، از مقدار وزن تر اندام‌های رویشی کاسته می‌شود. به نظر می‌رسد که با افزایش شدت تنش خشکی، مقدار موادی مانند سایتوکینین کاهش می‌یابد و این کاهش نسبت مستقیمی با میزان رشد و وزن تر اندام‌های رویشی در انگور دارد (۵).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که کاربرد روش خشکی قسمتی از منطقه ریشه تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر مقدار وزن تر میوه در بین تیمارهای مختلف دارد. همانند مقدار وزن تر اندام‌های رویشی، بیشترین مقدار وزن تر میوه نیز در تیمار FC: FC و کمترین مقدار وزن تر میوه در تیمار 1/2 FC: Dry مشاهده گردید. بین تیمارهای FC: Dry و 1/2 FC: 1/2 FC تفاوت معنی‌داری از نظر وزن تر میوه وجود نداشت (جدول ۲). احتمالاً در اثر کاربرد روش خشکی قسمتی از منطقه ریشه، پتانسیل آب در آوندهای چوبی کاهش پیدا کرده و به دنبال آن حرکت آب به درون میوه‌ها دچار اختلال می‌شود و به عبارتی از وزن تر میوه‌ها کاسته می‌شود (۱۲). به‌طورکلی، نتایج جدول ۲ بیانگر این نکته است که تحت روش خشکی قسمتی از منطقه ریشه، کارآیی استفاده از آب افزایش پیدا می‌کند. برای مثال، در مقایسه میانگین تیمار FC: 1/2 FC با میانگین تیمار FC: FC (تیمار شاهد) مشاهده می‌شود که با کاهش ۲۵٪ در میزان آب مصرفی، می‌توان ۸۳٪ (۱۶۹/۶ گرم) وزن تر میوه را به‌دست آورد. هم‌چنین، در مقایسه میانگین تیمار FC: Dry با میانگین تیمار FC: FC (تیمار شاهد) می‌توان با کاهش ۵۰٪ در میزان آب مصرفی، ۷۶٪ (۱۵۴/۲ گرم) وزن تر میوه را به‌دست آورد. لازم به ذکر است که نتایج این آزمایش با نتایج آزمایش‌های پژوهشگران دیگر مطابقت دارد. به‌طوری‌که روش خشکی قسمتی از منطقه ریشه، کارآیی استفاده از آب را در زیتون رقم مانزانیلا افزایش می‌دهد (۶).

شاخص کلروفیل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که کاربرد روش خشکی قسمتی از منطقه ریشه تأثیر معنی‌داری بر

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.8.7.8]

جدول ۲. تأثیر روش خشکی قسمتی از منطقه ریشه بر مقدار وزن تر اندام‌های رویشی و میوه توت‌فرنگی رقم سلوا

تیمار	وزن تر اندام‌های رویشی (g)	وزن تر میوه (g)
(FC : FC)	۳۹/۷^{a}	۲۰۴/۴^{a}
(FC: 1/2 FC)	۳۵/۰^{ab}	۱۶۹/۶^{b}
(FC : Dry)	۲۵/۵^{bc}	۱۵۴/۲^{c}
(1/2 FC : Dry)	۸/۹^{d}	۸۱/۷^{d}
(1/2 FC: 1/2 FC)	۲۰/۷^{c}	۱۲۳/۵^{c}

در هر ستون، اعدادی که حداقل در یک حرف مشترک هستند اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون دانکن ندارند.

جدول ۳. تأثیر روش خشکی قسمتی از منطقه ریشه بر میزان نشت الکترولیت و سطح برگ توت‌فرنگی رقم سلوا

تیمار	نشت الکترولیت (٪)	سطح برگ (cm^2)	شاخص کلروفیل
(FC : FC)	۱۰/۸۵ ^{c}	۱۰۶۶/۴۹^{ab}	۴۷/۷^{ab}
(FC: 1/2 FC)	۱۳/۱۱ ^{bc}	۹۹۵/۲۴ ^{a}	۴۸/۹^{a}
(FC : Dry)	۱۴/۶۶ ^{b}	۶۹۳/۴۹ ^{bc}	۴۶/۸^{ab}
(1/2 FC : Dry)	۱۸/۶۵ ^{a}	۲۸۱/۷۵ ^{d}	۴۵/۵^{b}
(1/2 FC: 1/2 FC)	۱۴/۵۴ ^{b}	۶۴۰/۶۰ ^{c}	۴۷/۰۰^{ab}

در هر ستون، اعدادی که حداقل در یک حرف مشترک هستند اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون دانکن ندارند.

شاخص کلروفیل در بین تیمارهای مختلف در سطح احتمال ۵٪ دارد. به‌طوری‌که بیشترین مقدار شاخص کلروفیل در تیمار FC: 1/2 FC دیده شد؛ ولی کمترین مقدار این شاخص در تیمار 1/2 FC: Dry مشاهده گردید (جدول ۳). به نظر می‌رسد تحت شرایط تنش خشکی، مقدار رادیکال‌های آزاد اکسیژن افزایش یافته و آنزیم‌های کلروفیلاز و برخی ترکیبات فنولی فعال می‌شوند و باعث تجزیه رنگدانه کلروفیل می‌گردند (۱). دارابی و همکاران (۴) گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی علاوه بر تجزیه کلروفیل‌های موجود، تشکیل کلروفیل‌های جدید نیز با مشکل مواجه می‌شود. به‌طوری‌که گلوتامات پیش‌ماده مشترک سنتز کلروفیل و پرولین بوده و در شرایط تنش خشکی، واکنش به سمت تولید پرولین پیش رفته و از سنتز رنگدانه کلروفیل ممانعت می‌گردد. در شرایط تنش خشکی، شاخص کلروفیل در زیتون کاهش می‌یابد (۲۰).

سطح برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که کاربرد روش خشکی قسمتی از منطقه ریشه تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر سطح برگ در بین تیمارهای مختلف دارد. حداکثر میزان سطح برگ در تیمارهای FC: FC و FC: 1/2 FC بوده و حداقل میزان سطح برگ نیز در تیمار 1/2 FC: Dry مشاهده گردید (جدول ۳). به نظر می‌رسد با افزایش شدت

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.8.7.8]

جدول ۴. تأثیر روش خشکی قسمتی از منطقه ریشه بر میزان پرولین آزاد و مواد جامد محلول توت‌فرنگی رقم سلوا

تیمار	مواد جامد محلول (٪)	پرولین (mmol/g Fwt)
(FC : FC)	۶/۲ ab	۰/۰۰۰۲۸ c
(FC: 1/2 FC)	۵/۷ b	۰/۰۰۰۲۴ c
(FC : Dry)	۷/۰ a	۰/۰۰۰۳۸ bc
(1/2 FC : Dry)	۷/۰ a	۰/۰۰۰۵۴ b
(1/2 FC: 1/2 FC)	۵/۸ b	۰/۰۰۰۸۰ a

در هر ستون، اعدادی که حداقل در یک حرف مشترک هستند اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون دانکن ندارند.

تنش خشکی، ممانعت از رشد سلولی منجر به کاهش توسعه برگ‌ها می‌شود. سطح برگ کمتر موجب جذب آب کمتری از خاک و کاهش تعرق می‌شود. در واقع، محدودیت سطح برگ می‌تواند اولین خط دفاعی برای مقابله با خشکی باشد (۱۰). تحقیقات دیگر نشان داده که با کاربرد روش خشکی قسمتی از منطقه ریشه در توت‌فرنگی، سطح برگ‌ها کاهش می‌یابد (۱۲).

نشت الکترولیت

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که کاربرد روش خشکی قسمتی از منطقه ریشه تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر سطح برگ در بین تیمارهای مختلف دارد. بیشترین میزان نشت الکترولیت در تیمار 1/2 FC: Dry و کمترین میزان نشت الکترولیت در تیمار FC: FC مشاهده شد. بین تیمارهای 1/2 FC: 1/2 FC، FC: Dry و 1/2 FC: 1/2 FC تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). میزان نشت الکترولیت از داخل سلول‌ها به محیط خارج سلولی، نشان‌دهنده میزان آسیب دیدگی غشاء سلولی می‌باشد. به‌طوری‌که با افزایش شدت تنش خشکی، غشاء سلولی آسیب دیده و تراوایی آن افزایش می‌یابد که به دنبال آن، الکترولیت‌ها از داخل سلول به خارج انتشار می‌یابند (۱۵). احتمالاً، علت افزایش نفوذپذیری، تغییر در ساختار چربی‌های موجود در غشای سلولی در شرایط تنش خشکی می‌باشد (۱۴). در اثر تنش خشکی، میزان نشت الکترولیت از برگ‌های فلفل (۱۳) کاهش می‌یابد.

پرولین آزاد

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که کاربرد روش خشکی قسمتی از منطقه ریشه تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر مقدار پرولین آزاد در بین تیمارهای مختلف دارد. به‌طوری‌که بیشترین میزان پرولین در تیمار1/2 FC: 1/2 FC بود و کمترین میزان آن نیز در تیمارهای FC: FC، 1/2 FC: 1/2 FC و FC: Dry مشاهده گردید (جدول ۴). برای تجمع پرولین در گیاه در هنگام تنش خشکی، دلایل مختلفی وجود دارد. مهم‌ترین دلیل در این زمینه، اثر تنظیمی آبسیزیک اسید بر فرآیندهای نوری در متابولیسم پرولین می‌باشد (۲). دلیل دیگر این‌که تنش خشکی از طریق بیان آنزیم‌های بیوسنتزکننده پرولین و کاهش فعالیت آنزیم‌های تخریب پرولین، باعث افزایش پرولین در گیاه می‌شود (۹). آزمایش‌های سوفو و همکاران (۱۶) نشان داد که تحت کاربرد روش خشکی قسمتی ازمنطقه ریشه، غلظت پرولین در ریشه و ساقه توت‌فرنگی افزایش یافت. بنابراین، با کاربرد تکنیک خشکی قسمتی از منطقه ریشه، گیاهان با تولید پرولین یک مقاوت نسبی در مقابل تنش خشکی پیدا می‌کنند.

مواد جامد محلول میوه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که روش خشکی قسمتی از منطقه ریشه تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر مقدار مواد جامد محلول میوه در بین تیمارهای

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.8.7.8]

مختلف دارد. تیمارهای 1/2 FC: Dry و FC: Dry بیشترین مواد جامد محلول را داشتند. رژیم‌های رطوبتی FC: 1/2 FC و 1/2 FC: 1/2 FC کمترین میزان مواد جامد محلول را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). در شرایط تنش خشکی، افزایش غلظت مواد محلول به گیاهان اجازه می‌دهد تا با حفظ آماس برگ و میوه، در شرایط پتانسیل آب کم، به رشد خود ادامه دهند. از دلایل افزایش غلظت مواد محلول میوه می‌توان به افزایش نسبت کربوهیدرات به میوه و کاهش مقدار آب میوه‌ها در این شرایط اشاره نمود (۸).

نتیجه‌گیری

با وجود این‌که روش خشکی قسمتی از منطقه ریشه، رشد گیاه را به‌صورت نسبی تحت تأثیر قرار می‌دهد، ولی گیاهان تحت این تکنیک با ایجاد مکانیسم‌هایی مانند تولید پرولین و کاهش تعداد و سطح برگ، مقاوت چشم‌گیری در مقابل تنش خشکی پیدا می‌کنند. علاوه برآن، با اعمال رژیم‌های رطوبتی FC: 1/2 FC و FC: Dry ضمن به‌دست آوردن به‌ترتیب ۸۳٪ و ۷۶٪ وزن تر میوه، می‌توان میزان آب مصرفی را به‌ترتیب ۲۵٪ و ۵۰٪ کاهش داد و به‌عبارتی کارآیی استفاده از آب را بالا برد.

منابع مورد استفاده

1. Ahmadi, A. and A. Siosehmardeh. 2004. Effect of drought stress on soluble carbohydrate, chlorophyll and proline in four wheat cultivars adapted to different climates of Iran. *Iranian Journal of Horticultural Science* 35(3): 753-763. (In Farsi).
2. Bohnert, H. J., D. E. Nelson and R. G. Jensen. 1995. Adaptation to environmental stresses. *Plant Cell* 7: 1099-1111.
3. Bordonaba, J. and G. Terry. 2010. Manipulating the taste related composition of strawberry fruits from different cultivars using deficit irrigation. *Food Chemistry* 122: 1020-10216.
4. Darabi, M., F. Dashti, M. Gholami, M. R. Mosaddeghi and S. M. Mirfattah. 2011. Effect of drought stress on yield and morphological and physiological characteristics of *Allium ampeloperasum*. *Iranian Journal of Horticultural Science* 42(2): 95-103. (In Farsi).
5. Dry, P. R. and B. R. Loveys. 1998. Factors influencing grapevine vigour and the potential for control with partial root zone drying. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 59: 140-148.
6. Fernandez, J. E., A. D. Espejo, J. M. Infante, P. Duran, M. J. Palomo, V. Chamorro, I. F. Giron and L. Villagarcıa. 2006. Water relations and gas exchange in olive trees under regulated deficit irrigation and partial rootzone drying. *Plant and Soil* 284: 273- 291.
7. Grant, O., A. Johnson, M. Davies, C. James and D. Simpson. 2010. Physiological and morphological diversity of cultivated strawberry in response to water deficit. *Environmental and Experimental Botany* 68: 264-272.
8. Haghighi, M. 2010. Effect of partial root zone drying on water relation, growth, yield and some quantitative characteristics of tomato. *Iranian Journal of Greenhouse Culture Science* 12(2): 26-31. (In Farsi).
9. Heuer, B. 1994. Osmoregulatory role of pralin in water and salt stressed plants. *Handbook of Plant and Crop Stress* 19: 363-481.
10. Kafee, M., E. Zand, B. Kamkar, H. R. Shareefee and M. Goldanee. 2002**.** Stress physiology. PP. 87-96. Plant Physiology. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad. (In Farsi).
11. Kruger, E., G. Schmidt and D. Bruckner. 1999. Scheduling strawberry irrigation based upon tensiometer measurement and a climatic water balance model. *Scientia Horticulturae* 81: 409-424.
12. Liu, F., S. Savic, C. R. Jensen, A. Shahnazari, S. Jacobsen and M. N. Estikic. 2006. Water relations and yield of lysimeter-grown strawberries under limited irrigation. *Scientia Horticulturae* 111: 128-132.
13. Malek Ahmadi, F., K. Manouchehri and M. Torkzadeh. 2006. Effect of drought stress on induction of oxidative stress and element density of pepper plants. *Iranian Journal of Biology* 18(2): 110-119. (In Farsi).
14. Mehrabian, N., M. J. Arvin, G. Khajoui and K. Maghsoudi. 2011. Effect of salicylic acid on growth and forage and grain yield of maize under drought stress in field conditions. *Iranian Journal of Seedling and Seed Breeding* 27(1): 41-55. (In Farsi).
15. Salahvarzi, Y., A. Tehrani far and A. Ghazanchiyan. 2009. Physiomorphological changes under drought stress and rewatering in endemic and exotic turfgrasses. *Iranian Journal of Horticultural Science* 9(3): 193-204. (In Farsi).
16. Sofo, A., B. Dichio, C. Xiloyannis and A. Masia. 2003. Lipoxygenas activity and proline accumulation leaves and roots of olive trees in response to drought stress. *Physiologia Plantarum* 121: 58-65.
17. Stoll, M., B. Loveys and P. Dry. 2000. Hormonal changes induced by partial rootzone drying of irrigated grapevine. *Environmental and Experimental Botany* 51: 1627-1634.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.8.7.8]

18. Terry, L. and J. Bordonaba. 2007. Effect of water deficit irrigation and inoculation with *Botrytis cinerea* on strawberry fruit quality. *Journal of Food Chemistry* 55: 10812-10819.
19. Tabatabaei, S. J. and M. J. Malakouti. 2004. Irrigation. PP. 28-30 Prepare of nutrition and irrigation in greenhouse crops. Sana, Tehran. (In Farsi).
20. Zarabi, M. M., A. Talaei, A. Soleymani and R. Haddad. 2011. Physiological role and biochemical exchanges of six cultivars of olive under drought stress. *Iranian Journal of Horticultural Science* 24(2): 234-244. (In Farsi).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1392.3.8.7.8]