Archive of SID

رشد ریشه، عملکرد و اجزای عملکرد گوجه فرنگی در تنش خشکی

هادی دهقان، امین علیزاده[۱*]، کاظم اسماعیلی و سید حسین نعمتی

دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
Dehghan63.ha@gmail.com
استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
Alizadeh@gmail.com
دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
kazem.esmaili@gmail.com
استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
Nematish@yahoo.com

چکیده

تنش خشکی یکی از مشکلات اصلی تولید فرآورده‌های کشاورزی در بسیاری از نقاط دنیا و به ویژه مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران است. مطالعات زیادی در ارتباط با رشد ریشه گیاهان مختلف انجام شده است، اما اطلاعات در مورد رشد ریشه گوجه فرنگی محدود می‌باشد. در این پژوهش تأثیر تنش خشکی بر رشد ریشه، عملکرد، اجزای عملکرد گوجه فرنگی در شرایط گلخانه‌ای بررسی شد. تنش خشکی در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار آبیاری شامل ۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی و سه تکرار اعمال گردید. در انتهای فصل رشد صفاتی همچون وزن میوه، قطر میوه، تعداد میوه، وزن خشک اندام هوایی، حجم ریشه، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه و طول ریشه اندازه‌گیری شد. به طور کلی، تنش خشکی بر عملکرد، اجزاء عملکرد و خصوصیات ریشه گوجه فرنگی در سطح احتمال ۱٪ اثر معنی‌دار داشت. بیشترین میانگین وزن میوه (۶۰۲/۵۳ گرم)، تعداد میوه (۹/۳۳)، قطر میوه (۴/۸۶ سانتیمتر)، وزن خشک اندام هوایی (۱۲۷/۶۴ گرم)، حجم ریشه (۰/۳۸ لیتر)، وزن تر ریشه (۲۶۸/۹۷ گرم)، وزن خشک ریشه (۲۴/۲۵ گرم)، طول ریشه (۲۱۷۶۱ سانتیمتر) و سطح ریشه (۱۰۲۰۹ سانتیمتر مربع) مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی بود. به طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد صفات ریشه همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد گیاه دارند و هرگونه کاهش در آنها عملکرد گیاه را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. حجم ریشه بیشترین همبستگی را با عملکرد و اجزای عملکرد گوجه فرنگی نشان داد.

واژه های کلیدی: آزمایش گلخانه‌ای، نیاز آبی.

---

[۱] –آدرس نویسنده مسئول: دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، گروه مهندسی آب

* – دریافت: آبان ۱۳۹۳ و پذیرش: تیر ۱۳۹٤.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

بزرگترین چالش پیش روی کشاورزی در دهه-های اخیر و سال‌های آینده، افزایش تولید غذا با آب کمتر، بخصوص در کشورهایی با محدودیت منابع آب و زمین می‌باشد. مطالعات زیادی برای بهبود کارایی مصرف آب در گیاهان مختلف با کاربرد استراتژی‌های جدید به منظور کاهش آب مصرفی و حداقل اثر روی عملکرد گیاه انجام شده است. از جمله این استراتژی‌ها کم‌آبیاری تنظیم شده می‌باشد.

گوجه‌فرنگی یکی از منابع سرشار از مواد معدنی، ویتامینها و ترکیبات آنتی اکسیدانی بوده و از مهمترین محصولات باغبانی جهان در ارتباط با سلامت و تغذیه انسان به شمار می‌آید. در حال حاضر این سبزی ۲۵ درصد از کل تولیدات سبزی جهان را به خود اختصاص می‌دهد (فعالیان و همکاران، ۱۳۹۱). ایران یکی از عمده تولید کنندگان گوجه‌فرنگی می‌باشد که سطح زیر کشت آن در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹، ۱۵٤۰۰۰ هکتار گزارش شده است که بیش از ۹۹/۳ درصد سهم اراضی با کشت آبی و ۰/۷درصد به صورت اراضی با کشت دیم بوده است. در استان خراسان رضوی در همان سال از مجموع ۲٦۱۵۵ هکتار سبزیجات، ۱٤٤۹۲ هکتار به کشت گوجه-فرنگی اختصاص داده شده است که در مجموع با ۹/۳ درصد، مقام سوم را در کشور دارا می‌باشد که بیانگر اهمیت این محصول در کشور و استان است (بی‌نام، ۱۳۹۲).

واکنش گیاه به تنش‌های آبی و شوری در مطالعات زیادی در دهه‌های گذشته بحث شده است (چاوز و همکاران، ۲۰۱۱) و تحقیقات اساسی در این سطح انجام شده است. بیشتر این مطالعات بر روابط رشد پارامترهای بخش هوایی گیاه (به عنوان مثال، ارتفاع گیاه، طول ساقه، سطح برگ، قطر و تعداد ساقه، وزن خشک) متمرکز شده است (آلوارز و همکاران، ۲۰۱۱). واکنش معمولی گیاه به تنش‌های شوری و خشکی شامل کاهش رشد ساقه و کل اندازه گیاه می‌باشد (مانز و همکاران، ۲۰۰۲). با این حال، رشد گیاهان تحت تنش اغلب به توانایی ریشه‌ها در جذب آب از خاک و انتقال آن به ساقه‌ها محدود می‌باشد (نوارو و همکاران، ۲۰۰۸).همچنین، مقدار آب در حال حرکت از ریشه به ساقه و سرعت آن تعیین کننده غلظت مواد رسیده شده به ساقه می‌باشد (نوارو و همکاران، ۲۰۰۷).

با این وجود، با توجه به اینکه گیاهان در اکثر مواقع تحت تنش‌های شوری و خشکی قرار می‌گیرند، مطالعات کمی بر روی ریشه گیاهان انجام شده است.ریشه به نظر می‌رسد یکی از مهم‌ترین بخش‌های گیاه است که در معرض چنین تنش‌هایی قرار می‌گیرد. شدت رشد ریشه اندام‌های هوایی گیاه را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (مانز و همکاران، ۲۰۰۲) و در شرایط تنش آبی، نسبت ریشه به ساقه در گیاهان کاهش می‌یابد. در نتیجه کارایی مصرف آب گیاهان در هر دو تنش آبی و شوری افزایش می‌یابد (سانچز و همکاران، ۲۰۰٤).

به طور کلی، اندازه، مورفولوژی و ساختمان سیستم ریشه تعیین‌کننده توانایی گیاهان در جذب آب و مواد غذایی می‌باشد (پاسیرا، ۱۹۸۸) و اندازه نسبی و سرعت رشد ساقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (وامرلی و همکاران، ۲۰۰۳). سیستم‌های ریشه بهینه می‌تواند رشد ساقه مطلوب را به دنبال داشته باشد و به عنوان یک رابط بین گیاه و خاک عمل کند. روشن است یک سیستم ریشه نیرومند برای جذب آب و مواد غذایی بیشتر به سود گیاه است. علاوه بر این، طول ریشه به عنوان شاخصی از توانایی گیاه به جذب آب از لایه‌های عمیق‌تر خاک می-باشد (فرانکو و همکاران، ۲۰۱۱). با این حال، مطالعات اخیر نشان داده است گونه‌های با سیستم‌های ریشه کوچک ممکن است از سیستم‌های ریشه بزرگتر برای گیاه مؤثرتر باشد (ما و همکاران، ۲۰۱۰).

تحقیقات حاصل از تأثیر خشکی موضعی[1] منطقه ریشه در کشت گلخانه‌ای گوجه‌فرنگی نشان داد که

1 - RRD

www.SID.ir

Archive of SID

وزن خشک و تر ریشه در تیمار آبیاری کامل با وزن خشک و تر ریشه در خشکی موضعی، تفاوت معنی‌داری نداشتند (حقیقی، ۱۳۸۹). رای و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعه خود تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری و عمق نصب قطره‌چکان در آبیاری قطره‌ای زیر سطحی را بر توزیع ریشه، عملکرد و کیفیت گوجه‌فرنگی بررسی کردند. برای همه رژیم‌های آبیاری بیشترین سیستم ریشه در عمق بالای ٤٠ سانتی‌متری پروفیل خاک متمرکز شده بودند، در حالی که تراکم طولی ریشه بین ۰/۵ تا ۱/٤ سانتی‌متر در سانتی-متر مکعب متغیر بود. واکنش میوه گوجه‌فرنگی به افزایش میزان آب آبیاری از نظر کمی و کیفی در اعماق مختلف قطره چکان مشابه بود.

مطالعه‌ای به منظور بررسی تأثیر تیمارهای آبیاری به میزان ٤٠، ٦٠، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی بر عملکرد و بازده مصرف آب گوجه‌فرنگی انجام شد.نتایج نشان داد که حداکثر عملکرد و حداکثر بازده مصرف آب در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی (آبیاری کامل) به دست آمد و با کاهش مصرف آب به میزان ۲۰، ٤٠ و ٦٠ درصد نیاز آبی، عملکرد به ترتیب ۲٤، ۵۷ و ۷٤ درصد کاهش یافت (گلکار و همکاران، ۱۳۸۷).

نتایج مطالعه اسماعیل‌پور و اکبری (۱۳۹۲) نشان داد تأثیر سطوح مختلف کم‌آبیاری بر شاخص‌های تعداد میوه درجه یک، وزن میوه، طول میوه و عملکرد کل در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. مولوی و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه خود اثر آبیاری کامل و یک در میان جویچه‌ای را بر عملکرد، اجزاء عملکرد و کارایی مصرف آب گوجه-فرنگی بررسی کردند. نتایج نشان داد کم‌آبیاری در سطح احتمال ۱٪ بر عملکرد و اجزاء عملکرد اثر معنی‌دار داشت. عملکرد در تیمارهای آبیاری یک در میان ثابت و آبیاری یک در میان متغیر در مقایسه با تیمار آبیاری کامل به ترتیب ۱۰/۱٦ و ۳۵/۵۵ درصد کاهش یافت. محمدی و همکاران (۱۳۹۰) اثر توأم تنش شوری و خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی در شرایط مزرعه-ای را بررسی کردند. نتایج نشان داد شوری، کم‌آبیاری و اثر متقابل شوری و کم‌آبیاری بر وزن خشک اندام هوایی، طول ریشه و تبخیر و تعرق گوجه‌فرنگی در سطح ۱٪ اثر معنی‌داری داشت، اما بر تعداد میوه اثر معنی‌داری نداشت.همچنین اثر متقابل شوری و کم‌آبیاری بر ارتفاع گیاه و وزن خشک گیاه اثر معنی‌داری نداشت.

با توجه به مطالب ذکر شده نتایج نشان می‌دهد تمرکز اصلی بیشتر مطالعات بر کمی کردن اثر تنش خشکی یا شوری روی اندام هوایی گیاه می‌باشد، در حالی که رشد اندام هوایی گیاه تابعی از رشد ریشه می-باشد.بنابراین ضروری به نظر می‌رسد در مطالعات مرتبط با تنش خشکی علاوه بر اندام هوایی، به بخش زیرزمینی گیاه نیز توجه ویژه‌ای شود.

از آنجا که معمولاً دسترسی به ریشه محدود می‌باشد، مطالعات مرتبط با ریشه مشکل و پرهزینه است و لذا نسبت به سایر اندام‌ها مطالعات کمتری به خصوص در داخل کشور انجام شده است. همانطور که به گزینی و اصلاح برای خصوصیات مربوط به اندام هوایی باعث افزایش عملکرد شده، انجام مطالعه در مورد ریشه نیز می-تواند سبب شناخت عوامل مؤثر بر افزایش عملکرد شده و در شرایط تنش، موفقیت تولید را تضمین کند (سبزواری و همکاران، ۱۳۸۸).

خصوصیات ریشه بر جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاه مؤثر است، بنابراین تشخیص عوامل محدود کننده رشد ریشه و اطلاع از چگونگی توسعه، گسترش، فعالیت‌ها و بررسی نحوه تغییرات ریشه در پاسخ به تغییرات محیطی برای درک علمی تولید محصول ضروری است. از جمله این خصوصیات تراکم طولی ریشه (طول ریشه در واحد حجم خاک) می‌باشد که در معادلات جذب آب ریشه مانند معادله فدس و همکاران (۱۹۷۸) کاربرد گسترده‌ای دارد. تنش خشکی یکی از عوامل تأثیرگذار بر توسعه سیستم ریشه در گیاهان می‌باشد. لذا مطالعه حاضر به بررسی روند رشد ریشه گوجه‌فرنگی تحت سناریوهای مختلف تنش خشکی پرداخته

www.SID.ir

Archive of SID

است.علاوه بر این تأثیر سناریوهای مذکور بر عملکرد و اجزای عملکرد نیز بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

گیاه مورد بررسی در این مطالعه گوجه‌فرنگی[1] است که از خانواده سیب‌زمینی سانان که در مناطق گرمسیری به صورت چند ساله و در مناطق معتدله به عنوان گیاه یکساله پرورش می‌یابد. این گیاه بومی آمریکای‌جنوبی و مرکزی است. این آزمایش در سال ۱۳۹۳- ۱۳۹۲ در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا اجرا شد.نشاءهای ۱۰ هفته‌ای حاصل از کاشت بذرهای گوجه‌فرنگی به گلدان‌هایی به قطر ۴۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۵۵ سانتی‌متر حاوی خاک زراعی انتقال یافتند. خاک مورد نظر از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد برداشت شده بود.

در مجموع ۱۲ عدد گلدان در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار استفاده شد. تیمارهای آبی در چهار سطح شامل تیمار شاهد با ۱۰۰ درصد نیاز آبی (W_1)، ۸۰ درصد نیاز آبی (W_2)، ۶۰ درصد نیاز آبی (W_3) و ۴۰ درصد نیاز آبی (W_4) بودند. خصوصیات دیگری از خاک مانند بافت خاک به روش هیدرومتری و جرم مخصوص ظاهری خاک به روش نمونه‌گیری با سیلندر فلزی تعیین شد. در جدول (۱) بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده ارائه شده است. خصوصیات شیمیایی آب آبیاری نیز اندازه-گیری شد جدول (۲).

گلدانها پس از نشاءکاری، به مقدار مساوی آبیاری شدند تا نشاءها در محل جدید مستقر گردند. زمان اعمال تیمارهای آبیاری پس از استقرار نشاءها (۲۵ روز پس از نشاءکاری) تا زمان برداشت محصول بود. برای اعمال سطوح تنش خشکی از شاخص رطوبت خاک در تیمارهای تنش آبی استفاده شد. در این روش میزان رطوبت در لایه‌های ۱۵ سانتیمتری ناحیه ریشه قبل از آبیاری با دستگاه رطوبت‌سنج مدل REC-P55 اندازه-گیری شد. دستگاه REC-P55 توسط انصاری و حسن‌پور در گروه مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد ساخته شده است. دور آبیاری مطابق عرف منطقه شش روز در نظر گرفته شد. مقدار حداکثر تخلیه مجاز رطوبت (MAD) ۵۰ درصد از کل رطوبت قابل دسترس گیاه در ناحیه ریشه براساس توصیه سازمان خواربار جهانی (فائو) برای گیاه گوجه‌فرنگی بود.

برای تعیین مقدار آب مورد نیاز گیاه در هر بار آبیاری میزان رطوبت گلدانها در ظرفیت زراعی تعیین شد.رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی قبلاً از طریق دستگاه صفحات فشاری در آزمایشگاه تعیین شده بود (۲۷/۵ درصد حجمی). با توجه به این که تأمین درصدی از نیاز آبی گیاه یکی از فاکتورهای آزمایش بود، لذا در هر نوبت آبیاری اختلاف محتوی رطوبتی حجمی خاک در ظرفیت زراعی و رطوبت قبل از آبیاری محاسبه و با لحاظ ضریب تخلیه، میزان آب لازم برای هر گلدان با توجه به عمق ریشه به دست آمد. عمق ریشه (z_r) بر حسب متر به عنوان تابعی از زمان بعد از کشت (t_{AP}) بر حسب روز با استفاده از رابطه زیر تخمین زده شد و برای محاسبه عمق آب آبیاری مورد استفاده قرار گرفت (بورگ و گرایمز، ۱۹۸۶):

$$z_r = z_M\left[0.5-0.5\cos\left(\frac{t_{AP}}{t_{TM}}\pi\right)\right] \qquad (۱)$$

که در آن:

z_M ماکزیمم عمق ریشه، t_{TM} زمان تا رسیدن کامل میوه (۱۵۳ روز) می‌باشد. ماکزیمم عمق ریشه معادل ارتفاع گلدان (۰/۵ متر) در نظر گرفته شد. در شکل (۱) نمایی از محل انجام طرح و گلدانهای مورد استفاده نشان داده شده است.

1- Lycopersicon esculentum Mill.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱- نمایی از محل انجام طرح و گلدانهای آزمایشی

جدول ۱- برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

مشخصات	مقدار	واحد	مشخصات	مقدار	واحد
بافت خاک	لوم رسی	---	N	۷۴۲	
چگالی ظاهری	۱/۲۵	گرم بر سانتی‌متر مکعب	P	۴/۲۲	میلی‌گرم بر کیلوگرم
شن	۲۰		K	۸۸۵/۹۶	
سیلت	۴۸	درصد	Ca	۹/۶	میلی اکی والانت بر لیتر
رس	۳۲		Mg	۵	
EC	۲/۰۸	دسی زیمنس بر متر	Na	۶/۵	
PH	۷/۴	---	کربن آلی	۰/۵	درصد

جدول ۲- برخی خواص شیمیایی آب آبیاری

Mg^{2+}	CL^{-}	HCO_3^{-}	CO_3^{2-}	Ca^{2+}	Na	PH	EC
Meq/L	Meq/L	Meq/L	Meq/L	Meq/L	Meq/L	--	dSm^{-1}
۳/۸	۴	۳/۱	۰/۲	۳	۵	۸/۲	۱/۲۳

پس از پایان تنش، آثار تنش رطوبتی بر صفات مورفولوژیک گیاه گوجه‌فرنگی با اندازه‌گیری پارامترهای حجم ریشه، وزن تر و خشک ریشه مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور قسمت هوایی گیاه گوجه‌فرنگی پس از اتمام فصل رشد، قطع و ریشه گیاه با پاره کردن جداره گلدانها به طور کامل خارج شد. خصوصیات اندام هوایی گوجه‌فرنگی شامل وزن میوه، تعداد میوه، طول میوه و وزن خشک اندام هوایی با روش‌های استاندارد اندازه-گیری گردید.

ریشه‌های هر گلدان پس از چندین بار شستشو از خاک جدا شدند. هر ریشه در داخل استوانه مدرج با میزان مشخص آب، گذاشته شد و از روی بالا آمدن آب، حجم ریشه بر حسب سانتیمتر مکعب به دست آمد. برای اندازه-گیری وزن ریشه‌ها در حالت تر و خشک از روش توزین با ترازوی دیجیتالی دارای دقت ۰/۰۱ گرم استفاده شد.برای این منظور ریشه‌ها درون پاکت قرار گرفتند و وزن ریشه‌های تر به دست آمد. در گام بعدی پاکتها با قرار گرفتن در درون آون با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ٤٨ ساعت خشک شده و وزن ریشه‌های خشک به

www.SID.ir

Archive of SID

دست آمد. طول ریشه نیز برحسب سانتی‌متر معادل ۸۹ درصد وزن ریشه برحسب میلی‌گرم تخمین زده شد. سطح ریشه با استفاده از رابطه پیشنهادی اتکسیون[1] براساس رابطه زیر برآورد گردید (علیزاده، ۱۳۸٤):

$$A = 2(V.\pi.L)^{0.5} \qquad (۲)$$

که در آن:

A: سطح ریشه‌ها (cm^2)، V: حجم ریشه‌ها (cc): و L: طول ریشه‌ها (cm) می‌باشد. تجزیه و تحلیل داده‌ها پس از نمونه‌برداری و اندازه‌گیری صفات ذکر شده، توسط نرم-افزار SAS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد گوجه فرنگی

نتایج تجزیه واریانس داده‌های عملکرد و اجزای عملکرد نشان داد که تنش خشکی بر وزن میوه، قطر میوه، تعداد میوه و وزن خشک اندام هوایی گیاه اثر معنی‌داری در سطح یک درصد داشته است جدول (۳). به طوری که حداکثر وزن میوه مربوط به تیمار آبیاری W_1 (٦۰۳ گرم در بوته) و حداقل آن مربوط به تیمار W_4 (۱۲۲ گرم در بوته) بوده است. با افزایش تنش خشکی وزن میوه گوجه-فرنگی در تیمارهای W_2، W_3 و W_4 به ترتیب ۱۰/٦ ، ٦۰/٦ و ۷۹/۹ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافته است شکل (۱).

همچنین نتایج مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ شکل (۲) نشان داد تیمار W_1 با تیمارهای W_3 و W_4 اختلاف معنی‌داری دارد، اما با تیمار W_2 اختلاف معنی‌داری ندارد. گیاه گوجه‌فرنگی به تنش خشکی حساس می‌باشد و در نتیجه با اعمال تنش، رشد رویشی و عملکرد آن کاهش می‌یابد (میگال و فرانسیسکو، ۲۰۰۷). با توجه به شکل (۲) نتایج نشان می-دهد تنش خشکی بیشترین تأثیر را بر وزن میوه داشته است. مقایسه نتایج حاصل از تأثیر تیمارهای کم‌آبیاری بر صفات رویشی و عملکرد میوه در این پژوهش با نتایج سایر مطالعات (محمدی و همکاران، ۱۳۹۰ ;مولوی و همکاران، ۱۳۹۰ ;اسماعیل‌پور و اکبری، ۱۳۹۲) مطابقت دارد.

جدول۳- نتایج تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد گوجه-فرنگی

	میانگین مربعات (M.S)		
منابع تغیرات	خطا	خشکی	CV
درجه آزادی	۶	۳	–
وزن میوه	۸۸۶	۱۶۱۸۲۲**	۷/۹۴
قطر میوه	۰/۰۱۶	۰/۷۸**	۲/۹۵
تعداد میوه	۰/۱۶۶۷	۲/۹۷**	۴/۹۵
وزن خشک اندام هوایی	۱۶	۱۷۹۱/۱**	۴/۰۳

** معنی‌دار در سطح ۱٪ و ns معنی‌دار نمی‌باشد.

نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس جدول (۳) نشان می‌دهد که خشکی بر قطر میوه و تعداد میوه گوجه-فرنگی در سطح ۱٪ اثر معنی‌داری داشته است. به طوری که بیشترین قطر میوه (٤/۸٦ سانتیمتر) مربوط به تیمار W_1 و کمترین آن (۳/۷۳ سانتیمتر) مربوط به تیمار W_4 می-باشد شکل (۲). با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان گفت که در شرایط تنش خشکی احتمالاً کاهش رشد ریشه و اندام هوایی و تولید مواد فتوسنتزی در زمان شکل‌گیری میوه سبب کاهش قطر میوه شده است. به‌طورکلی با افزایش تنش خشکی تعداد میوه کاهش می‌یابد، به‌طوری که بیشترین آن (۹/۳۳) مربوط به تیمار W_1 و کمترین آن (۷) مربوط به تیمار W_4 بود شکل(۱). این نتایج با نتایج مطالعات اسماعیل‌پور و اکبری (۱۳۹۲) و مولوی و همکاران (۱۳۹۰) همخوانی دارد.

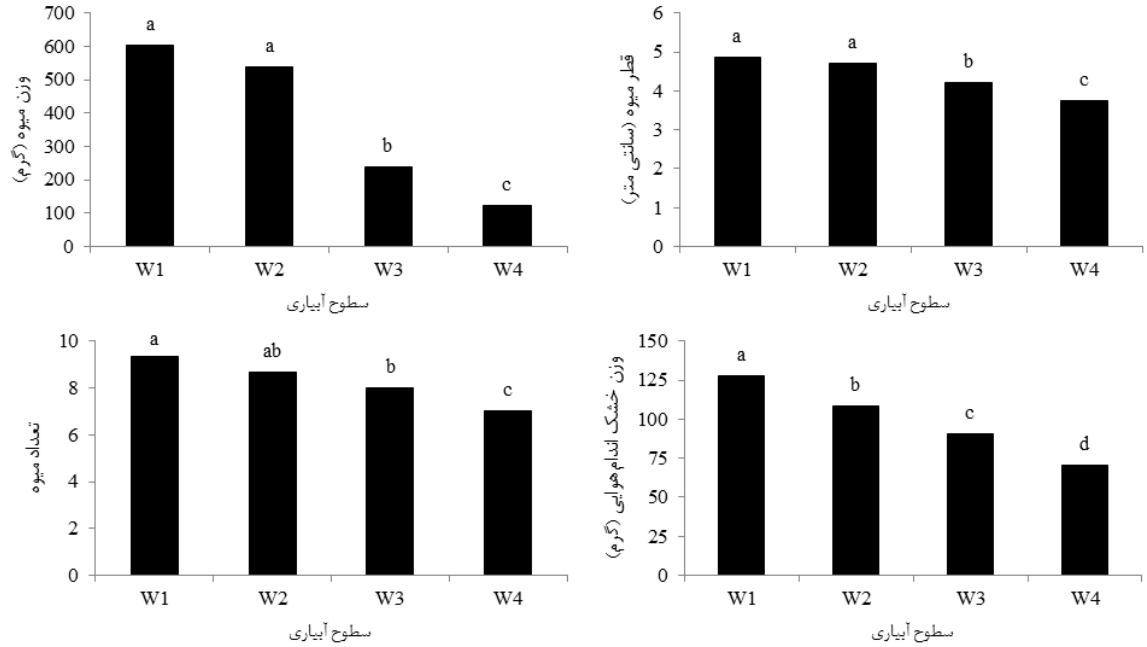
نتایج تجزیه واریانس جدول (۳) نشان می‌دهد که کم‌آبیاری بر وزن خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی در سطح ۱٪ معنی‌داری بوده است. به طوری که بیشترین وزن خشک اندام هوایی (۱۲۷/٦٤ گرم) مربوط به تیمار W_1 و کمترین آن (۷۰/٤۹ گرم) مربوط به تیمار W_4 می باشد شکل (۱). شکل (۲) نشان می‌دهد با افزایش تنش خشکی وزن خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی در تیمارهای W_2، W_3 و W_4 به ترتیب ۱۵/۲ ، ۲۹/۱ و ٤٤/۸ درصد نسبت

1 - Atkinson

www.SID.ir

Archive of SID

به تیمار شاهد کاهش یافته است. همچنین نتایج مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ شکل (۲) نشان داد تیمار W_1 با تیمارهای W_2 ، W_3 و W_4 اختلاف معنی‌داری دارد. نتایج مطالعه زتارلی و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد کم‌آبیاری بر بیوماس خشک اندام هوایی گوجه‌فرنگی در سطح ۵٪ معنی‌دار بوده است.



شکل ۲- اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد گوجه فرنگی
(W_1:۱۰۰ درصد نیاز آبی، W_2: ۸۰ درصد نیاز آبی، W_3: ۶۰ درصد نیاز آبی، W_4: ۴۰ درصد نیاز آبی)

رشد ریشه گوجه فرنگی

حجم ریشه: نتایج مربوط به اثر تیمارهای آبیاری بر خصوصیات مورفولوژیکی بخش زیرزمینی گیاه گوجه-فرنگی در جدول (٤) گزارش شده است. نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس جدول (۱) نشان می‌دهد که کم-آبیاری بر حجم ریشه در سطح ۱٪ اثر معنی‌داری داشته است. به طوری که بیشترین حجم ریشه (۰/۳۸ لیتر) مربوط به تیمار W_1 و کمترین آن (۰/۱ لیتر) مربوط به تیمار W_4 می‌باشد. شکل (۳) نشان می‌دهد که با افزایش تنش خشکی، حجم ریشه نسبت به تیمار شاهد (W_1)، در تیمارهای W_2، W_3 و W_4 به ترتیب ۲٤/۸۷، ۵۰/۲٦، ۷۲/۷۹ درصد کاهش یافته است. همچنین نتایج مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ شکل (۳) نشان داد تیمار W_1 با تیمارهای W_2 ، W_3 و W_4 اختلاف معنی‌داری دارد. کمبود آب و تنش شوری به خصوص در دوره رشد رویشی، توسعه ریشه را کاهش می‌دهد که این امر دلیل اصلی اختلاف در حجم ریشه در تیمارهای مختلف می‌باشد.

وزن تر ریشه: نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس جدول (۱) نشان می‌دهد که کم‌آبیاری بر وزن تر ریشه در سطح ۱٪ اثر معنی‌داری داشته است. به طوری که بیشترین وزن تر ریشه (۲٦۸/۹۷ گرم) مربوط به تیمار W_1 و کمترین آن (۱۳۳/۸۹ گرم) مربوط به تیمار W_4 می-باشد.شکل (۳) نشان می‌دهد که با افزایش تنش خشکی، وزن تر ریشه نسبت به تیمار شاهد (W_1)، در تیمارهای W_2، W_3 و W_4 به ترتیب ۲۷/۵٤، ۳۵/۸٦ و ۵۰/۳٤ درصد کاهش یافته است. همچنین نتایج مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ شکل (۳) نشان داد تیمار W_1 با تیمارهای W_2، W_3 و W_4 اختلاف معنی‌داری دارد، ولی تیمارهای W_2 و W_3 اختلاف معنی‌داری ندارند.

وزن خشک ریشه: نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس جدول (۱) نشان می‌دهد که کم‌آبیاری بر وزن خشک ریشه در سطح ۱٪ اثر معنی‌داری داشته است. به

www.SID.ir

Archive of SID

طوری که بیشترین وزن خشک ریشه (۲٤/۲۵ گرم) مربوط به تیمار W_1 و کمترین آن (۱۳/۷۹ گرم) مربوط به تیمار W_4 می‌باشد. شکل (۳) نشان می‌دهد که با افزایش تنش خشکی، وزن خشک ریشه نسبت به تیمار شاهد (W_1)، در تیمارهای W_2، W_3 و W_4 به ترتیب ۲۵/۲۲، ۳٦/٦۱ و ٤۳/٦۷ درصد کاهش یافته است. همچنین نتایج مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ شکل (۳) نشان داد تیمار W_1 با تیمارهای W_2 ، W_3 و W_4 اختلاف معنی‌داری دارد، ولی تیمارهای W_3 و W_4 اختلاف معنی‌داری ندارند.

طول ریشه: نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس جدول (۱) نشان می‌دهد که کم‌آبیاری بر طول ریشه در سطح ۱٪ اثر معنی‌داری داشته است. به طوری که بیشترین طول ریشه (۲۱۷٦۱ سانتی‌متر) مربوط به تیمار W_1 و کمترین آن (۱۲۲۷۹ سانتی‌متر) مربوط به تیمار W_4 می‌باشد. شکل (۳) نشان می‌دهد که با افزایش تنش خشکی، طول ریشه نسبت به تیمار شاهد (W_1)، در تیمارهای W_2، W_3 و W_4 به ترتیب ۲٤/۸۸، ۳٦/٤۳ و ٤۳/۵۷ درصد کاهش یافته است. همچنین نتایج مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ شکل (۳) نشان داد تیمار W_1 با تیمارهای W_2 ، W_3 و W_4 اختلاف معنی‌داری دارد، ولی تیمارهای W_2 و W_3 اختلاف معنی‌داری ندارند. همچنین تیمارهای W_3 و W_4 اختلاف معنی‌داری ندارند.

سطح ریشه: نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس جدول (۱) نشان می‌دهد که کم‌آبیاری بر سطح ریشه در سطح ۱٪ اثر معنی‌داری داشته است. به طوری که بیشترین سطح ریشه (۱۰۲۰۹ سانتی‌متر مربع) مربوط به تیمار W_1 و کمترین آن (۳۹۸٦ سانتی‌متر مربع) مربوط به تیمار W_4 می‌باشد. شکل (۳) نشان می‌دهد که با افزایش تنش خشکی، سطح ریشه نسبت به تیمار شاهد (W_1)، در تیمارهای W_2، W_3 و W_4 به ترتیب ۲٤/۹۹، ٤٤/۰۲ و ٦۰/۹٦ درصد کاهش یافته است. همچنین نتایج مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ شکل (۳) نشان داد تیمار W_1 با تیمارهای W_2 ، W_3 و W_4 اختلاف معنی‌داری دارد.

جدول۴- نتایج تجزیه واریانس رشد ریشه گوجه فرنگی

	میانگین مربعات (M.S)		
منابع تغیرات	خشکی	خطا	CV
درجه آزادی	۳	۸	-
حجم ریشه	۴۳۵۳۳**	۲۳۱	۶/۳۵
وزن تر ریشه	۹۷۳۳/۶**	۱۴۸/۱	۶/۳۴
وزن خشک ریشه	۶۵/۴۳۴**	۱/۱۹۲	۶/۰۵
طول ریشه	۵۱۸۳۰۲۹۶**	۹۴۴۴۸۰	۶/۰۵
سطح ریشه	۲۱۴۱۹۳۱۵**	۱۷۸۶۷۳	۶/۱۳

** معنی‌دار در سطح ۱٪ و ns معنی‌دار نمی‌باشد.

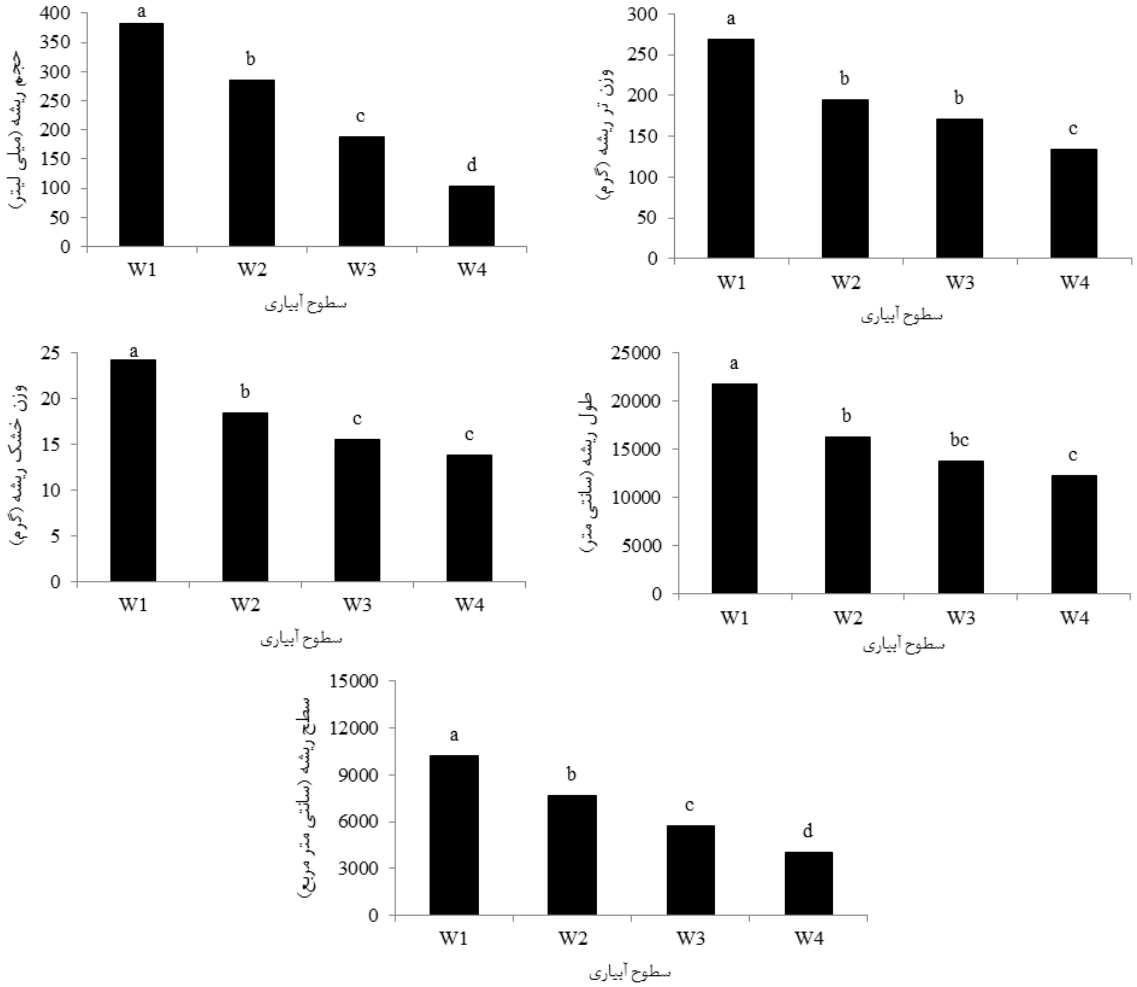
نتایج مطالعه محمدی و همکاران (۱۳۹۰) نشان داد کم‌آبیاری بر طول ریشه و وزن خشک ریشه گوجه-فرنگی در سطح ۱٪ اثر معنی‌داری داشت. همچنین مولوی و همکاران (۱۳۹۰) بیان داشتند، افزایش تنش خشکی باعث کاهش طول و وزن خشک ریشه‌های گوجه فرنگی در شرایط مزرعه می‌گردد. نتایج حاصل از تأثیر تنش خشکی بر صفات ریشه گوجه‌فرنگی در این پژوهش با نتایج تحقیقات مذکور مطابقت دارد.

در جدول (۵) ضرایب همبستگی و سطح معنی‌داری بین صفات مختلف ارائه شده است. به طور کلی نتایج نشان می‌دهد از بین صفات ریشه، حجم ریشه بیشترین همبستگی را با عملکرد و اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی داشته است. همچنین از بین صفات مرتبط با عملکرد، وزن خشک اندام هوایی بیشترین همبستگی را نسبت به وزن خشک ریشه داشته است.

www.SID.ir

Archive of SID

ساقه و ریشه از جهات مختلف با یکدیگر در ارتباط می‌باشند و چنانچه در رشد یکی از آنها تغییری حاصل آید در دیگری نیز چنین خواهد شد. از آنجایی که رشد بستگی به تأمین کربوهیدرات‌های مورد لزوم از شاخه‌ها دارد عوامل از قبیل تنش خشکی، نور، سایه و سطح برگها (که موجب کاهش فتوسنتز می‌گردند) رشد ریشه را نیز تقلیل می‌دهند (علیزاده، ۱۳۸٤). همبستگی بالای بین صفات ریشه و رشد گیاه مؤید این نکته است.



شکل ۳- اثر تنش خشکی بر پارامترهای ریشه گوجه فرنگی
(W_1:۱۰۰ درصد نیاز آبی، W_2: ۸۰ درصد نیاز آبی، W_3: ۶۰ درصد نیاز آبی، W_4: ۴۰ درصد نیاز آبی)

جدول۵- ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در شرایط خشکی

صفات	ضریب همبستگی			
	وزن میوه	تعداد میوه	قطر میوه	وزن خشک اندام هوایی
حجم ریشه	۰/۹۷ *	۰/۹۹ **	۰/۹۸ *	۰/۹۹ **
وزن تر ریشه	۰/۸۹ *	۰/۹۵ *	۰/۹۱ *	۰/۹۷ *
وزن خشک ریشه	۰/۹۰ *	۰/۹۳ *	۰/۸۹ *	۰/۹۶ *
طول ریشه	۰/۹۰ *	۰/۹۳ *	۰/۸۹ *	۰/۹۶ *
سطح ریشه	۰/۹۶ *	۰/۹۸ *	۰/۹۶ *	۰/۹۹ **

** معنی‌دار در سطح ۱٪ و * معنی‌دار در سطح ۵٪ .

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج نشان داد تنش خشکی بر صفات مورد بررسی در این مطالعه شامل میانگین وزن میوه، تعداد میوه، قطر میوه، وزن خشک اندام هوایی، حجم ریشه، وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، طول ریشه و سطح ریشه اثر معنی‌داری داشت. به طوری که بیشترین مقدار کمی صفات مورد مطالعه در تیمار آبیاری کامل (۱۰۰ درصد نیاز آبی) و کم‌ترین آن در تیمار ٤٠ درصد نیاز آبی به دست آمد. معنی‌دار بودن صفات مربوط به اندام هوایی گیاه احتمالاً به دلیل تغییرات مورفولوژیک ریشه گیاهان باشد که در واقع نوعی پاسخ گیاه به تنش خشکی است. نتایج نشان داد صفات ریشه رابطه مستقیمی با عملکرد میوه دارد. به عبارتی افزایش صفات ریشه باعث افزایش عملکرد گیاه شد. از آنجایی که عملکرد میوه در تیمارهای ۱۰۰ و ۸۰ درصد اختلاف معنی‌داری نداشت، لذا در راستای استفاده بهینه از منابع آب و افزایش کارایی مصرف آب، اعمال تیمار ۸۰ درصد باعث صرفه-جویی در مصرف آب شده و راهکار مناسبی برای مقابله با بحران آب و در نتیجه نیل به یک کشاورزی پایدار محسوب می‌گردد. با توجه به محدودیت امکانات برای اعمال تنش خشکی در شرایط مزرعه و انجام دقیق نمونه-برداری از ریشه گیاه (حذف رقابت سیستم‌های ریشه)، این مطالعه در گلخانه انجام شد. پیشنهاد می‌گردد با توجه به کمبود منابع آب و ضرورت صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری این آزمایش در شرایط مزرعه نیز انجام گردد.

فهرست منابع

۱. اسماعیل‌پور، ب.، و اکبری، م. ۱۳۹۲. ارزیابی تأثیر کم‌آبیاری بر خصوصیات رشدی، عملکرد و کیفیت پس از برداشت دو رقم گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum Mill.*) در شرایط آب و هوایی میاندوآب. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. ۵ (۲): ۱۸۷– ۱۷۸.

۲. بی‌نام. ۱۳۹۲. آمارنامه کشاورزی، جلد اول: محصولات زراعی، سال زراعی ۹۰– ۱۳۸۹، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهادکشاورزی.

۳. حقیقی، م. ۱۳۸۹. تأثیر خشکی موضعی منطقه ریشه (PRD) بر روابط آبی، رشد، عملکرد و برخی ویژگی‌های کیفی گوجه فرنگی. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۱ (۲): ۹– ۱۷.

٤. سبزواری، س.، خزاعی، ح. ر.، و کافی، م. ۱۳۸۸. اثر اسید هیومیک بر رشد ریشه و بخش هوایی ارقام سایونز و سبلان گندم (*Triticum aestivum*. L). مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۳ (۲): ۹٤– ۸۷.

۵. علیزاده، ا. ۱۳۸٤. رابطه آب و خاک و گیاه (چاپ پنجم). انتشارات دانشگاه امام رضا (ع). ۲۲۲ صفحه.

٦. فعالیان، ا.، انصاری، ح.، و کافی، م. ۱۳۹۱. بررسی اثرات شوری‌های مختلف آب آبیاری بر صفات کمی و کیفی گوجه فرنگی زیتونی هیدروپونیک. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲٦ (۲): ٤۵۹– ٤۵۱.

۷. گلکار ف. فرهمند ع. فرداد ح. ۱۳۸۷. بررسی تأثیر میزان آب آبیاری بر عملکرد و بازده مصرف آب در گوجه فرنگی. مجله مهندسی آب. سال اول. پاییز ۱۳۸۷. ۲۰– ۱۳.

۸. محمدی م، لیاقت ع و مولوی ح، ۱۳۹۰. اثر توأم تنش شوری و خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد گوجه فرنگی در شرایط مزرعه‌ای. مجله علوم و مهندسی آبیاری (مجله علمی کشاورزی). ۳٤ (۱): ۲٤–۱۵.

۹. مولوی ح. محمدی م. لیاقت ع. ۱۳۹۰. اثر آبیاری کامل و یک در میان جویچه‌ای بر عملکرد، اجزاء عملکرد و کارآیی مصرف آب گوجه فرنگی (Super Strain B). نشریه دانش آب و خاک. ۲۱ (۳): ۱۲٦– ۱۱۵.

www.SID.ir

Archive of SID

10. A´lvarez S, Navarro A, Nicola´s E, Sa´nchez-Blanco MJ (2011) Transpiration, photosynthetic responses, tissue water relations and dry mass partitioning in Callistemon plants during drought conditions. Sci Hortic 129:306–312
11. Borg, H., and D.W. Grimes. 1986. Depth development of roots with time: An empirical description. Trans. ASAE 29:194–197.
12. Chaves MM, Costa JM, Madeira Saibo NJ (2011) Recent advances in photosynthesis under drought ans salinity. Adv Bot Res 57:50–104
13. Feddes, R.A., Kowalik, P.J., and Zaradny, H. 1978. Simulation of field water use and crop yield, Pudoc, Wageningen. p:189.
14. Franco JA, Ban˜o´n S, Vicente MJ, Miralles J, Martı´nez-Sa´nchez JJ (2011a) Root development in horticultural plants grown under abiotic stress conditions—a review. J Hortic Sci Biotechnol 86:543–556.
15. Ma SC, Li FM, Xu BC, Huang ZB (2010) Effect of lowering the root/shoot ratio by pruning roots on water use efficiency and grain yield of winter wheat. Field Crops Res 115:158–164.
16. Miguel, A., and Francisco, M. 2007. Response of tomato plants to deficit irrigation under surface or subsurface drip irrigation. Journal of Applied Horticulture 9(2): 97-100.
17. Munns R (2002) Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environ 25:239–250.
18. Navarro A, Ban˜o´n S, Olmos E, Sa´nchez-Blanco MJ (2007) Effects of sodium chloride on water potential components, hydraulic conductivity, gas exchange and leaf ultrastructure of Arbutus unedo plants. Plant Sci 172:473–480.
19. Navarro A, Vicente MJ, Martı´nez-Sa´nchez JJ, Franco JA, Ferna´ndez JA, Ban˜o´n S (2008) Influence of deficit irrigation and paclobutrazol on plant growth and water status in Lonicera implexa seedlings. Acta Hortic 782:299–304.
20. Passioura JB (1988) Water transport in and to roots. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol 39:245–256.
21. Rui M. A. Machado Æ Maria do Rosa`rio G. Oliveira (2005). Tomato root distribution, yield and fruit quality under different subsurface drip irrigation regimes and depths. Irrig Sci (2005) 24: 15–24.
22. Sa´nchez-Blanco MJ, Ferra´ndez T, Navarro A, Ban˜o´n S, Alarco´n JJ (2004) Effects of irrigation and air humidity preconditioning on water relations, growth and survival of Rosmarinus officinalis plants during and after transplanting. J Plant Physiol 161:1133–1142.
23. Vamerali T, Saccomani M, Bona S, Mosca G, Guarise M, Ganis A (2003) A comparison of root characteristics in relation to nutrient and water stress in two maize hybrids. Plant Soil 255:157– 167
24. Zotarelli, L., Scholberg, J. M., Dukes, M. D., Mun˜ oz-Carpena, R., and Icerman, J. 2009. Tomato yield, biomass accumulation, root distribution and irrigation water use efficiency on a sandy soil, as affected by nitrogen rate and irrigation scheduling. Agricultural Water Management 96 (2009) 23- 34.

www.SID.ir