تأثیر خشکی موضعی منطقه ریشه (PRD) بر روابط آبی، رشد، عملکرد و برخی ویژگی‌های کیفی گوجه‌فرنگی

مریم حقیقی[۱*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۱۰/۲۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۵/۱۸)

چکیده

کاهش میزان بارندگی و کمبود منابع آب خسارات زیادی بر بخش کشاورزی وارد کرده است. لذا استفاده از روش‌های نوین جهت استفاده بهینه از منابع آب ضروری به نظر می‌رسد. در این تحقیق، روش آبیاری PRD و اثر آن بر رشد گوجه‌فرنگی در مقایسه با روش معمول آبیاری بررسی شد. نتایج آزمایش افزایش کارایی مصرف آب گیاه و افزایش مواد جامد محلول را در تیمار PRD نشان داد، در حالی که رنگ، تعداد میوه، وزن خشک و تر ریشه و میزان عارضه پوسیدگی گلگاه بین دو تیمار تفاوت معنی‌داری نداشت. وزن خشک اندام هوایی و میوه در تیمار PRD کاهش یافته است. میزان میوه‌های‌دارای پوسیدگی گلگاه در تیمار PRD حدود ۷/۸٪ و در شاهد ۲/۶٪ بود. با وجود کاهش وزن تر و خشک میوه و اندام هوایی، شاخص برداشت، پتانسیل آب گیاه و محتوای آب میوه، با توجه به کاهش ۵۰ درصدی مقدار آب مصرفی، استفاده از روش PRD مقرون به صرفه است. توزیع میوه قرمز و نرخ رسیدگی در تیمار PRD بیشتر بود، که این نکته را می‌توان در استفاده از ماشین‌های برداشت و برنامه ریزی تاریخ برداشت مد نظر داشت.

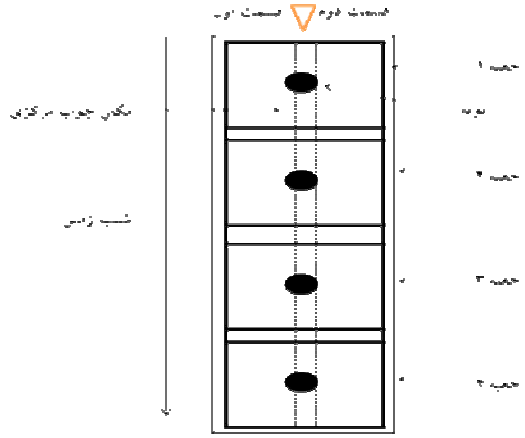
واژه‌های کلیدی: پتانسیل آب، پوسیدگی گلگاه، درصد مواد جامد محلول، تنش خشکی، کلسیم

مقدمه

تولید گوجه‌فرنگی در ایران، با سطح زیر کشت ۱۵۰ هزار هکتار، در حدود ۵ میلیون و ۲۵۰ هزار تن در سال ۱۳۸۶ بود که رتبه پنجم جهانی را برای ایران در برداشت. اما بحران کم آبی در سال ۱۳۸۷ باعث شد که تولید گوجه‌فرنگی در بعضی از استان‌ها از جمله خراسان به میزان زیادی کاهش یابد (۱). جهت استفاده بهینه از منابع آب، روش‌های مختلف آبیاری گسترش یافته است که رایج‌ترین آنها در ایران، آبیاری تحت فشار قطره‌ای می‌باشد. یکی دیگر از روش‌های مؤثر، روش (Partial Rootzone Drying) (PRD) است که در این روش فقط قسمتی از ریزوسفر ریشه با درصدی از آب آبیاری به روش معمول، آبیاری می‌شود و به طور متناوب پس از این‌که قسمت باقی‌مانده ریشه به مقدار مشخصی از رطوبت رسید تناوب آبیاری عوض می‌شود (۱۶). این روش آبیاری در باغ‌های انگور توسط لاویز و همکاران (۱۱) استفاده شد و باعث صرفه‌جویی بیش از ۵۰٪ آب با حفظ محصول قابل قبول گردید. کنگ و همکاران (۸) افزایش محصول در روش PRD نسبت به آبیاری معمول در گلابی را مشاهده کردند. گلدهمر و همکاران (۶) با استفاده از این روش در هلو نقصانی در کمیت و کیفیت محصول مشاهده نکردند. زقبه و همکاران (۱۷) نیز با

۱.استادیار بخش باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: haghighi@shirazu.ac.ir



شکل۱. نحوه پیاده کردن تیمار PRD توسط جعبه‌های کاشت در گلخانه

کاربرد این روش در مراحل فنولوژیک خاصی از رشد گوجه‌فرنگی علاوه بر صرفه‌جویی آب آبیاری کاهش محصول را فقط در مرحله میوه بندی مشاهده کردند. اما این اثر در مراحل پایانی رشد و زمان برداشت کمتر بود. آنها هم‌چنین افزایش رنگ، مواد جامد محلول و ماده خشک را در بیشتر تیمارهای اعمال شده در مراحل مختلف رشد گزارش کردند. کارایی مصرف آب، تعداد میوه، وزن تر، وزن خشک و شاخص برداشت نیز در تیمار PRD اعمال شده قبل از میوه بندی با تیماری که به طور کامل آبیاری شده بود، تفاوتی نداشت (۱۶). لذا هدف از این تحقیق استفاده از تیمار PRD در تمام دوره رشد گوجه‌فرنگی و بررسی تغییرات کمی و کیفی میوه و پتانسیل آب گیاه مرتبط با محتوای آب خاک بود تا از این طریق سودمندی استفاده از این روش تحت شرایط بحران کم آب و استفاده بهینه از منابع آبی موجود بررسی شود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در گلخانه‌های تحقیقاتی دانشگاه مسی نیوزلند (عرض جغرافیایی ′ ۲ °۴۰ جنوبی و طول جغرافیایی ′۴ °۱۷۵ شرقی) در دمای ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد (کنترل شده توسط دستگاه تهویه و سیستم گرمایش) انجام شد. گیاهچه‌های یکنواخت به ۱۲ جعبه چوبی که هر یک شامل ۴ قسمت بودند منتقل شدند (شکل ۱).

ابعاد جعبه‌ها ۲/۵۳ متر طول، ۰/۶۵ متر عرض و ۰/۲ متر ارتفاع بود و هر یک از قسمت‌ها ۰/۶۰ متر طول، ۰/۶۰ متر عرض و ۰/۲۰ متر ارتفاع داشت. برای جلوگیری از حرکت جانبی آب در بخش مرکزی و انتهایی جعبه‌ها، قطعه چوبی به ابعاد ۰/۶۰ متر طول، ۰/۰۲۵ متر عرض و ۰/۰۵ متر ارتفاع قرار داده شد. جعبه‌ها توسط پلاستیک سیاه پلی اتیلنی پوشانده شدند و دارای سوراخ‌هایی در قسمت تحتانی برای زهکشی بودند. بستر شامل پوست درخت، پومیس و پیت با نسبت حجمی ۶:۳:۱ بود. تیمارها به صورت شاهد در حد ظرفیت زراعی (که تقریباً معادل ۴ لیتر آب در هر بار آبیاری به کل حجم ریشه) و PRD به صورت آبیاری زمانی که رطوبت خاک به ۳۰٪ ظرفیت زراعی می‌رسید، اعمال شد تا رطوبت حجمی خاک به ظرفیت زراعی(اندازه‌گیری شده پس از آبیاری توسط TDR) برسد که تقریباً معادل ۲ لیتر آب فقط به یک سمت ریشه در هر دور آبیاری شد.

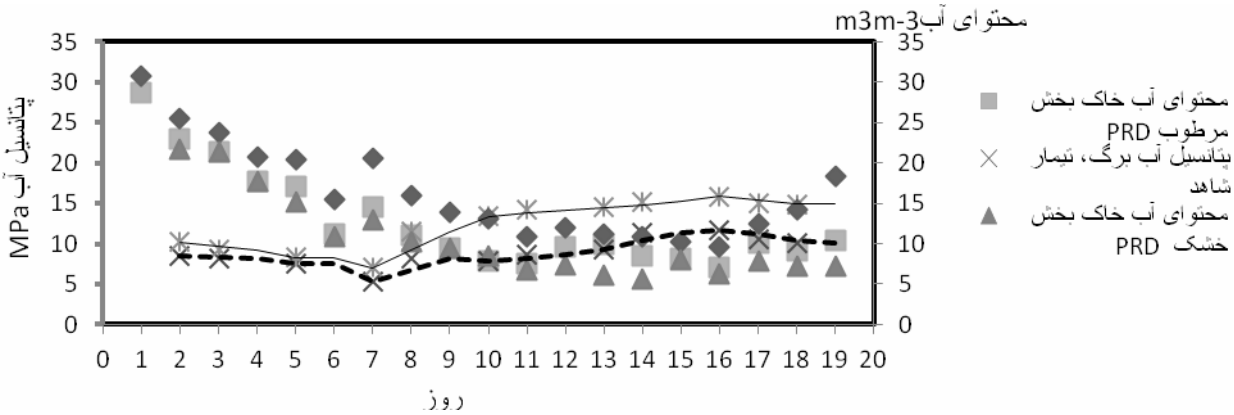
محتوای آب خاک (Volumetric water content) (رطوبت حجمی خاک) در شاهد و دو سمت ریشه PRD به روش ذکر شده توسط دستگاه پرتابل TDR (مدل IRAMS 6000) در عمق ۰/۲۰ متر و با فاصله ۰/۰۵ متر از دیواره‌های جعبه‌های کاشت اندازه‌گیری شد. پتانسیل آب برگ توسط دستگاه بمب فشاری (Scholander Pressure Bomb) توسط برگی که کمتر از ۶ ثانیه قبل از گیاه جدا شده بود سنجیده شد.

پس از برداشت هر میوه جهت تعیین مواد جامد محلول میوه از رفرکتومتر (مدل (ATC-1Atago, Japan)) استفاده شد.

برداشت محصول در زمان‌های ۵۸، ۶۴، ۶۵، ۶۹، ۷۲ و ۷۳ روز از شروع میوه‌دهی با اندازه‌گیری وزن تر جهت بررسی نرخ رسیدگی میوه‌ها به ازای روز صورت گرفت.

رنگ پوست میوه با استفاده از کرومومتر (CR - 200: Minolta, Osaka, Japan) Chromameter)) در چهار جهت میوه به فاصله هر ۲ روز پس از برداشت میوه‌ها اندازه‌گیری شد.

در هر مرحله برداشت، کلیه میوه‌ها پس از شمارش و تعیین مرحله فیزیولوژیک (سبز (Green)، سبز بالغ (Mature Green)،



شکل۲. تغییرات پتانسیل آب برگ و رطوبت حجمی خاک در تیمارهای PRD و شاهد در طول آزمایش

قرمز (Red)) وزن شده و میزان مواد جامد محلول و وجود عارضه پوسیدگی گلگاه آنها ثبت شد. سپس به آون با دمای ۷۱ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. پس از ثابت شدن وزن، جهت تعیین وزن خشک توزین مجدد صورت گرفت و محتوای آب بر اساس تفاضل وزن تر و خشک محاسبه شد.

جهت اندازه‌گیری رشد میوه، دو گل کاملاً باز شده از دو واحد آزمایشی در هر تکرار علامت گذاری شد و با شروع میوه بندی با استفاده از کالیپر (Mitutoyo Corp., Japan) Caliper)) قطر در دو جهت میوه دو بار در هفته اندازه‌گیری شد.

شاخص برداشت، بر اساس کیلوگرم میوه به ازای هر بوته، از تقسیم وزن خشک به وزن تر کل محصول حاصل از هر تک بوته محاسبه شد. کارایی مصرف آب گیاه (Water Use Efficiency) از تقسیم مقدار آب مصرفی در طی دوره رشد به ازای وزن خشک محاسبه شد.

آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی با ۶ تکرار و ۴ واحد آزمایشی در هر تکرار پیاده شد. آنالیز داده‌ها با نرم افزارهای SAS و Statistix و مقایسه میانگین‌ها توسط T-Test صورت گرفت.

نتایج

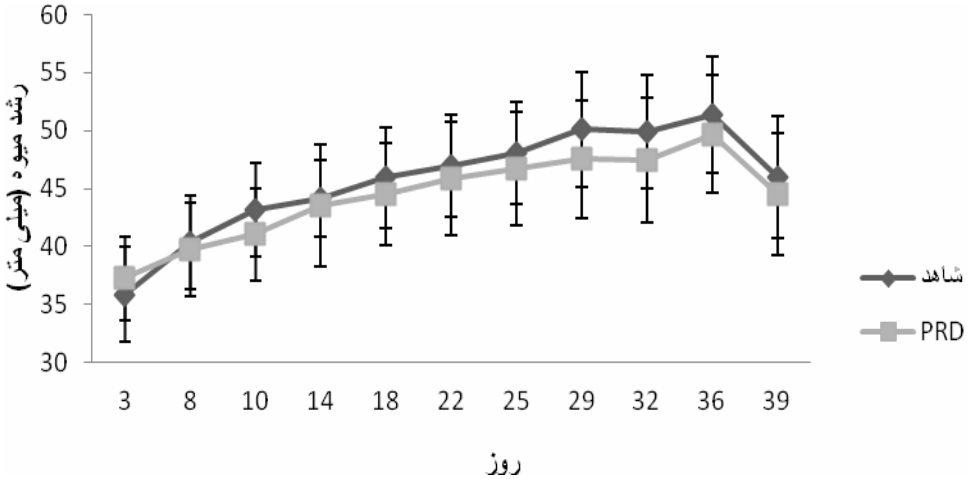
محتوای آبی خاک و وضعیت آبی گیاه

محتوای آبی خاک در تیمار PRD نسبت به شاهد در تمام طول دوره رشد کمتر بود (شکل ۲). محتوای آبی خاک در تیمار PRD در دو سمت مرطوب و خشک متفاوت و میانگین آن بیش از ۲۲/۳۶ m^3/m^3 و کمتر از ۶/۶۴ m^3/m^3 نبود. حداقل و حداکثر محتوای آب بخش خشک PRD ۲۱/۷۵ و۶/۷ و بخش مرطوب آن ۲۸/۷۴ و ۷/۵۹ و محتوای آب شاهد در محدوده ۳۰/۷۵ و ۹/۶ بود. پتانسیل آب برگ در تیمار PRD نیز منفی‌تر از شاهد و تفاوت آنها در اکثر روزها معنی‌دار بود. خصوصاً هر چه به انتهای دوره رشد و گرمتر شدن هوا نزدیکتر می‌شد، این تفاوت افزایش می‌یافت. کارایی مصرف آب در تیمار PRD، ۶٪ بیشتر از تیمار شاهد بود.

تغییرات کمی میوه

نرخ رشد و نمو میوه و تغییرات وزن تر: در تغییرات نرخ رشد میوه که طی ۳۸ روز اندازه‌گیری شد (شکل۳) تفاوت معنی‌داری بین نرخ رشد میوه تحت تیمار PRD با شاهد دیده نشد. تعداد کل میوه بدون در نظر گرفتن میوه‌های دارای عارضه پوسیدگی گلگاه در شاهد ۶۴۰ و در تیمار PRD ۵۳۸ و وزن تر میوه‌ها در تیمار شاهد بیش از PRD بود (جدول۱). این افزایش وزن به دلیل افزایش وزن میوه‌های سبز و سبز بالغ بود، اما وزن میوه‌های قرمز تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۴).

عملکرد و درصد توزیع ماده خشک: وزن خشک میوه در تیمار شاهد بیش از PRD بود و محتوای آب میوه‌های شاهد و

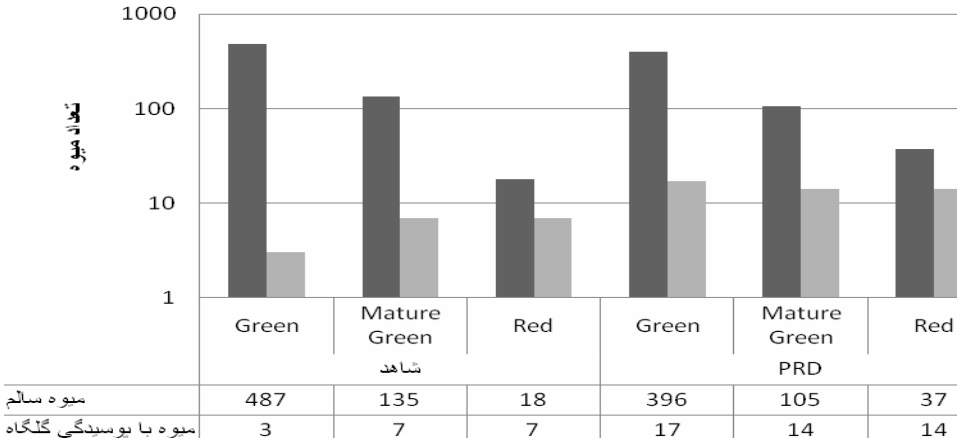


شکل۳. نرخ رشد میوه در تیمار PRD در مقایسه با شاهد

جدول ۱. توزیع میوه قرمز و پوسیدگی گلگاه، تعداد، وزن، رنگ و شاخص برداشت میوه تحت تیمار PRD

تیمار	مواد جامد محلول (٪)	شاخص برداشت	رنگ	تعداد میوه	توزیع پوسیدگی گلگاه (٪)	توزیع میوه قرمز (٪)
شاهد	۵/۹b	۰/۵۵a	۶۱/۰۲a	۶۴۰a	۲a	۲b†
PRD	۷/۴۴a	۰/۴۳a	۵۷/۸۷b	۵۳۸a	۸a	۶a
سطح معنی‌داری	۰/۰۰۰	۰/۲۴	۰/۰۰۰	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۰۴

†: حروف یکسان سطح معنی‌داری مشابهی را توسط آزمون T-Test در هر ستون نشان می‌دهد.



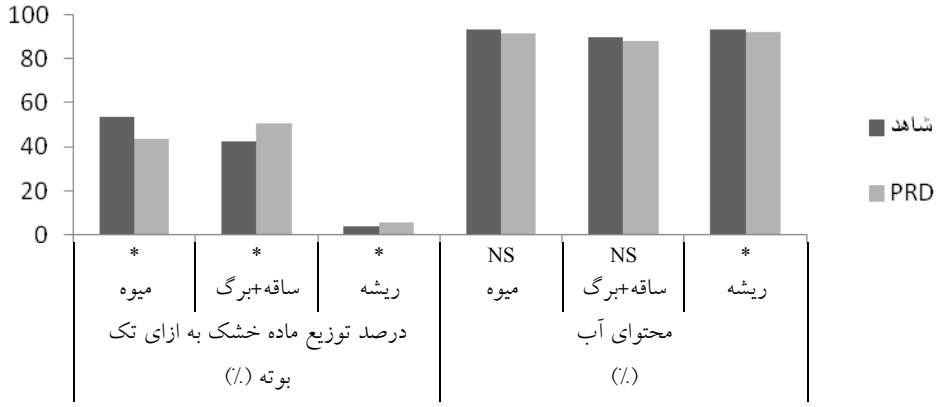
شکل۴. تعداد میوه سالم و یا دارای عارضه پوسیدگی گلگاه در مراحل فیزیولوژیک رشد میوه تحت تیمار PRD در مقایسه با شاهد

درصد توزیع ماده خشک بیش از PRD بود. وزن تر و خشک و محتوای آب و درصد توزیع ماده خشک ساقه در تیمار PRD کمتر از شاهد بود. وزن خشک و تر ریشه بین دو تیمار تفاوت معنی‌داری نداشت، اما محتوای آب ریشه در تیمار شاهد بیشتر بود. درصد توزیع ماده خشک در ریشه در تیمار شاهد و PRD بیشتر بود (جدول ۲ و شکل ۵).

جدول ۲. وزن تر و خشک و توزیع ماده خشک قسمت‌های مختلف گیاه تحت تیمار PRD در مقایسه با شاهد

	PRD		شاهد	
	وزن تر (g)	وزن خشک (g)	وزن تر (g)	وزن خشک (g)
میوه	۱۲۶۷/۵۲b	۱۱۱/۹۵b	۲۹۴۹/۹۴a†	۲۰۶/۳۰۸a
ساقه+برگ	۱۰۶۱b	۱۲۵/۴۳b	۱۵۵۱/۱۶a	۱۵۶/۴۷۹a
ریشه	۱۷۸/۵۶a	۱۳/۵۳a	۲۰۴/۴۴a	۱۴/۲۹۹a

† : حروف یکسان سطح معنی‌داری مشابهی را توسط آزمون T-Test در هریک از اندام‌ها بین دو تیمار نشان می‌دهد.



شکل۵ . درصد توزیع ماده خشک و درصد محتوای آب بخش‌های مختلف گیاه تحت تیمار PRD در مقایسه با شاهد

* : معنی دار در سطح ۵٪ و NS: بدون تفاوت معنی‌دار

تغییرات کیفی میوه

میزان مواد جامد محلول کل: درصد مواد جامد محلول میوه در تیمار PRD نسبت به شاهد بیشتر بود. به طوری‌که در تیمار PRD، ۷/۴۴٪ و در شاهد ۵/۹۰٪ بود (جدول ۱).

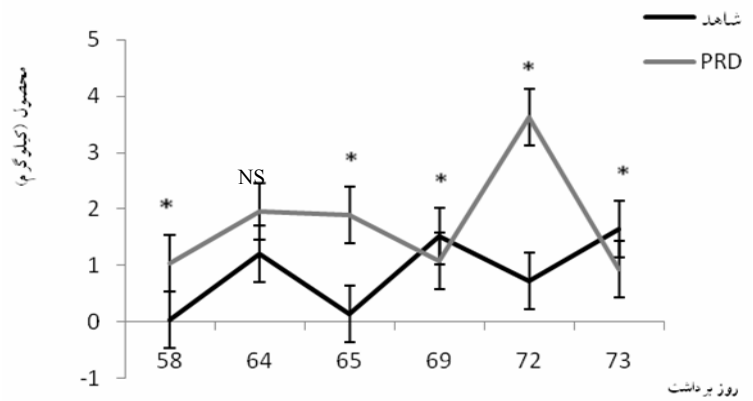
تغییرات رنگ میوه: در طول یک هفته، رنگ هر ۲ روز یکبار اندازه‌گیری شد. اولین روز پس از برداشت، رنگ میوه‌های دو تیمار تفاوت معنی‌داری نداشت. اما در روزهای ۳ و ۵ میزان رنگ میوه‌های تیمار PRD کمتر از شاهد بود و به طور کلی میزان رنگ میوه‌های هر دو تیمار با گذشت زمان کاهش یافت. به ویژه، در دومین روز اندازه‌گیری نسبت به روز اول افت بیشتری نسبت به سایر روزها داشت (جدول ۱).

نرخ رسیدگی: میزان محصول برداشت شده در روزهای ۵۸، ۶۴، ۶۵، ۶۹، ۷۲ و ۷۳ از شروع میوه‌دهی نشان داد که رسیدگی میوه در تیمار PRD با سرعت بیشتری صورت می‌گیرد (شکل ۶) و از نوسانات کمتری برخوردار است.

غلظت کلسیم در اندام‌های مختلف و میزان عارضه پوسیدگی گلگاه: میزان کلسیم در برگ و ریشه تحت تأثیر کمبود آبیاری در تیمار PRD قرار نگرفته است. اما میوه‌ها در این تیمار دارای غلظت کلسیم کمتری نسبت به شاهد بودند. تفاوتی در میزان کلسیم میوه‌های سالم و دارای پوسیدگی گلگاه در تیمار PRD وجود نداشت (شکل ۷).

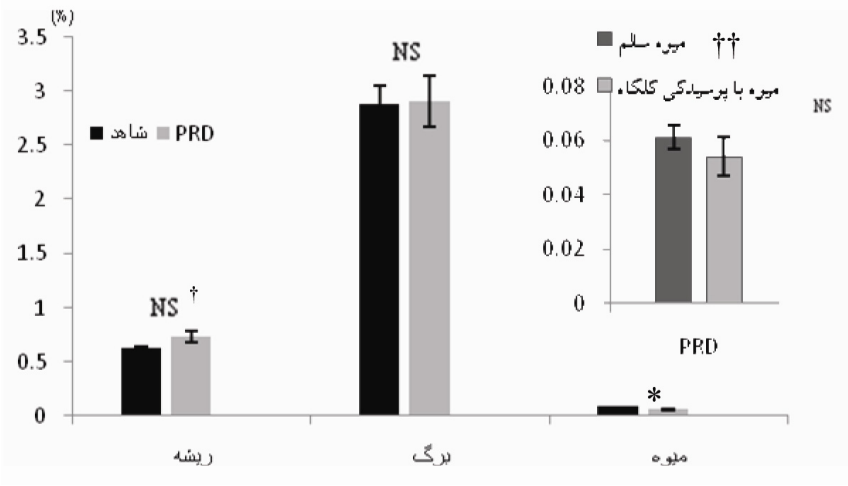
بحث

کاهش محتوای آب خاک در تیمار PRD به اندازه‌ای است که باعث کاهش پتانسیل آب گیاه نسبت به شاهد می‌شود. از طرفی



شکل۶ . نرخ رسیدگی میوه برحسب میزان محصول طی ۶ زمان برداشت (روز) تحت تیمار PRD در مقایسه با شاهد

*: معنی‌دار در سطح ۵٪ و NS: بدون تفاوت معنی‌دار



شکل۷. غلظت کلسیم در برگ، میوه و ریشه تحت تیمار PRD در مقایسه با شاهد

*: معنی‌دار در سطح ۵٪ و NS بدون تفاوت معنی‌دار

††: غلظت کلسیم در میوه سالم و دارای پوسیدگی گلگاه درمیوه‌های تحت تیمار PRD

در هر دو تیمار در طی فصل رشد پتانسیل آب برگ سیر نزولی دارد. میوه، مخزن قوی‌تری برای جذب آب نسبت به بخش رویشی است (۳). لذا رقابت برای جذب آب بین بخش رویشی و زایشی و افزایش میزان تعرق گیاه به خاطر افزایش دما در اواخر رشد ممکن است دلیل کاهش پتانسیل آب برگ باشد و از آنجایی که در تیمار PRD محتوای آبی که در دسترس گیاه قرار می‌گیرد ۵۰٪ کمتر از شاهد است باعث کاهش مضاعفی در پتانسیل آب برگ‌های این تیمار نسبت به شاهد شد.

با کاهش پتانسیل آب برگ‌ها و گیاه در تیمار PRD، وزن و درصد توزیع ماده خشک میوه و ساقه نیز کاهش یافت. این نتایج ظاهراً مغایر با نتایج حاصله توسط زقبه و همکاران (۱۷) است. زقبه و همکاران (۱۷) دلیل عدم تغییر وزن و درصد توزیع ماده خشک را افزایش ریزش گل‌ها در تیمار PRD نسبت به شاهد و کاهش تعداد میوه در این تیمار دانستند. اما با توجه به این که در این تحقیق تعداد میوه در PRD و در شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۱)، کاهش وزن و توزیع ماده خشک در تیمار PRD منطقی است. طبق نظر این محققین، دلیل افزایش مواد جامد محلول کاهش تعداد میوه و افزایش نسبت کربوهیدرات به میوه موجود در PRD است. در پژوهش حاضر نیز علاوه بر دلایل ذکر شده، کاهش محتوای آب میوه‌ها در

تیمار PRD (شکل ۵) عامل دیگری می‌باشد که در این آزمایش با توجه به عدم تغییر معنی‌دار تعداد میوه، کاهش محتوای آب میوه‌ها عامل مهمتری است. البته دلیل کاهش میوه در تیمار PRD، افزایش سقط گل همراه با کاهش پتانسیل آب برگ در مرحله رشد زایشی گیاه است و کاهش پتانسیل آب باعث کاهش غذارسانی در این مرحله و نهایتاً سقط گل و کاهش میوه می‌شود (۹). کاهش میزان آب آبیاری و به دنبال آن کاهش محتوای آب خاک و پتانسیل آب برگ باعث کاهش یکی از فاکتورهای لازم برای رشد گیاه و در نتیجه کاهش وزن میوه و ساقه شده است. از آنجایی که محتوای آب نیز کاهش یافته است نشان دهنده اثر کاهش آب آبیاری بر محتوای آب قسمت‌های مختلف گیاه است و اگرچه وزن خشک نیز در ساقه و در میوه کاهش یافته است اما شدت کاهش در میوه ۱۰٪ و در ساقه ۸٪ بوده است. پس این نشان می‌دهد که میوه مخزن قوی‌تری برای جذب آب است و در شرایط کمبود آب بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

وزن خشک و تر ریشه تحت تأثیر کم آبی در تیمار PRD قرار نگرفته است و تفاوتی با شاهد نشان نداد. توزیع وزن خشک ریشه در تیمار PRD افزایش یافت. ریشه‌هایی که در مدتی از رشد خود تحت تأثیر خشکی در تیمار PRD بودند با تعویض جهت آبیاری و در معرض رطوبت قرار گرفتن رشد سریعتری (۵) همراه با افزایش هدایت هیدرولیکی داشتند (۴). افزایش نرخ جذب آب تا ۲ برابر حد معمول در گلابی‌های تحت تیمار PRD گزارش شده است. این افزایش توسط ریشه‌هایی که مدتی تحت تیمار خشکی بوده و دوباره آبیاری شده است صورت می‌گیرد (۸) و این عامل اصلی جهت ماندن گیاه در وضعیت آبی مورد نیاز و تولید مطلوب حتی زمانی که نیمی از آب مورد نیاز خود را دریافت می‌کند می‌باشد (۱۴). اگرچه در گوجه‌فرنگی این خاصیت ریشه به طور کامل نتوانسته است نیاز آبی گیاه را در ۵۰٪ آب مورد نیاز گیاه تأمین کند و محصولی شبیه شاهد تولید کند اما نشان می‌دهد میزان کاهش محصول به نسبت به شدت کاهش ۵۰ درصدی آب آبیاری بسیار کمتر می‌باشد. در تغییرات نرخ رشد میوه که در طی ۳۸ روز که قطر اندازه‌گیری شد تفاوتی بین دو تیمار نبود. یعنی کاهش نرخ رشد میوه احتمالاً فقط در زمان تقسیم سلولی بوده و کاهش وزن میوه در تیمار PRD نسبت به شاهد هم به علت کاهش تقسیم سلولی در مراحل اولیه تشکیل میوه بوده است نه طویل شدن و تمایز سلول‌ها که در ادامه رشد اندازه‌گیری شد. اما به طور کلی آزمون T-Test در میوه‌های انتخاب شده روی بوته مشخص کرد که تفاوتی بین PRD و شاهد در سرعت رشد و قطر میوه وجود ندارد.

کیفیت میوه‌های تحت تیمار PRD با میوه‌های تحت تیمار آبیاری کامل برابری کرده و از بعضی جنبه‌ها نیز بهتر بود. میزان مواد جامد محلول در میوه‌های تحت تیمار PRD افزایش یافت. کاهش محتوای آب میوه و افزایش هیدرولیز نشاسته به قند (۱۰) باعث افزایش مواد جامد محلول کل شد. اسکوربیک اسید که یکی از مهمترین منابع ویتامین ث است همبستگی بالایی (r^2>90%) با افزایش مواد جامد محلول در فلفل از خانواده سولاناسه داشته است (۱۲). بنابراین افزایش میزان مواد جامد محلول هم‌زمان با کاهش محتوای آب میوه در تیمار PRD دارای فواید دیگری چون افزایش ارزش غذایی یکی دیگر از میوه‌های این خانواده یعنی گوجه‌فرنگی است. میزان رنگ پس از برداشت در دو تیمار پس از ۳ و ۵ روز نسبت به زمان برداشت کاهش داشت. تولید رنگ با تغییرات اتیلن و تنفس همبستگی دارد و در فلفل افزایش میزان اتیلن داخلی هم‌زمان با افزایش رنگ دیده شد (۷). اما از آنجایی که در گوجه‌فرنگی تولید اتیلن و تنفس پس از برداشت تغییر محسوسی نداشت (داده‌ها نشان داده نشده است)، لذا تنها اتیلن درونی دلیل بر افزایش رنگ میوه‌ها و افزایش سرعت رسیدگی میوه‌ها مانند آنچه در فلفل گزارش شده است، نمی‌باشد (۱۵). پژوهش‌ها ثابت کرده است که غلظت آبسیسیک اسید (ABA) در فلفل هنگام تنش آبی افزایش می‌یابد و اهمیت نقش ABA در افزایش رنگ و رسیدگی فلفل را نشان می‌دهد (۱۳). لذا افزایش ABA در تیمار PRD و نقش آن در افزایش رنگ در

گوجه‌فرنگی نیز محتمل است. اما از آنجایی که میزان ABA اندازه‌گیری نشد نمی‌توان این مطلب را به طور یقین بیان نمود.

کاهش میزان آب آبیاری در تیمار PRD باعث افزایش عارضه پوسیدگی گلگاه شد. اگرچه تعداد میوه‌های دارای پوسیدگی گلگاه در PRD حدوداً ۳ برابر شاهد بود، اما تفاوت آنها به دلیل واریانس داده‌ها معنی‌دار نبود. میزان آن در تیمار PRD حدود ۷/۸٪ و در شاهد ۲/۶٪ بود ولی بیشترین آن متعلق به میوه‌های قرمز در تیمار PRD با نسبت ۵/۳۷ و کمترین آن مربوط به میوه‌های سبز شاهد با نسبت ۰/۰۰۶ بود. بیشترین تفاوت در تعداد میوه‌های دارای پوسیدگی گلگاه در مرحله فیزیولوژیک میوه‌های سبز بود. این مطلب نشان دهنده حساس بودن میوه‌های گوجه‌فرنگی به کمبود میزان آب در ابتدای مرحله رشد یعنی سبز بودن میوه‌هاست. کمترین تفاوت در تعداد میوه‌های دارای این عارضه و در نتیجه کمترین اثر گذاری کمبود آب بر میوه‌ها و ایجاد عارضه پوسیدگی گلگاه، مرحله انتهای رشد میوه، یعنی میوه‌های قرمز، است. به طور کلی روند تغییر میزان پوسیدگی گلگاه در شاهد و PRD در طی مراحل رشد میوه به ترتیب افزایشی و کاهشی است (شکل ۴). میزان ۲/۶٪ پوسیدگی گلگاه در تیمار شاهد نشان دهنده حساسیت این رقم به این عارضه است و افزایش آن به ۷/۸٪ در تیمار PRD احتمالاً به خاطر کاهش غلظت کلسیم تحت تأثیر شرایط کمبود آب است (۲). در این آزمایش نیز اگرچه تفاوت پوسیدگی گلگاه مشاهده شده بین دو تیمار معنی‌دار نبود اما همین افزایش در تیمار PRD نیز به دلیل کاهش قابلیت دسترس بودن کلسیم است زیرا میزان کلسیم در برگ و ریشه تحت تأثیر کمبود آبیاری در تیمار PRD قرار نگرفته است. اما میوه‌های این تیمار غلظت کلسیم کمتری نسبت به شاهد داشتند. به نظر می‌رسد در تیمار PRD علاوه بر کمبود کلسیم که در تمامی میوه‌ها نسبت به شاهد وجود داشت عامل دیگری نیز جز مقدار کلسیم در ایجاد این عارضه نقش دارد، زیرا تفاوتی در میزان کلسیم میوه‌های سالم و دارای پوسیدگی گلگاه در تیمار PRD وجود نداشت (شکل ۷).

این مقدار پوسیدگی گلگاه در گوجه‌فرنگی کمتر از مقدار گزارش شده (۱۱٪) در فلفل توسط درجی و همکاران (۴) است و بیان کننده حساس‌تر بودن فلفل نسبت به گوجه‌فرنگی به کمبود آب و ایجاد پوسیدگی گلگاه است.

نتیجه‌گیری

اگرچه عملکرد (وزن تر) گوجه‌فرنگی در تیمار PRD در پایان آزمایش کمتر از شاهد بود اما از آنجایی که این رقم بیشتر برای تولید رب به کار می‌رود و میزان رنگ و درصد مواد جامد محلول از اهمیت بیشتری در این صنعت برخوردار است و از طرفی کاهش محتوای آب میوه انرژی لازم برای تغلیظ گوجه‌فرنگی و تولید رب را کاهش می‌دهد، بنابراین کاهش محتوای آب میوه که دلیل اصلی کاهش عملکرد می‌باشد نیز در اینجا مطلوب است. با وجود مشاهده پوسیدگی گلگاه، میزان عملکرد درحد قابل قبول و تجاری می‌باشد و نشان دهنده حساسیت این رقم به کاهش کلسیم است.

با کاهش ۵۰ درصدی آب آبیاری و افزایش ۶ درصدی کارایی مصرف آب، افزایش کیفیت میوه و مزایای کاربرد این روش در استفاده از میوه در صنایع تبدیلی، به کار بردن روش PRD در تولید گوجه‌فرنگی توصیه می‌شود.

افزایش نرخ رسیدگی و نرخ تولید میوه‌های قرمز در میوه‌های تحت تیمار PRD نشان داد که میوه‌های تحت این تیمار سریعتر رسیده و قرمز می‌شوند و استفاده از این روش در تولید میوه زودرس و فرستادن زودتر آن به بازار مفید می‌باشد. هم‌چنین امکان رسیدن هم‌زمان میوه‌ها افزایش یافته و در نیروی کار لازم برای برداشت صرفه‌جویی می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. سبحانی، ع. ۱۳۸۷. کنگره ملی فناوری تولید و فناوری گوجه‌فرنگی. به نقل از خبرگزاری دانشجویان ایران (ایسنا)، مشهد.

2. Adam, P. and L. C. Ho. 1992. The susceptibility of modern tomato cultivars to blossom-end rot in relation to salinity. J. Hort. Sci. 67: 827-839.
3. Chalmer, D. J. 1989. A physiological examination of regulated deficit irrigation. New Zeal. J. Agric. Sci. 23: 44-48.
4. Dorji, K., M. H. Behboudian and J. A. Zegbe-Dominguez. 2005. Water relations, growth, yield and fruit quality of hot pepper under deficit irrigation and partial rootzoone drying. Scientia Hort. 104: 137-149.
5. Gersani, M. and T. Sachs. 1992. Development correlations between roots in heterogeneous environments. Plant Cell and Environ. 15: 463–469.
6. Goldhamer, D. A., M. Salinas, C. Crisosto, K. R. Day, M. Soler and A. Moriana. 2002. Effects of regulated deficit irrigation and partial rootzoone drying on late harvest peach tree performance. Acta Hort. 592: 343-350.
7. Gross, K. C., A. E. Watada, M. S. Kang, S. D. Kim, K. S. Kim and S. W. Lee. 1986. Biochemical change associated with the ripening of hot pepper fruit. Physiologia Plantarum 66: 31-36.
8. Kang, S. Z., X. T. Hu, I. Goodwin, P. Jirie and J. Zhang. 2002. Soil water distribution, water use and yield response to partial rootzoone drying under flood-irigation condition in a pear orchard. Scientia Hort. 92: 277-291.
9. Katerji, N., M. Mastorilli and A. Hamdy. 1993. Effects of water stress at different growth stages on pepper yield. Acta Hort. 355: 165-171.
10. Kramer, P.J. 1983. Water relation of plants. Academic Press, London, 264p.
11. Loveys, B. R., P. R. Dry, M. Stoll and M. G. McCarthy. 2000. Using plant physiology to improve the water use efficiency of horticultural crops. Acta Hort. 537: 187-197.
12. Niklis, N. D., A. S. Simson and E. M. Sfakiotakis. 2002. Ascorbic acid, soluble solid and dry matter content in sweet pepper fruit: changes during ripening. J. Veg. Crop Prod. 8: 41-51.
13. Serrano, M., M. C. Martinez-Madrid, F. Riquelme and F. Romojaro. 1995. Endogenous level of polyamines and absesic acid in pepper fruit during growth and ripening. Pysiol. Plant. 95: 73-76.
14. Tan, C. S., A. Cornelisse and B. R. Buttery. 1981. Transpiration, stomatal conductance, and photosynthesis of tomato plants with various proportions of root system supplied with water. J. Am. Hort. Sci. 106: 147–151.
15. Villavicencio, L. E., S. M. Blankenship, D. C. Sanders and W. H. Swallow. 2001. Ethylene and carbon dioxide concentrations in attached fruits of pepper cultivars during ripening. Sci. Hort. 91: 17-24.
16. Zegbe, J. A., M. H. Behboudian and B. E. Clothier. 2007. Reduced irrigation maintains photosynthesis, growth, yield and fruit quality in ‘Pacific Rose’ apple. J. Sustainable Agric. 30(2): 125-136.
17. Zegbe-Dominguez, J. A., M. H. Behboudian, A. Lang and B. E. Clothier. 2003. Water relations, growth and yield of processing tomatoes under partial rootzoone drying. J. Veg. Crop Prod. 9(2): 31-40.