Archive of SID

مجله پژوهش آب ایران
جلد ۱۳/ شماره ۳/ پیاپی ۳۴/ پاییز ۱۳۹۸ (؟؟-؟؟)

کارایی روش آبیاری قطره‌ای در مزارع گوجه‌فرنگی در شرایط شوربودن منابع آب

مهرداد نوروزی[۱*] و مختار زلفی باوریانی[۲]

چکیده

در دهه‌های اخیر، استفاده از آب‌های شور در تولید محصولات کشاورزی به‌دلیل کاهش منابع آب شیرین رشد چشمگیری داشته است. ولی استفاده بی خطر از آب شور مستلزم مدیریت صحیح آبیاری است. این پژوهش برای بررسی اثر شوری آب بر عملکرد، کارایی مصرف آب و کیفیت میوه گوجه‌فرنگی تحت روش آبیاری قطره‌ای نواری طی یک فصل زراعی (۹۰-۱۳۸۹) در استان بوشهر با شرایط آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار سطح شوری آب آبیاری (شامل ۱/۱، ۳/۵، ۵/۵ و ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر) و سه سطح دور آبیاری (شامل ۲، ۴ و ۷ روز) با سه تکرار انجام شد. طبق نتایج، با افزایش دور آبیاری از ۲ روز به ۷ روز مقادیر میانگین عملکرد محصول (Y)، کارایی مصرف آب آبیاری (IWUE) و وزن میوه (FW) به‌ترتیب ۲۰، ۱۹ و ۲۶ درصد کاهش داشتند. همچنین، با افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۱ $dS.m^{-1}$ به ۷/۵ $dS.m^{-1}$ این مقادیر به‌ترتیب ۳۳، ۳۹ و ۳۲ درصد کاهش داشتند. به طور کلی، تحت شرایط آب و هوایی و ویژگی‌های خاک محل آزمایش، کاهش عملکرد محصول در اثر شوری آب به مراتب کمتر از مقادیر گزارش شده در نشریهٔ ۲۹ فائو (آیرز و وستکات، ۱۹۸۵) بود. همچنین، با افزایش دور آبیاری و شوری آب آبیاری کیفیت میوه به لحاظ میزان مواد جامد محلول (TSS) افزایش داشت.

واژه‌های کلیدی: آبشویی نمک، آبیاری تیپ، دور آبیاری، شوری آب آبیاری، کارایی مصرف آب.

ارجاع: نوروزی م. و زلفی باوریانی م. ۱۳۹۸. کارایی روش آبیاری قطره‌ای در مزارع گوجه‌فرنگی در شرایط شوربودن منابع آب. مجله پژوهش آب ایران.

۱- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر.
۲- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر.
*** نویسنده مسئول**: nowroozi50@yahoo.com
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۱۴

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در دهه‌های اخیر، استفاده از آب‌های شور در کشاورزی رشد چشمگیری داشته است (اشلیف، ۲۰۰۵) و در آینده نه چندان دور به شدت افزایش خواهد یافت. در بسیاری از مناطق دنیا از آب شور زهکش‌ها برای آبیاری مزارع استفاده می‌شود. ون و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که در مناطق نیمه مرطوب شمال چین می‌توان از آب شور با هدایت الکتریکی ۲/۲ تا ۴/۹ دسی‌زیمنس بر متر بدون اینکه کاهش قابل توجهی در عملکرد اتفاق بیفتد، برای آبیاری مزارع گوجه‌فرنگی استفاده کرد. دل‌آمور و همکاران (۲۰۰۱)، در یک پژوهش گلخانه‌ای بوته‌های گوجه‌فرنگی تحت روش آبیاری قطره‌ای را در سه مرحله متفاوت رشد در معرض سطوح مختلف شوری آب آبیاری (۲، ۴، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) قرار دادند. نتایج کار آنها نشان داد که کاربرد آب شور در مراحل پایانی رشد، باعث افزایش مقاومت به شوری گیاه می‌شود. استفاده بی‌خطر و کارآمد از منابع آب شور برای تولید کشاورزی پایدار نیازمند مدیریت صحیح آبیاری است. نوع و رقم گیاه، مرحلهٔ رشد، شرایط آب و هوایی، شرایط فیزیکی و رطوبتی خاک، شرایط شیمیایی و حاصلخیزی خاک، نوع ترکیبات نمکی و چگونگی توزیع آن در محیط ریشه، روش آبیاری و مدیریت زراعی از عواملی هستند که بر تحمل به شوری گیاهان تأثیرگذارند (رودز و همکاران، ۱۹۹۲). اساساً شوری در محیط ریشه با کاهش پتانسیل اسمزی و سمیت یونی باعث اختلال در فیزیولوژی رشد و عملکرد گیاه می‌شود (مونز و تستر، ۲۰۰۸) و در جذب رطوبت و عناصر ضروری گیاه اختلال ایجاد می‌کند. آنچه که مسلم است، اثر روش‌های مختلف آبیاری بر وضعیت توزیع نمک در پروفیل خاک و عملکرد محصول متفاوت است. سینگ و کوشال (۱۹۹۳) با مقایسهٔ روش‌های آبیاری قطره‌ای و فارو با استفاده از آب شور در کشت سیب‌زمینی مشاهده کردند که در روش قطره‌ای، رشد رویشی و عملکرد محصول بیشتر است. دور آبیاری و میزان آبیاری دو مؤلفهٔ اصلی در برنامه‌ریزی آبیاری است. اساساً عقیده بر این است که آبیاری با دفعات زیاد و مقدار کم (مانند روش آبیاری قطره‌ای) باعث می‌شود تا شرایط رطوبت، تهویه و تغذیه برای گیاه مناسب باشد و تنش شوری کمتری به گیاه وارد شود (ونگ و همکاران، ۲۰۰۶). ولی تحت شرایط شوری منابع آب و خاک گزارش‌ها متفاوت است که البته این اختلاف‌ها ناشی از تفاوت شرایط اقلیمی و بافت خاک گزارش شده است. یی و همکاران (۲۰۱۱) در گزارش خود تأکید کرده‌اند که افزایش دفعات آبیاری به روش قطره‌ای به لحاظ آبشویی نمک از محیط ریشه بسیار مفید است. همچنین ژنگ و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کرده‌اند که با حجم یکسان آب آبیاری، افزایش دفعات آبیاری باعث می‌شود تا شوری خاک محیط ریشه به میزان قابل توجه کاهش پیدا کرده و عملکرد محصول به میزان ۲۸ درصد افزایش پیدا کند. در حالیکه برخی پژوهشگران دیگر این عقیده را که آبیاری با دفعات زیاد منجر به کاهش تنش شوری می‌شود، حداقل در مورد آب‌های با شوری بالا چندان معتبر نمی‌دانند (یوکان و همکاران، ۲۰۰۷). پاسترناک و همکاران (۱۹۸۶) با مطالعهٔ اثر آبیاری قطره‌ای با سطوح مختلف شوری و دور آبیاری بر گوجه‌فرنگی متوجه شدند که عملکرد با شوری $dS.m^{-1}$ ۱۰ و دور آبیاری یک روز در میان ۲۰ درصد کمتر از عملکرد با دور آبیاری ۲ روز در میان با همان شوری و همان میزان آب بود. اشلیف (۱۹۸۳) با آزمایش گلدانی بر روی ذرت که با آب با شوری $dS.m^{-1}$ ۵/۳ آبیاری می‌شد، به نتایج مشابه دست یافت. وی مشاهده کرد که عملکرد در وضعیت دور آبیاری سه روز در میان ۲۵ درصد بیشتر از عملکرد در وضعیت دور آبیاری یک روز در میان بود. در استان بوشهر با وجود اینکه شوری غالب منابع آب بیش از $dS.m^{-1}$ ۳/۵ است، هر سال حدود ۱۲ هزار هکتار از اراضی زراعی به زراعت گوجه‌فرنگی اختصاص می‌یابد. این محصول یکی از محصولات مهم کشاورزی است که در اکثر مناطق دنیا کشت می‌شود و در زمرهٔ گیاهان نسبتاً حساس به شوری قلمداد می‌شود (آیرز و وستکات، ۱۹۸۵). اهمیت اقتصادی- اجتماعی گوجه‌فرنگی در استان هم عمدتاً ناشی از عرضهٔ خارج از فصل محصول آن به بازار است و در سال‌های اخیر تلاش‌ها و حمایت‌های زیادی توسط دولت برای توسعه روش آبیاری قطره‌ای نواری در مزارع گوجه‌فرنگی استان انجام شده است. پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر دور آبیاری و شوری آب آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب گوجه‌فرنگی تحت روش آبیاری قطره‌ای نواری و تحت شرایط آب و هوایی استان بوشهر اجرا شد.

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی یک فصل زراعی (۹۰-۱۳۸۹) در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر (۵۱°,۳۲'E و ۳۵°,۵۱' N؛ ارتفاع ۱۰۰ متر از سطح دریا) با شرایط آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک انجام شد. برخی پارامترهای هواشناسی در ایستگاه سینوپتیک مجاور در جدول ۱ و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول‌های ۲ و ۳ ارائه شده است.

طرح آزمایش و آرایش تیمارها

آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار سطح شوری آب شامل ۱/۱، ۳/۷، ۵/۵ و ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر (S1، S2، S3 و S4) به‌عنوان کرت‌های اصلی و سه سطح دور آبیاری شامل ۲، ۴ و ۷ روز (I1، I2 و I3) به‌عنوان کرت‌های فرعی با سه تکرار اجرا شد. تیمار S1 شوری آب لوله، تیمار S2 شوری آب چاه کشاورزی محل اجرای پژوهش بود. سطوح شوری S3و S4 با افزودن نمک جمع‌آوری‌شده از ساحل دریای خلیج فارس به آب چاه کشاورزی به‌دست آمد. برخی از ویژگی‌های شیمیایی آب آبیاری در تیمارهای مختلف شوری در جدول ۴ ارائه شده است.

عملیات زراعی

قبل از استقرار سیستم آبیاری، عملیات خاک‌ورزی، شامل شخم و دیسک انجام شد. با توجه به تیمارهای مورد بررسی و اهداف آزمایش، یک سامانه آبیاری قطره‌ای نواری طراحی، نصب و راه‌اندازی شد. مساحت هر کرت آزمایشی ۱۵ مترمربع بود و در هر کرت ۲ خط لوله (نوار قطره‌ای) به طول ۵ متر و فاصله ۱۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر قرار داشت. نوارهای قطره‌ای با فواصل قطره‌چکانی ۲۰ سانتی‌متر در داخل جوی‌های سطحی (روش معمول گوجه‌کاران منطقه) قرار داشت. ابتدا همه کرت‌ها به‌طور یکسان آبیاری شدند و بعد از ۲۴ ساعت نسبت به کشت نشاهای گوجه‌فرنگی در دو طرف نوارهای قطره‌ای به‌صورت زیگزاگ اقدام شد (۲۰ آبان ۱۳۸۹). فاصلهٔ بوته‌ها روی ردیف ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. اجرای تیمارهای سطوح شوری و فاصله آبیاری حدود ۳۰ روز بعد از کشت نشاها شروع شد و تا این زمان آبیاری همه کرت‌ها با آب شیرین و با دور ۲ روز انجام شد. میزان، زمان و نحوهٔ کوددهی براساس توصیه کارشناس تغذیه گیاهی شامل کود سوپرفسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) که همراه با کود حیوانی کاملاً پوسیده (۲۰ تن در هکتار) در داخل شیارها با خاک مخلوط شد. کود اوره (۳۸۰ کیلوگرم در هکتار) و سولفات پتاسیم (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت محلول در آب طی سه مرحله (بعد کاشت نشاها، شروع گلدهی و شروع میوه‌دهی) مصرف و اولین برداشت میوه ۱۰۹ روز پس از کشت نشاها (۹ اسفند ۱۳۸۹) انجام شد.

برای محاسبهٔ نیاز آبیاری از معادلهٔ (۱) استفاده شد (دورنبوس و پروت، ۱۹۷۷):

$$IW = \frac{Kc \times ET0 - Pe}{1 - LR} \quad (۱)$$

که در آن: IW، نیاز آبیاری بر حسب میلی‌متر؛ Kc، ضریب گیاهی؛ ET0، تبخیر و تعرق پتانسیل؛ LR، نیاز آبشویی؛ و Pe، بارندگی مؤثر است. تبخیر و تعرق پتانسیل از روش فائو-پنمن-مانتیث تعیین شد (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). ضریب گیاهی با استفاده از روش چهار مرحله‌ای فائو و نیاز آبشویی با استفاده از معادلهٔ (۲) تعیین شد (دورنبوس و پروت، ۱۹۷۷):

$$R = \frac{EC_W}{2(Max\ EC_e)} \quad (۲)$$

که در آن: EC_w، شوری آب آبیاری بر حسب $dS.m^{-1}$؛ و $Max\ EC_e$، سطحی از شوری خاک که عملکرد محصول به صفر می‌رسد و برای گوجه‌فرنگی ۱۲/۵ $dS.m^{-1}$ تعیین شده است (آیرز و وستکات، ۱۹۸۵).

در استان بوشهر به‌دلیل تقارن فصل رشد گوجه‌فرنگی با بارندگی‌های زمستانه بخشی از نیاز آبی گیاه از طریق باران مؤثر فراهم می‌شود. از روش وزارت کشاورزی آمریکا (USDA) برای تخمین باران مؤثر ده روزه استفاده شد:

$$Pe = Pt(125 - 0.6Pt)/125 \quad (۳)$$

که در آن Pt، بارندگی کل در ده روز (mm) است. کارایی مصرف آب آبیاری (IWUE) با استفاده از معادلهٔ (۴) محاسبه شد (پریرا و همکاران، ۲۰۱۲):

$$IWUE = \frac{Y}{V} \quad (۴)$$

که در آن Y، وزن میوه تازه گوجه‌فرنگی بر حسب کیلوگرم و V، حجم کل آب مصرفی بر حسب مترمکعب است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- برخی پارامترهای هواشناسی ماهانه ایستگاه سینوپتیک مجاور محل اجرای آزمایش

ماه	دما (%)	رطوبت نسبی (%)	تبخیر ($mm.day^{-1}$)	ساعات آفتابی (hours)	سرعت باد ($m.s^{-1}$)	بارندگی (mm)
آبان	۲۴/۵	۳۵	۶/۵	۹/۴	۲/۸	۰
آذر	۲۰	۳۰	۵/۰	۸/۵	۲/۵	۰
دی	۱۵/۵	۶۰	۳/۴	۶/۵	۲/۹	۴۰
بهمن	۱۵/۰	۷۲	۳/۴	۶/۹	۴/۱	۱۲۲
اسفند	۲۰/۲	۷۳	۵/۵	۵/۲	۵/۲	۱۳
فروردین	۲۵/۷	۳۴	۸/۸	۷/۵	۶/۶	۰

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک محل آزمایش

عمق (cm)	ρ_b g/cm^3	θ_{FC} ($cm^3.cm^{-3}$)	θ_{PWP} ($cm^3.cm^{-3}$)	K_{sat} $cm.hr^{-1}$	Clay %	Silt %	Sand %	بافت
۰-۳۰	۱/۳۴	۰/۲۷۸	۰/۰۷۶	۱/۳۱	۱۵	۳۰	۵۵	Sandy Loam
۳۰-۶۰	۱/۴۰	۰/۲۶۲	۰/۰۷	-	۱۳	۳۱	۵۷	Sandy Loam
۶۰-۹۰	۱/۴۳	۰/۲۷۰	۰/۰۷	-	۱۲	۳۲	۵۶	Sandy Loam

رطوبت در وضعیت FC به روش ستون آب آویزان و در وضعیت PWP با استفاده از دستگاه صفحات فشار اندازه‌گیری شد.

جدول ۳- برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق cm	ECe ds/m	pH -	CCE %	O.C %	$Ca^{++}+Mg^{++}$	Na^+	Cl^-	HCO_3^-	SO_4^{--}	SAR
					meq/l					
۰-۳۰	۷/۳	۷/۸	۵۸	/۴	۵۸	۲۵	۲۰	۴	۵۹	۴/۶

جدول ۴- برخی از ویژگی‌های شیمیایی آب آبیاری در تیمارهای مختلف شوری

تیمار شوری	EC $dS.m^{-1}$	pH	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	$Ca^{++}+Mg^{++}$	Na^+	SAR	LSI
			meq/l						
S1	۱/۱	۷/۴	۳	۴/۵	۱۰/۵	۱۲	۶	۲/۴۴	-۱/۰۵
S2	۳/۵	۷/۶	۴/۵	۸/۵	۳۶	۳۷	۱۲	۲/۸	-۰/۴۵
S3	۵/۵	۷/۵	۶	۲۸	۴۵	۴۸	۳۱	۶/۳	-۰/۹۹
S4	۷/۵	۷/۷	۸	۳۵	۵۳	۶۰	۳۶	۶/۶	-۱/۴۷

بررسی شوری خاک در تیمارهای مختلف

با توجه به گزارش‌های متعدد از بیشترین انباشتگی نمک در فاصله حدود ۲۰ cm از نوار قطره‌ای (ون و همکاران، ۲۰۰۷) و نیز بیشترین تراکم ریشه در لایه سطحی خاک و در مجاورت نوار آبیاری، برای بررسی وضعیت شوری در تیمارهای مختلف شوری آب و فاصله آبیاری نمونه‌های خاک در انتهای آزمایش از اعماق ۳۰-۰، ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتی‌متر زیر خط ردیف بوته‌ها برداشت شد.

تحلیل آماری

تجزیه واریانس دو طرفه داده‌ها (ANOVA) و بررسی معنی‌داری اختلاف میانگین‌ها ($P\leq0.05$) به روش دانکن با استفاده از نرم‌افزار MS Excel 2013 انجام گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد محصول (Y)، کارایی مصرف آب آبیاری (IWUE) و وزن میوه (FW)

مقایسهٔ مقادیر میانگین عملکرد محصول (Y)، کارایی مصرف آب آبیاری (IWUE) و وزن میوه (FW) مربوط به آثار اصلی و متقابل سطوح فاصلهٔ آبیاری و شوری آب آبیاری با آزمون دانکن نشان داد که به‌طور کلی، افزایش فاصلهٔ آبیاری و شوری آب آبیاری باعث کاهش معنی‌دار ($P\leq0.05$) این مقادیر شده‌اند (جدول ۵). به طوری که با افزایش فاصلهٔ آبیاری از ۲ به ۷ روز، مقادیر میانگین Y، IWUE و FW به‌ترتیب ۲۰، ۱۹ و ۲۶ درصد و با افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۱ $dS.m^{-1}$ به ۷/۵ $dS.m^{-1}$ این مقادیر به‌ترتیب ۳۳، ۳۹ و ۳۲ درصدکاهش داشته‌اند

www.SID.ir

Archive of SID

(جدول ۵). بررسی آثار متقابل این تیمارها نیز بیانگر آن است که در تمام سطوح فاصلهٔ آبیاری با افزایش شوری آب آبیاری و در تمام سطوح شوری آب آبیاری با افزایش فاصله آبیاری مقادیر Y، IWUE و FW کاهش داشته‌اند. اثر منفی تنش رطوبتی بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان در بسیاری از پژوهش‌ها گزارش شده است (کاندیدو و همکاران، ۱۹۹۹). در همین زمینه، حسینی و نعمتی (۱۳۹۳) با بررسی اثر فاصله آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی گوجه‌فرنگی گزارش کردند که با افزایش فاصلهٔ آبیاری میانگین وزن میوه‌ها کاهش پیدا می‌کند. در منطقهٔ اجرای پژوهش دورهٔ رشد گوجه‌فرنگی را می‌توان به دو دورهٔ رشد رویشی (Vegetable Stages) و رشد زایشی (Reproduction Stages) تقسیم کرد که اولی از اواخر آبان تا اواسط بهمن و دومی از اواسط بهمن تا اواخر فروردین ادامه دارد. بررسی روند تغییرات برخی پارامترهای هواشناسی، تبخیر (E)، تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ET0)، تبخیر و تعرق پتانسیل گوجه‌فرنگی (ETc) و باران مؤثر (Pe) در طول دوره رشد (جدول ۱ و شکل ۱) نشان می‌دهد که نیاز تبخیر اتمسفر در دهه‌های پایانی دورهٔ رشد رویشی که با افت دما، بارندگی زمستانه و بالابودن رطوبت هوا هم‌زمان است، به حداقل رسیده است. ولی در دورهٔ رشد زایشی، به‌دلیل فرا رسیدن زود هنگام گرما بیش از ۵۰ درصد تبخیر کل فقط در دو ماه آخر (اسفند و فروردین) این دوره اتفاق افتاده و تبخیر و تعرق به‌شدت افزایش داشته است. مقادیر میانگین رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری در تیمارهای فواصل آبیاری (I1، I2 و I3) در دورهٔ رویشی به‌ترتیب ۲۴/۸، ۲۱/۲ و ۱۸/۹ درصد محاسبه شد که به‌ترتیب معادل ۱۴/۸، ۳۳ و ۴۴ درصد تخلیه آب قابل استفاده است. در همین حال، مقادیر میانگین درصد تخلیه آب قابل استفاده برای این فواصل آبیاری در طول دورهٔ زایشی به‌ترتیب ۳۰، ۴۲ و ۵۹ درصد اندازه‌گیری شد. با توجه به ضریب آب سهل‌الوصول توصیه‌شده (۰/۴۸) برای گوجه‌فرنگی (آلن و همکاران، ۱۹۹۸) می‌توان گفت گیاه در طول دورهٔ رشد رویشی در هیچ‌یک از سطوح فواصل آبیاری با تنش رطوبتی مواجه نبوده است؛ ولی در طول دورهٔ رشد زایشی در فاصلهٔ آبیاری ۷ روز در معرض تنش رطوبتی بوده است. بر این اساس، در بررسی آثار اصلی، با وجود معنی‌دار بودن اثر فاصلهٔ آبیاری بر Y، IWUE و FW، فواصل آبیاری اول (I1) و دوم (I2) در یک گروه (A) قرار داشتند (جدول ۵). در این جدول مشاهده می‌شود که در فواصل آبیاری I1 و I2 و در تمام سطوح شوری آب آبیاری مقادیر Y و IWUE و همچنین در سطح چهارم شوری آب ($۷/۵ dS.m^{-1}$) مقادیر FW تغییرات معنی‌داری نداشته است. این نتیجه، بیانگر آن است که در سطح بالای شوری آب آبیاری، با افزایش فاصله آبیاری تا ۴ روز کاهش معنی‌داری در عملکرد گیاه رخ نداده است که با گزارش اشلیف (۱۹۸۳) مطابقت دارد. وی در پژوهش‌های خود به این نتیجه رسیده بود که در دور آبیاری کم، حجم آب آبیاری برای راندن نمک به بیرون از محیط ریشه کافی نیست؛ ولی با افزایش فاصله آبیاری به‌دلیل اینکه حجم آب بیشتری استفاده می‌شود، برای بیرون راندن نمک از محیط ریشه مؤثرتر است. از این‌رو، در شرایط شوری بالای آب آبیاری می‌توان فاصلهٔ آبیاری را در روش قطره‌ای بسته به شرایط اقلیمی و کیفیت خاک افزایش داد.

آثار منفی تنش شوری بر رشد و عملکرد گیاه در پژوهش‌های متعدد دیگر نیز گزارش شده است (هوانگ و همکاران، ۲۰۱۲). اما نکته قابل توجه آن است که در گزارش آیرز و وستکات (۱۹۸۵) که به نشریهٔ شمارهٔ ۲۹ فائو نیز معروف است، با افزایش شوری آب آبیاری تا $۵ dS.m^{-1}$ با فرض آبشویی ۱۵ تا ۲۰ درصد، افت عملکرد گوجه‌فرنگی ۵۰ درصد گزارش شده است؛ ولی در این پژوهش با افزایش شوری آب تا $۵/۵ dS.m^{-1}$ افت عملکرد حدود ۲۹/۲ درصد مشاهده شد. این اختلاف تأییدی است بر اینکه آثار شوری بر گیاه بسته به شرایط آب و هوایی، ویژگی‌های خاک و شیوهٔ مدیریت زراعی و آبیاری متفاوت است (آیرز و وستکات، ۱۹۸۵). حساسیت گیاه به تنش شوری در مراحل مختلف رشد نیز متفاوت است. گزارش‌های متعدد، بیانگر آن است که حساسیت گوجه‌فرنگی به آب شور در مراحل پایانی فصل رشد کمتر است. در پژوهش حاضر، پایین‌بودن نیاز تبخیر هوا، بالابودن سطح رطوبت خاک در فاصلهٔ آبیاری‌ها که باعث کاهش غلظت نمک می‌شود و نیز وقوع بارندگی‌ها و آبشویی نمک از محیط ریشه (شکل ۱)، باعث شده تا آثار منفی سطوح بالاتر شوری آب آبیاری بر گیاه در دوره رشد رویشی کاهش پیدا کند. بنابراین، می‌توان گفت شرایط اقلیمی و خاک محل اجرای پژوهش در کاهش اثرهای تنش شوری بر رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی نقش بسزایی داشته است.

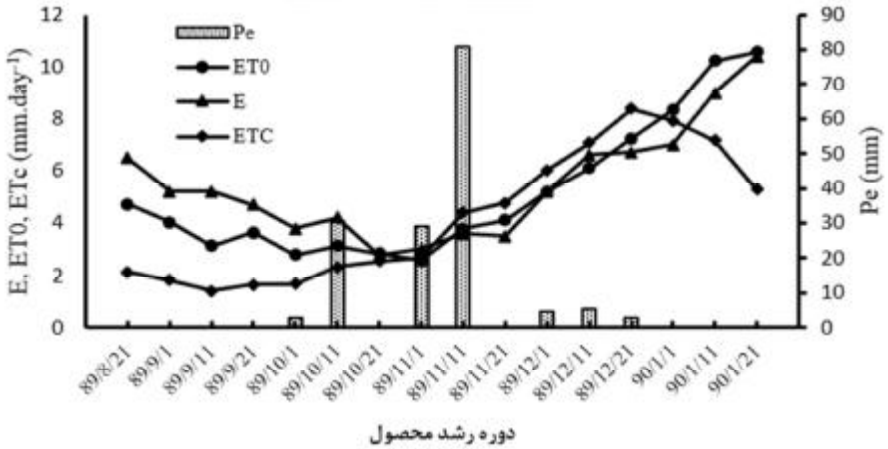
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- مقایسه مقادیر میانگین مربوط به آثار سطوح فاصله آبیاری (I) و شوری آب آبیاری (S) بر عملکرد (Y)، کارایی مصرف آب آبیاری (IWUE) و وزن میوه (FW) با آزمون دانکن (α=5%)

فاصله آبیاری (روز)	شوری آب آبیاری ($dS.m^{-1}$) (S1)۱/۱	(S2)۳/۷	(S3)۵/۵	(S4)۷/۵	میانگین
		Y ($t.ha^{-1}$)			
۲(I1)	۷۶/۷^{a}	۶۰/۱^{b}	۵۷/۰^{bcd}	۴۹/۸^{cde}	۶۰/۹^{A}
۴(I2)	۷۰/۵^{a}	۵۶/۷^{bcd}	۵۲/۶^{bcde}	۴۹/۲^{de}	۵۷/۳^{A}
۷(I3)	۵۸/۱^{bc}	۵۱/۲^{cde}	۴۷/۴^{e}	۳۸/۲^{f}	۴۸/۷^{B}
میانگین	۶۸/۴^{A}	۵۶/۰^{B}	۵۲/۳^{B}	۴۵/۷^{C}	
		IWUE ($kg.m^{-3}$)			
۲(I1)	۱۴/۶^{a}	۱۱/۰^{b}	۱۰/۰^{bc}	۸/۲^{d}	۱۰/۹^{A}
۴(I2)	۱۳/۴^{a}	۱۰/۴^{b}	۹/۳^{cd}	۸/۱^{d}	۱۰/۳^{A}
۷(I3)	۱۱/۱^{b}	۹/۳^{cd}	۸/۳^{d}	۶/۳^{e}	۸/۸^{B}
میانگین	۱۳/۰^{A}	۱۰/۲^{B}	۹/۲^{C}	۷/۵^{D}	
		FW (g)			
۲(I1)	۵۲/۷^{a}	۴۵/۳^{b}	۴۲/۷^{bc}	۳۴/۷^{def}	۴۳/۸^{A}
۴(I2)	۴۵/۷^{b}	۳۹/۰^{cd}	۳۳/۳^{def}	۳۱/۷^{efg}	۳۷/۴^{AB}
۷(I3)	۳۹/۰^{cd}	۳۵/۳^{de}	۲۹/۰^{fg}	۲۶/۳^{g}	۳۲/۴^{B}
میانگین	۴۵/۸^{A}	۳۹/۹^{B}	۳۵/۰^{C}	۳۰/۹^{D}	

میانگین‌هایی که در هر ردیف یا ستون با حروف لاتین بزرگ یا کوچک یکسان مشخص شده‌اند در سطح احتمال ۵% تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.



شکل ۱- تغییرات تبخیر (E)، تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ET0)، تبخیر و تعرق پتانسیل گوجه فرنگی (ETc) و باران مؤثر (Pe) در طول دوره رشد (سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹)

اثر سطوح مختلف شوری و فاصله آبیاری بر میزان مواد جامد محلول (TSS) میوه

مقایسهٔ میانگین‌های مربوطه با آزمون دانکن (جدول ۶) نشان می‌دهد که به‌طور کلی با افزایش فاصلهٔ آبیاری و شوری آب آبیاری، TSS میوه افزایش معنی‌داری ($P<0.01$) داشته است. اگرچه آثار متقابل این دو تیمار معنی‌دار نیست؛ ولی در تمام سطوح دور آبیاری با افزایش شوری آب، TSS افزایش داشته و از طرفی، در تمام سطوح شوری آب آبیاری با افزایش فاصله آبیاری، TSS افزایش داشته است. میانگین‌های مربوط به سطوح فواصل آبیاری اول (I1) و دوم (I2) در یک گروه (B) قرار دارند؛ ولی افزایش فاصلهٔ آبیاری به ۷ روز باعث افزایش معنی‌داری TSS میوه شده است. این موضوع بیانگر بهبود کیفیت میوه با اعمال تنش رطوبتی است که با گزارش میشل و همکاران (۱۹۹۱) مطابقت دارد. همچنین، میانگین‌های مربوط به سطوح شوری اول (S1) و دوم (S2) تفاوت معنی‌داری با

www.SID.ir

Archive of SID

یکدیگر نداشته و در یک گروه (B) قرار دارند؛ ولی افزایش شوری آب آبیاری به ۵/۵ $dS.m^{-1}$ باعث افزایش معنی‌دار TSS شده است. مطالعات زیادی نیز بیانگر آن است که افزایش شوری خاک باعث کندی رشد و کاهش عملکرد میوه می‌شود؛ ولی در عوض، کیفیت میوه را از طریق افزایش TSS میوه بهبود می‌بخشد (بوتیا و همکاران، ۲۰۰۵). در گزارش پاسترناک و همکاران (۱۹۸۶) نیز آمده است که کاهش عملکرد برخی گیاهان در اثر شوری از طریق افزایش در پارامترهای کیفی میوه جبران می‌شود.

توزیع نمک در پروفیل ریشه

به‌طور کلی، هنگام استفاده از آب شور در آبیاری، بخش قابل توجهی از نمک آب در محیط ریشه انباشته می‌شود (ون و همکاران، ۲۰۰۷) که میزان این انباشتگی در لایه‌های مختلف خاک تحت تأثیر روش آبیاری و شرایط آب و هوایی متفاوت است. در روش قطره‌ای توزیع نمک در محیط ریشه تحت تأثیر حرکت عمودی و جانبی رطوبت است. به‌طوری که حرکت جانبی رطوبت و افزایش تبخیر منجر به تجمع موضعی نمک در سطح خاک و تشکیل گوشواره‌های نمکی می‌شود (آیرز و وستکات، ۱۹۸۵). در این پژوهش، همان‌طور که انتظار می‌رفت، با افزایش شوری آب میزان شوری خاک نیز افزایش داشته است (شکل ۲)؛ ولی تغییرات شوری در لایه‌های مختلف خاک مطابق گزارش سلیم و همکاران (۲۰۱۳) تحت تأثیر تبخیر از سطح خاک، توزیع مجدد رطوبت و میزان آبشویی نمک در تیمارهای مورد بررسی متفاوت بود.

جدول ۶- مقادیر میانگین TSS مربوط به آثار اصلی و متقابل سطوح فاصله آبیاری و شوری آب (I×S)

فاصله آبیاری (روز)	شوری آب آبیاری ($dS.m^{-1}$)				میانگین
	(S1)۱/۱	(S2)۳/۷	(S3)۵/۵	(S4)۷/۵	
(I1)۲	۴/۹^{e}	۵/۴^{cde}	۵/۹^{bcd}	۶/۰^{b}	۵/۶^{B}
(I2)۴	۵/۱^{e}	۵/۴^{de}	۵/۸^{bcd}	۶/۲^{b}	۵/۶^{B}
(I3)۷	۵/۹^{bc}	۶/۰^{b}	۶/۸^{a}	۷/۱^{a}	۶/۴^{A}
میانگین	۵/۳^{B}	۵/۶^{B}	۶/۲^{A}	۶/۴^{A}	

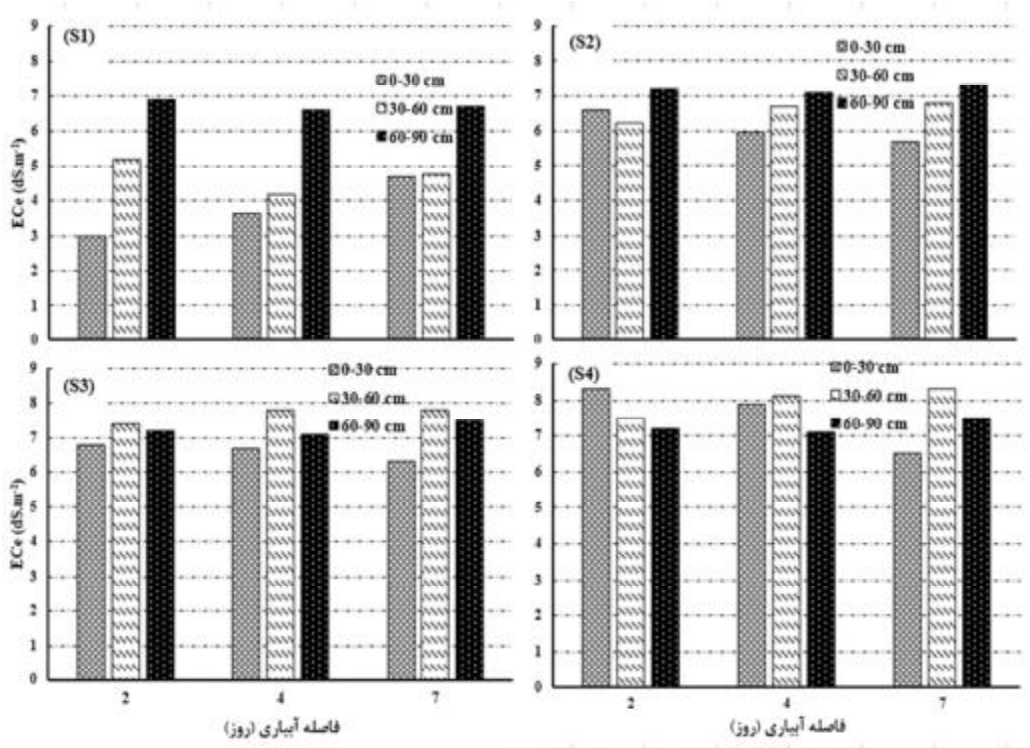
میانگین‌هایی که در هر ردیف یا ستون با حروف لاتین بزرگ یا کوچک یکسان مشخص شده‌اند در سطح احتمال ۵% تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

در تمام تیمارها (به جز تیمارهای I1S4 و I2S4) شوری خاک (ECe) در لایهٔ سطحی (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر) و لایهٔ میانی (۶۰-۳۰ سانتی‌متر) در انتهای فصل رشد نسبت به شوری اولیه (حدود ۷ $dS.m^{-1}$) کاهش قابل توجه داشت که بیانگر آبشویی نمک به سمت لایه پایین‌تر در اثر آب باران و آبیاری است. استقرار نوارهای قطره‌ای در داخل جوی‌های سطحی باعث تجمع آب آبیاری یا باران در داخل آن‌ها و جلوگیری از پخش سطحی رطوبت شده است. در نتیجه، حرکت عمودی آب و به تبع آن حرکت عمودی نمک نسبت به حرکت جانبی آن بیشتر شده و بر خلاف معمول شوری در لایهٔ پایین‌تر (عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متر) بیشتر شده است. هوانگ و همکاران (۲۰۱۲) نیز در گزارش خود عنوان کرده‌اند که با کاربرد آب شور تحت شرایط آب و هوایی خاص، شوری خاک در لایهٔ سطحی کاهش و در لایه‌های پایین‌تر افزایش می‌یابد. در لایه ۹۰-۶۰ سانتی‌متر در همهٔ تیمارها تغییرات شوری خاک نسبت به شوری اولیه چندان محسوس نبود.

همچنین، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در سطوح شوری S2، S3 و S4 با افزایش فاصله آبیاری، شوری خاک در لایهٔ میانی (عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متر) بیشتر از شوری در لایهٔ سطحی (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر) بوده است. می‌توان گفت در فواصل آبیاری کم، بالابودن سطح رطوبت خاک در لایهٔ سطحی و تبخیر از سطح خاک باعث شده است تا نمک بیشتری در لایهٔ سطحی جمع شود. در تیمارهای I1S4 و I2S4 به‌دلیل بالابودن غلظت نمک آب و فاصلهٔ کم آبیاری، شوری خاک در لایه سطحی نسبت به شوری اولیه افزایش داشته است. پس به‌طور کلی، می‌توان گفت شرایط آب و هوایی، ویژگی‌های خاک محل آزمایش و هم‌زمانی فصل کشت با فصل بارندگی باعث آبشویی نمک در اثر آب باران و آبیاری و کاهش شوری خاک در لایه‌های سطحی شده است. البته با توجه به اینکه این نتایج مربوط به یک سال است برای بررسی روند تغییرات بلندمدت شوری خاک تحت روش آبیاری قطره‌ای مطالعات بیشتری لازم است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- مقایر میانگین شوری خاک در لایه‌های خاک (۳۰-۰، ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتی‌متر) تحت سطوح تیمارهای مختلف فاصله آبیاری (۲، ۴ و ۷ روز) و شوری آب آبیاری (S1، S2، S3 و S4)

نتیجه‌گیری

به طور کلی، با افزایش فاصلهٔ آبیاری از ۲ به ۷ روز، مقادیر میانگین عملکرد محصول، کارایی مصرف آب آبیاری، وزن میوه به‌ترتیب ۲۰، ۱۹ و ۲۶ درصد کاهش داشتند. همچنین، با افزایش شوری آب آبیاری از ۱/۱ $dS.m^{-1}$ به ۷/۵ $dS.m^{-1}$ این مقادیر به‌ترتیب ۳۳، ۳۹ و ۳۲ درصد کاهش داشتند؛ ولی میزان کاهش عملکرد با افزایش شوری آب به مراتب کمتر از مقادیر گزارش شده در نشریه ۲۹ فائو (آیرز و وستکات، ۱۹۸۵) بود.

مقادیر میانگین عملکرد محصول، کارایی مصرف آب آبیاری، وزن میوه در فواصل آبیاری ۲ و ۴ روز تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. بنابراین، تحت شرایط آب و هوایی و ویژگی‌های خاک محل اجرای آزمایش، می‌توان فاصله آبیاری‌ها در روش قطره‌ای را به ۴ روز افزایش داد که به لحاظ مدیریت و برنامه‌ریزی سیستم آبیاری حائز اهمیت است. با افزایش فاصلهٔ آبیاری و شوری آب آبیاری کیفیت میوه به لحاظ میزان مواد جامد محلول (TSS) افزایش داشت. در تمام تیمارها (به جز تیمارهای I1S4 و I2S4) شوری خاک (ECe) در لایهٔ سطحی (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر) و لایهٔ میانی (۶۰-۳۰ سانتی‌متر) در انتهای فصل رشد نسبت به شوری اولیه (حدود ۷ $dS.m^{-1}$) کاهش قابل توجه داشت که بیانگر آبشویی نمک به سمت لایهٔ پایین‌تر در اثر آب باران و آبیاری است. در لایه ۹۰-۶۰ سانتی‌متر در همهٔ تیمارها، تغییرات شوری خاک نسبت به شوری اولیه چندان محسوس نبود. از آنجا که این نتایج مربوط به پژوهش یک ساله است، برای بررسی روند تغییرات بلندمدت شوری خاک تحت روش آبیاری قطره‌ای مطالعات چندین ساله لازم است.

سپاس‌گزاری

نویسندگان مقاله از دفتر آموزش و پژوهش استانداری بوشهر به خاطر تأمین بخشی از هزینه‌های پروژه از محل قرارداد شماره ۲۶/۶۳/۴۱۲۶ مورخ ۸۸/۱۲/۲۷ صمیمانه تشکر می‌نمایند.

منابع

۱. حسینی ا. و نعمتی ح. ۱۳۹۳. اثر فاصله آبیاری بر خصوصیات رشدی، عملکرد کمی و کیفی گوجه

www.SID.ir

Archive of SID

فرنگی در شرایط کاربرد و عدم کاربرد مالچ پلاستیکی. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. ۶(۳): ۵۶۰-۵۵۲.

2. Allen R. G. Pereira L. S. Raes D. and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage paper No.56. 301 p.
3. Ayers R. S. and Westct D. W. 1985. Water quality for agriculture: Irrigation and Drainage Paper No. 29. FAO. Rome. Italy. 174 p.
4. Botia P. Navarro J. M. Cerda A. and Martinez V. 2005. Yield and fruit quality of two melon cultivars in irrigated with saline water at different stages of development. European Journal of Agronom. 23: 243-253.
5. Candido V. Miccolis V. and Perniola M. 1999. Effects of irrigation regime on yield and quality of processing tomato cultivars. Acta Horticulturae. 537: 779-788.
6. Del Amor F. M. Martinez V. and Cerda´ A. 2001. Salt tolerance of tomato plants as affected by stage of plant development. Hortscience. 36: 1260-1263.
7. Doorenbos J. and Pruitt W. O. 1977 Guidelines for predicting crop water requirements. FAO. Rome. Irrigation and Drainage Paper No. 24. 144 p.
8. Huang C. H. Zong L. Buonanno M. Xue X. Wanga T. and Tedeschi A. 2012. Impact of saline water irrigation on yield and quality of melon (Cucumis melo cv. Huanghemi) in northwest China. European Journal of Agronomy. 43: 68-76.
9. Mitchell J. P. Shennan C. Grattan S. R. and May D. M. 1991. Tomato fruit yields and quality under water deficit and salinity. Journal of the American Society for Horticultural Science. 116: 215-221.
10. Munns R. and Tester M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology. 59: 651-681.
11. Pasternak D. De Malach Y. and Borovic I. 1986: Irrigation with brackish water under desert conditions. VII. Effect of time of application of brackish water on production of processing tomatoes. Journal of Agricultural Water Management. 12: 149-158.
12. Pereira L. S. Cordery I. and Iacovides I. 2012. Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. Agricultural Water Management. 108: 39-51.
13. Rhoades J. D. Kandiah A. and Mashali A. M. 1992: The use of saline waters for crop production. FAO Irrigation and Drainage Paper 48. Rome. Italy. 133 p.
14. Singh S. S. and Koushal M. P. 1993. Fresh and saline water irrigation through drip and furrow method. International Journal of Tropical Agriculture. 9(3): 194-202.
15. Schleiff U. 1983. Effect of different water application intervals with saline water on the salt tolerance of maize. Journal of Agronomy and Crop Science 152: 9-18.
16. Schleiff U. 2005: Research aspects for crop salt tolerance under irrigation with special reference to root environment. In: S. Haneklaus R. M. Rietz J. Rogasik and S. Schroetter (eds.). Research Accents in Agricultural Chemistry. pp. 83-94.
17. Selim T. Bouksila F. Berndtsson R. and Person M. 2013. Soil Water and Salinity Distribution under Different Treatments of Drip Irrigation. Soil Science Society of America Journal. 77: 1144-1156.
18. Ucan K. Killi F. Gencoglan C. and Merdun H. 2007. Effect of irrigation frequency and amount on water use efficiency and yield of sesame (Sesamum indicum L.) under field conditions. Field Crops Research. 101: 249-258.
19. Wan S. Kang Y. Wang D. Liu S. P. and Feng L. P. 2007. Effect of drip irrigation with saline water on tomato (Lycopersicon esculentum Mill) yield and water use in semi-humid area. Agricultural Water Management. 90: 63-74.
20. Wang F. X. Kang Y. H. and Liu S. P. 2006. Effects of drip irrigation frequency on soil wetting pattern and potato growth in North China Plain. Agricultural Water Management. 79: 248-264.
21. Yi P. F. Hudan T. Wang Y. M. Wu Z. G. and Zhang J. Z. 2011. Schedule optimization of under-plastic-mulch drip irrigation for cotton in arid areas. Bulletin of Soil and Water Conservation. 1: 53-57.
22. Zhang Q. Li G. Y. and Cai F. J. 2004. Effect of mulched drip irrigation frequency on soil salt regime and cotton growth. Journal of Hydraulic Engineering. 9: 123-126.

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir