

تأثیر سطوح مختلف آبیاری و شوری بر شاخص‌های مورفولوژیک و کیفیت فلفل دلمه با سیستم هوشمند آبیاری قطره‌ای

محمد سالاریان^{۱*}، امین علیزاده^۲، کامران داوری^۳، حسین انصاری^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۸/۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۹/۱۵

چکیده

تنش شوری بعد از تنش آبی مهم‌ترین تنش محیطی است که بر گیاهان تأثیر می‌گذارد و به شدت از رشد و نمو گیاهان حساس به شوری می‌کاهد. فلفل دلمه گیاهی حساس به تنش آبی و نیمه‌حساس به تنش شوری می‌باشد. شوری باعث کاهش عملکرد و کیفیت فلفل دلمه‌ای خواهد شد. به منظور شناخت تأثیر تنش آبی (کم آبیاری) و شوری بر خصوصیات مورفولوژیک و کیفیت فلفل دلمه در گلخانه، آزمایشی طی زمستان و بهار ۹۳-۱۳۹۲ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. برای آبیاری فلفل دلمه در گلخانه، آزمایشی طی زمستان و بهار ۹۳-۱۳۹۲ در منظور از حسگرهای رطوبتی REC-P55 تعبیه شد در داخل گلدان نیاز آبی گیاه تشخیص داده شد و دستورات لازم به کنترلر برای قطع یا وصل آبیاری داده شد. تیمارهای آبیاری اعمال شده عبارت بودند از آبیاری به مقدار ۱۰۰٪ (I1)، ۸۵٪ (I2) و ۷۰٪ (I3) نیاز آبی گیاه و نیز سه سطح شوری به میزان ۱/۲ (S1)، ۳ (S2) و ۶ (S3) دسی زیمنس بر متر، و با سه تکرار در قالب آزمایش فاکتوریل طرح کامل تصادفی اعمال گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که تنش‌های شوری و آبی بر عملکرد، وزن میوه و تعداد میوه تأثیرات بسیار معنی‌داری در سطح ۱٪ داشته‌اند. تأثیر توأم تنش‌های شوری و آبی بر عملکرد میوه تأثیر معنی‌داری در سطح ۵٪ داشت. با افزایش شوری و کم شدن آب، آبیاری عملکرد میوه، طول و قطر میوه و حجم ریشه کاهش یافت. تنش کم آبیاری موجب افزایش طول ریشه شد. تأثیرات تنش‌های شوری و کم آبیاری بر مولفه‌های کیفی میوه فلفل دلمه نشان داد که با افزایش میزان شوری و کم شدن آب آبیاری یکنواختی رنگ و سلامتی میوه کاهش یافت و متناسب با آن نیز وزن میوه کاهش داشت.

واژه‌های کلیدی: تنش، فلفل دلمه، کیفیت، مورفولوژیک، هوشمند

مقدمه

که بتوان مشکلات ناشی از رشد گیاهان را با مدیریت صحیح آبیاری بطور کامل حل نمود، امری غیرممکن است. در کشت گلخانه‌ای به دلیل امکان استفاده از آبیاری تحت فشار و کنترل پارامترهای آب و هوایی، مدیریت آبیاری به سادگی قابل اجرا می‌باشد. با توجه به اینکه بیش آبیاری موجب کاهش عملکرد گیاه و آبیاری ناکافی موجب ایجاد تنش و کاهش تولید می‌شود در چنین شرایطی سیستم‌های هوشمند آبیاری قطره‌ای به منظور استفاده بهینه از آب آبیاری توصیه می‌شود (Salarian et al., 2014). فلفل سبز محصول مهم کشاورزی است که نه تنها به خاطر ارزش اقتصادی بلکه به خاطر ارزش میوه‌های آن و هم چنین منبع عالی رنگ‌های طبیعی و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی بسیار مورد توجه قرار گرفته است (سجادی و همکاران، ۱۳۹۵، Tapus et al., 2007). میوه‌های فلفل را می‌توان در مراحل مختلف رشد مصرف نمود. بطوری‌که در مزرعه معمولاً در حین مرحله سبز شدن برداشت صورت می‌گیرد (Lin et al., 1993)، در صورتی‌که در گلخانه می‌توان هم در مرحله سبز شدن و هم در مرحله رسیدن کامل برداشت کرد (Bakker., 1989). از نقطه نظر رشد، زمانی که برداشت

با افزایش جمعیت جهان و کمبود منابع غذایی، بحث تولید با کیفیت بالا و در سطح کم‌تر، بیش از پیش توجه همه را به خود جلب کرده است. گیاهان که پایه و اساس حیات بر روی کره زمین می‌باشند تحت تأثیر تنش‌های محیطی قرار دارند. سطح وسیعی از جهان تحت تنش شوری قرار دارد و هر ساله بر این میزان نیز افزوده می‌شود (Koocheki and Mohalati., 1994). تنش شوری بعد از تنش آبی مهم‌ترین تنش محیطی است که بر گیاهان تأثیر می‌گذارد و به شدت از رشد و نمو گیاهان حساس به شوری می‌کاهد، از طرفی این تصور

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آب، آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۴- استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

*- نویسنده مسئول: mohammad.salarian@mail.um.ac.ir

اسمزی یکسان، ترکیبات شیمیایی متفاوت موجب کاهش رشد مشابهی در گیاه می‌شود؛ از سوی دیگر، چنان‌چه غلظت یک نمک معین در محلول خاک از حدی فراتر رود و یا نسبت‌های یونی موجود به سود یکی از آن‌ها تغییر یابد، مسمومیت یونی و عدم تعادل تغذیه‌ای بروز می‌نماید و میزان کاهش رشد گیاه تقریباً مضاعف می‌شود (Papp et al., 1983). افزایش میزان اصلاح بخش‌های مختلف گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Tanji., 1995). بنابراین مدیریت آب آبیاری برای رشد گیاه و نیز کنترل سطح شوری خاک بسیار مهم است (Pessarakli and Szabolcs., 1999). هدف از انجام این پژوهش شناخت تاثیر تنش آبی و شوری بر شاخص‌های مورفولوژیکی، کمی و کیفی فلفل دلمه مانند؛ ارتفاع بوته، طول میوه و نیز قطر میوه، قطر ساقه، طول ریشه، حجم ریشه، تعداد برگ، رتبه‌بندی کیفی میوه به درجه ۱ تا ۵ و نیز عملکرد، در شرایط گلخانه‌ای است.

مواد و روش‌ها

مکان آزمایش

به‌منظور شناخت تاثیر تنش آبی و شوری بر شاخص‌های مورفولوژیکی و کیفی فلفل دلمه مانند؛ ارتفاع بوته، طول میوه و نیز قطر میوه، قطر ساقه، طول ریشه، حجم ریشه، تعداد برگ، رتبه‌بندی کیفی میوه به درجه ۱ تا ۵ و نیز عملکرد در هر مترمربع، در شرایط گلخانه‌ای، آزمایشی بر مبنای کشت گلدانی طی زمستان و بهار سال ۱۳۹۳-۱۳۹۲ در گلخانه تحقیقاتی واقع در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. گیاه مورد مطالعه فلفل دلمه‌ای سبز با نام علمی *Capsicum annuum* و رقم *California wonder* است. با توجه به آزمایشات انجام شده توسط محققان، فلفل گیاهی حساس (Cornillon and Palloix., 1995) و یا نیمه‌حساس به تنش شوری می‌باشد (Meiri and Shalhevet., 1973). ماس در سال ۱۹۹۰ گزارش داد آستانه تحمل شوری برای فلفل دلمه $1/5 \text{ dS/m}$ می‌باشد که مقادیر کم‌تر از آن کاهش در عملکرد میوه نخواهد داشت. محققان نشان داده‌اند در صورت اضافه شدن هر ۱ واحد شوری برحسب dS/m به مقدار شوری آستانه به میزان حدود ۸ تا ۱۵٪ عملکرد فلفل کاهش می‌یابد (Sonneveld., 1988; Navarro et al., 2010).

تیمارهای اعمال شده در آزمایش

این طرح به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تیمار شوری، سه تیمار آبیاری و سه تکرار اجرا گردید. با توجه به اینکه در گلخانه تلفاتی مانند تبخیر و تعرق، نفوذ عمقی و ... کم می‌باشد؛ تیمار شوری به‌عنوان فاکتور اصلی و تیمار آبیاری

در مرحله نارس میوه صورت می‌گیرد موجب کاهش کیفیت و بازاریبندی آن می‌شود (Boonyakiat et al., 1987). بدین منظور تعیین زمان بهینه بالغ/ رسیدن محصول هم به نفع کشاورز خواهد بود و هم خریدار. علاوه بر این برداشت میوه تا مرحله انتهایی منجر به افزایش هزینه‌ها به دلیل استفاده بیش‌تر از آب و کود خواهد شد (Nielsen et al., 1991; Wall and Billes., 1993). کشت تجاری فلفل دلمه در مناطق نیمه‌خشک جایی که شوری یکی از بزرگ‌ترین مشکلات برای کشاورزان است، با مشکل مواجه است (Biswas., 1993). به عبارت دیگر تقاضای تجاری برای فلفل با کیفیت بالا منجر شده که کشت گلخانه‌ای این محصول در بستر غیرخاک یا هیدروپونیک افزایش یابد. وجود مزیت‌هایی نظیر کنترل تغذیه گیاه، امکان افزایش تراکم کاشت، کاهش بروز بیماری‌ها و آفات و افزایش کمیت و کیفیت محصول نسبت به کشت خاکی موجب رویکرد تولیدکنندگان محصولات باغبانی به استفاده از کشت بدون خاک (هیدروپونیک) شده است (Tüzel et al., 2001). کشت بدون خاک همچنین سبب حل مشکل شوری و راه حلی برای کاهش حاصل-خیزی خاک‌ها است و میزان کارایی مصرف آب را حداقل به دو برابر کشت خاکی افزایش می‌دهد (Shi et al., 2002). بنابراین ضرورت تحقیق در مورد گیاهانی که قادر باشند روی خاک‌های شور برویند محسوس است. فلفل گیاهی حساس (Ayers and Westcot., 1985) و یا نیمه‌حساس به تنش شوری می‌باشد (سالاریان و همکاران، ۱۳۹۳). شوری باعث کاهش عملکرد و کیفیت فلفل خواهد شد. آستانه شوری برای فلفل وابسته به نوع زراعت می‌باشد (Chartzoulakis and Klapaki., 2000). شایسته و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیقی به منظور بررسی اثر شوری آب آبیاری بر عملکرد و شاخص‌های رشد گیاه فلفل نشان دادند که افزایش شوری باعث کاهش معنی‌دار عملکرد، تعداد میوه، طول و قطر میوه، وزن خشک ریشه، ارتفاع بوته و وزن خشک برگ و میوه گردید. عباسی رستمی و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقی به منظور بررسی اثر تنش شوری حاصل از کاربرد آب آبیاری شور بر عملکرد و برخی پارامترهای رشدی فلفل سبز رقم *Sivir Demr* با سطوح شوری (۰/۷، ۱/۵، ۲/۵ و ۳ دسی‌زیمنس بر متر) نشان دادند که افزایش سطح شوری منجر به کاهش وزن تر و خشک میوه، تعداد میوه، طول میوه، قطر میوه و ضخامت دیواره میوه شد. مطالعات یوسفی و همکاران (۱۳۹۰) که اثر تنش شوری کلریدسديم در بخشی از سیستم ریشه بر عملکرد، کمیت و کیفیت میوه توت‌فرنگی را مورد بررسی قرار دادند، نتایج ایشان نشان داد که با اعمال شوری در کل سیستم ریشه، وزن تر و خشک میوه، طول میوه و عملکرد ریشه به طور معنی‌داری کاهش یافت. وارپته‌های جدید تجاری این محصول نسبت به حالت قدیمی آن نسبت به شوری حساس‌تر شده است. شوری با افزایش فشار اسمزی، مسمومیت یونی و سو تغذیه گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهند. معمولاً در فشار

تیمارهای آبیاری اعمال شده در سه سطح ۱۰۰٪ (I_1) به‌عنوان شاهد، ۸۵٪ (I_2) و ۷۰٪ (I_3) نیاز آبی فلفل اعمال گردید. خصوصیات آب آبیاری شاهد مطابق جدول ۱ می‌باشد. با توجه به این جدول شوری آب کمتر از شوری آستانه فلفل دلمه (۱/۵ dS/m) می‌باشد (Mass., 1990)، بنابراین برای آبیاری مشکل شوری ندارد. سایر آنیون‌ها و کاتیون‌ها نیز در محدوده مجاز و مناسب برای آبیاری هستند.

تیمار فرعی انتخاب گردیدند. در این آزمایش هدایت الکتریکی آب در سه سطح dS/m ۱/۲ (S_1)، ۳ (S_2) و ۶ (S_3) اعمال شده‌اند. تیمار S_1 آب معمولی مورد استفاده در گلخانه مکان آزمایش بود و به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. سایر سطوح شوری با اضافه کردن نمک NaCl، مطابق دستورالعمل تعیین شده توسط USBR و قرائت توسط EC متر به سطح مورد نظر رسید. خصوصیات نمک مورد استفاده به منظور شور کردن آب آبیاری مطابق جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱- خصوصیات نمک مورد استفاده به منظور شور کردن آب و خصوصیات کیفی آب قبل از شوری (شاهد)

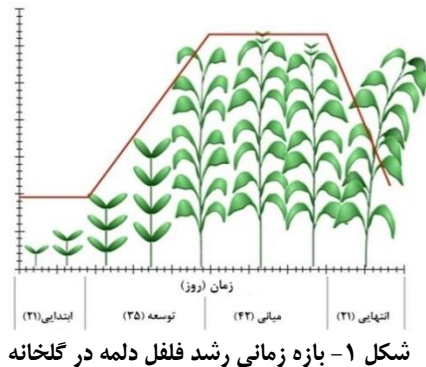
As	فلزات سنگین	SO ₄	PO ₄	I	Br	PH(۵٪ آب)	درجه خالص	M	کمیت	واحد	مقدار
%	%	%	%	%	%	-	%	(gr/mol)			
< ۰/۵	< ۰/۰۰۰۱	< ۰/۰۱	< ۰/۰۰۲۵	< ۰/۰۰۱	< ۰/۰۰۵	۵-۷/۵	> ۹۹/۵	۵۸/۴۴			
SAR	Mg	Cl	Hco ₃ ⁻¹	Co ₃ ⁻²	Ca	Na	pH	EC	کمیت	واحد	مقدار
-	meq/L	meq/L	meq/L	meq/L	meq/L	meq/L	-	(dS/m)			
۲/۷۲	۳/۸۰	۴/۰۰	۳/۱۰	۰/۲۰	۳/۰۰	۵/۰۰	۸/۲۰	1/2			

پژوهش $S_1 I_1$ (یعنی: شوری ۱/۲ dS/m و آبیاری به میزان ۱۰۰٪ نیاز آبی فلفل) است.

با توجه به اینکه تیمارهای آبیاری و شوری بصورت توأم اعمال گردید، بنابراین ۹ تیمار متفاوت از آبیاری و شوری که هر کدام ۳ تکرار داشتند مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۲). تیمار شاهد در این

جدول ۲- ترکیبات مختلف تیمار آبیاری و شوری در آزمایش

تیمار شوری								
S ₃	S ₃	S ₃	S ₂	S ₂	S ₂	S ₁	S ₁	S ₁
I ₃	I ₂	I ₁	I ₃	I ₂	I ₁	I ₃	I ₂	I ₁
S ₃ I ₃	S ₃ I ₂	S ₃ I ₁	S ₂ I ₃	S ₂ I ₂	S ₂ I ₁	S ₁ I ₃	S ₁ I ₂	S ₁ I ₁
تیمار آبیاری								
اثر توأم								



شکل ۱- بازه زمانی رشد فلفل دلمه در گلخانه

شرایط محیط گلخانه و ابزار اندازه‌گیری

فلفل از میوه‌های فصل گرم و نسبت به سرما و یخبندان، به‌ویژه دمای زیر ۱۵ درجه سانتی‌گراد بسیار حساس است. این گیاه در دمای ۱۶ تا ۲۶ درجه (دمای پایه حدود ۱۸ درجه) سانتی‌گراد، بهترین شرایط رشد را دارد و در دمای بالای ۳۲ درجه سانتی‌گراد، گلدهی آن متوقف می‌شود. بدین منظور رطوبت نسبی و دما در داخل و خارج گلخانه به‌صورت میانگین روزانه اندازه‌گیری گردید. در جدول ۳

بستر کشت و کود

گلدان‌های مورد استفاده از نوع پلاستیکی به رنگ سیاه با قطر دهانه ۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر بودند. درکف گلدان‌ها به مقدار مساوی سنگ‌ریزه (جهت زهکشی) ریخته شد و سپس گلدان‌ها مشابه با بستر کشت واقعی فلفل دلمه در گلخانه‌های مدرن و امروزی، با کوکوپیت، پرلایت و ماسه به نسبت $\frac{2}{4}$ ، $\frac{1}{4}$ و $\frac{1}{4}$ که برای کشت فلفل تهیه شده بود پر گردیدند. رطوبت حجمی آن در حد ظرفیت زراعی (FC) و نقطه پژمردگی دائم (PWP) به ترتیب ۳۱٪ و ۱۰٪ حجمی تعیین و حداکثر تخلیه مجاز ۵۰٪ در نظر گرفته

شد. برای جلوگیری از تبخیر روی گلدان‌ها فویل‌های آلومینیومی به ضخامت ۴۰ میکرون قرار گرفت. به‌منظور کود آبیاری، از کودهای NPK به نسبت‌های ۲۰-۲۰-۲۰، ۱۰-۵۲-۱۰ و ۳۰-۵-۱۵ استفاده شد. طول دوره رشد آزمایش به مدت ۱۱۹ روز (۱۷ هفته) بود (شکل ۱). در دوره ابتدایی رشد بذرها به مدت سه هفته در داخل سینه‌های کشت رشد یافته و بعد از ۴ برگی شدن به گلدان انتقال داده شد و شروع داده برداری‌ها با اعمال توأم شوری و کم‌آبیاری از ۱۱ اسفند ماه ۱۳۹۲ و با شروع دوره توسعه آغاز شده است.

اندازه‌گیری حجم ریشه پس از برداشت، ریشه به روش شستشو آن را در محفظه‌ای که حجم مشخص آب در آن وجود دارد قرار داده و میزان تغییرات سطح آب را یادداشت نموده و به عنوان حجم ریشه ثبت شد. توزین میوه نیز توسط ترازوهای دیجیتال انجام شد. میوه‌های فلفل دلمه در مرحله بلوغ و رسیدن کامل چیده شد. تقسیم‌بندی کیفی میوه‌ها متناسب با آنچه در جدول ۴ آورده شده انجام شد.

میانگین دمای حداقل، حداکثر و متوسط و نیز رطوبت نسبی متوسط درون و خارج گلخانه آورده شد. تاثیرات کم‌آبیاری و شوری بر روی خصوصیات مختلف بوته‌های تحت آزمایش مشاهده و ثبت شد. از جمله اینکه با استفاده از کولیس به اندازه‌گیری طول میوه (ارتفاع، قطر بزرگ و کوچک میوه) و قطر ساقه (به فاصله یک سانتی‌متر از سطح بستر) پرداخته شد. با استفاده از خط‌کش به اندازه‌گیری طول بوته در مراحل مختلف رشد و طول ریشه پس از برداشت پرداخته شد. برای

جدول ۳- متغیرهای دما و رطوبت نسبی درون و خارج گلخانه

متغیر	دمای حداقل (C)		دمای حداکثر (C)		متوسط دما (C)		رطوبت (%)
	داخل	خارج	داخل	خارج	داخل	خارج	
اسفند	۲۲/۹۳	۳/۶۳	۳۰/۷۸	۱۵/۵۳	۲۴/۹۸	۹/۴۳	۸۵
فروردین	۲۱/۸۰	۵/۱۴	۳۱/۷۴	۱۹/۴۹	۲۵/۶۳	۱۲/۳۰	۸۷
اردیبهشت	۱۶/۷۲	۱۲/۹۱	۳۱/۶۵	۲۹/۷۶	۲۳/۷۶	۲۱/۶۳	۹۰
خرداد	۱۶/۴۵	۱۳/۹۵	۳۰/۶۴	۳۲/۰۴	۲۴/۴۵	۲۳/۶۱	۹۰
میانگین دوره	۱۹/۴۸	۸/۹۱	۳۱/۲۰	۲۴/۲۱	۲۴/۷۱	۱۶/۷۴	۸۸

جدول ۴- خصوصیات بازارپسند برای فلفل دلمه‌ای مورد بررسی برای طبقه‌بندی، درجه ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵

درجه	کیفیت	یکنواختی رنگ	وضعیت سلامتی	شکل	وزن
۱	عالی	%۱۰۰	%۱۰۰	مربع	۴۵-۶۰
۲	خوب	%(۸۰-۱۰۰)	%(۸۰-۱۰۰)	غیرمربع	بیش‌تر از ۶۰
۳	متوسط	%(۶۰-۸۰)	%(۶۰-۸۰)	مربع	۴۵-۶۰
۴	بد	%(۴۰-۵۰)	%(۴۰-۵۰)	غیرمربع	۳۰-۴۰
۵	خراب	-	%(۲۰-۴۰)	مربع	۲۵-۳۰
			کم‌تر از ۲۵	غیرمربع	-

(-) هیچ کدام از خصوصیات را ندارند

دستور کم آبیاری برای هر تیمار به‌صورت جداگانه استفاده شده است. به کمک پمپ شناور در مخزن آب، فشار لازم برای خروج آب از شیر برقی و قطره‌چکان (۲ لیتر در ساعت) تامین می‌شود. رطوبت خاک در عمق ۱۰ سانتی‌متری گلدان به کمک حسگرها REC-P55 اندازه‌گیری شد. حسگرهای تعبیه شده در این آزمایش با توجه به مقادیر دما، رطوبت و شوری خاک کالیبره شده و رطوبت حجمی را محاسبه می‌کنند. با توجه به مقدار محاسبه شده رطوبت حجمی دستور آبیاری به کنترلر تعبیه شده داده شد تا بر اساس حجم آب مورد نیاز در زمان مورد نظر دستور قطع/ وصل به شیرهای برقی داده شد. کاهش رطوبت خاک در تیمار آبیاری کامل نسبت به حد رطوبت FC در هر دور آبیاری جبران می‌گردد. این مقدار آب، به دلیل نداشتن تلفات نفوذ عمقی برابر با تبخیر و تعرق در نظر گرفته شد (تقریباً ۱۰ میلی‌لیتر آب

برای اندازه‌گیری رطوبت خاک، شوری خاک و دمای خاک از حسگرهای REC-P55 استفاده شد. حسگرهای تعبیه شده در این آزمایش با توجه به مقادیر دما، رطوبت و شوری خاک کالیبره شده و رطوبت حجمی را محاسبه می‌کنند. میوه‌های خراب/ پوسیده و میوه‌های با بیش از ۲۰٪ پوسیدگی (BER^۱) برای ارزیابی بازارپسندی در ارزشیابی لحاظ نشده است (Navarro et al., 2010).

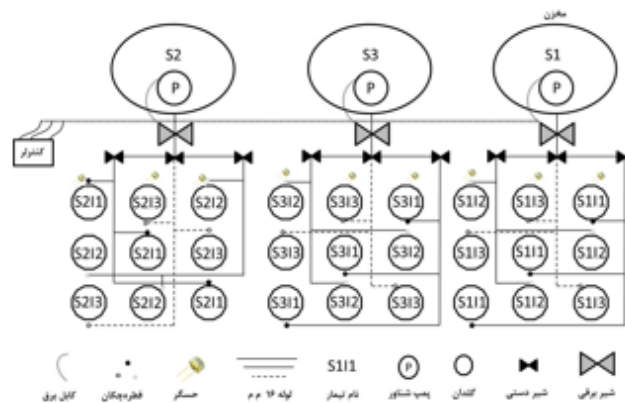
مدیریت آبیاری

یک سیستم آبیاری خودکار برای انجام آزمایش طراحی شده است. لوله‌های آب به شیر برقی تعبیه شده وصل می‌شوند. به‌منظور صرفه‌جویی در هزینه برای هر مخزن سه شیر دستی برای اعمال

روش تحلیل داده‌ها

داده‌های این آزمایش در قالب طرح آزمایشی فاکتوریل از نوع کامل تصادفی است. با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و MSTAT-C و با آزمون مقایسه میانگین LSD و در سطوح ۱٪ و ۵٪ تجزیه و تحلیل گردید و برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزارهای اکسل و سیگماپلات استفاده شد.

از هر گلدان زهکشی شده که از آن صرف‌نظر شد. دور آبیاری با توجه به نیاز گیاه به آب است ولی به منظور یکنواختی کار و نیاز گیاه به آب دور ۲ روز در نظر گرفته شد. تا ۲۱ روز پس از کاشت بذر در سینی کشت (مرحله ۴ تا ۶ برگی) بوته‌ها به مقدار مساوی آبیاری شدند. لوله‌های آبیاری بر روی گلدان‌ها قرار داشت (در ارتفاع تقریباً ۳ سانتی‌متری از بستر) و در هر گلدان دو قطره‌چکان به فاصله ۷ سانتی‌متری از هم و فاصله گلدان‌ها از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر بود. تراکم بوته، ۲ عدد در هر گلدان است. شکل ۲ نمای شماتیک طرح می‌باشد.



شکل ۲- نمای شماتیک آزمایش

فاکتور فرعی آزمایش بر شاخص‌های مورفولوژی و عملکرد فلفل دلمه و جدول ۸ تأثیر توام شوری و کم‌آبیاری در آزمایش را بر شاخص‌های مورفولوژی و عملکرد فلفل دلمه که عبارتند از ارتفاع بوته، طول میوه و نیز قطر میوه، قطر ساقه، طول ریشه، حجم ریشه، تعداد برگ و خصوصیات عملکرد در مترمربع، را نشان می‌دهند.

نتایج و بحث

جدول ۵ میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات مورفولوژی و عملکرد فلفل دلمه در اثر اعمال تنش‌های شوری، کم‌آبیاری و اثر متقابل شوری- کم‌آبیاری، جدول ۶ تأثیر عامل تنش شوری به‌عنوان فاکتور اصلی آزمایش بر شاخص‌های مورفولوژی و عملکرد فلفل دلمه، جدول ۷ تأثیر عامل تنش کم‌آبیاری به‌عنوان

جدول ۵- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک فلفل دلمه

منبع تغییرات	df	ارتفاع بوته	طول میوه	قطر میوه	تعداد برگ	قطر ساقه	طول ریشه	حجم ریشه	وزن میوه	عملکرد
شوری	۲	۴۲/۳۳۳ ^{NS}	۲۳۷/۶۴۳ ^{**}	۸۸/۶۸۵ ^{**}	۴۰/۱۱۱ ^{NS}	۰/۳۳۴ ^{NS}	۴۴/۶۸۰ ^{**}	۵۲۴/۳۴۳ ^{**}	۲۷۲/۶۲۳ ^{**}	۱۷/۱۱۷ ^{**}
کم‌آبیاری	۲	۷۳/۰۰۰ ^{NS}	۱۵۷/۸۹۱ ^{**}	۴/۳۲۱ ^{NS}	۴۴/۷۷۸ ^{NS}	۳/۷۴۵ [*]	۶/۲۵۰ ^{NS}	۱۴۲/۳۴۳ ^{**}	۵۷/۹۷۳ ^{**}	۷/۰۱۹ ^{**}
شوری × کم‌آبیاری	۴	۴۱/۳۳۳ ^{NS}	۹/۸۶۱ [*]	۰/۴۵۲ ^{NS}	۱۴/۸۸۹ ^{NS}	۰/۷۵۳ ^{NS}	۰/۷۲۹ ^{NS}	۵۲/۸۳۳ ^{**}	۱۰/۱۸۳ [*]	۰/۰۹۸ [*]
خطا	۱۸	۲۴/۸۱۵	۳/۰۶۳	۳/۰۶۳	۱۶/۰۲۷	۰/۷۹۱	۳/۰۶۳	۳/۰۶۳	۲/۲۵۰	۰/۰۳۲

NS, **, * ← به ترتیب؛ اختلاف معنی‌دار نیست، در سطح ۵٪ معنی‌دار، در سطح ۱٪ بسیار معنی‌دار

جدول ۶- تاثیر عامل تنش شوری به عنوان فاکتور اصلی آزمایش بر شاخص های مورفولوژی و عملکرد لفل دلمه

P>F	S ₃	S ₂	S ₁	واحد	آنالیز
**	۴۵/۶۹c	۵۱/۳۳b	۵۵/۹۵ [#] a ^T	mm	طول میوه
*	۴۶/۳۶b	۴۵/۹۹b	۵۱/۶۰a	mm	قطر خارجی میوه
NS	۴۶/۱۱	۴۴/۸۸	۴۹/۰۰	NO	تعداد برگ
NS	۸/۷	۹/۰۲	۹/۰۹	mm	قطر ساقه
**	۲۴/۳۸b	۲۷/۴۵a	۲۸/۷۲a	cm	طول ریشه
**	۲۵/۰۰c	۳۷/۳۳b	۳۹/۳۳a	L	حجم ریشه
NS	۲۷/۶۶	۳۰/۰۰	۳۲/۰۰	cm	ارتفاع بوته
**	۵/۲۲b	۸/۰۰a	۱۰/۵۶a	NO	تعداد میوه
**	۳۷/۳۳c	۴۴/۷۰b	۴۸/۱۰a	gr	وزن میوه
**	۰/۶۰c	۱/۰۷b	۱/۵۲a	kg	وزن کل
**	۱/۸۲c	۳/۲۳b	۴/۵۸a	Kg/m ²	عملکرد

هر مقدار نمایانگر میانگین سه تکرار است

T در یک ردیف در صورتی که حروف مشابه باشند نشان می دهد که تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند

* و ** معنی داری به ترتیب در سطح ۵٪ و ۱٪

NS عدم معنی داری

جدول ۷- تاثیر عامل تنش آبی به عنوان فاکتور فرعی آزمایش بر شاخص های مورفولوژی و عملکرد لفل دلمه

P>F	I ₃	I ₂	I ₁	آنالیز
**	۴۶/۳۴b	۵۲/۵۹a	۵۴/۱۵a	طول میوه
NS	۴۷/۴۵	۴۷/۷۲	۴۸/۷۶	قطر خارجی میوه
NS	۴۵/۶۶	۴۵/۱۱	۴۹/۲۲	تعداد برگ
*	۸/۲۱b	۹/۲۲a	۹/۴۱a	قطر ساقه
NS	۲۷/۶۸	۲۶/۸۵	۲۶/۰۱	طول ریشه
**	۲۹/۳۳b	۳۵/۶۷a	۳۶/۶۷a	حجم ریشه
NS	۲۶/۸۸	۳۰/۲۲	۳۲/۵۶	ارتفاع بوته
*	۶/۱۱b	۷/۷۷ab	۹/۸۸a	تعداد میوه
**	۴۰/۹۳c	۴۳/۲۰b	۴۶/۰۰a	وزن میوه
**	۰/۷۹c	۱/۰۳b	۱/۳۸a	وزن کل
**	۲/۳۹c	۳/۰۹b	۴/۱۴a	عملکرد

جدول ۸- تاثیر توام تنش شوری و آبیاری در آزمایش بر شاخص های مورفولوژی و عملکرد لفل دلمه

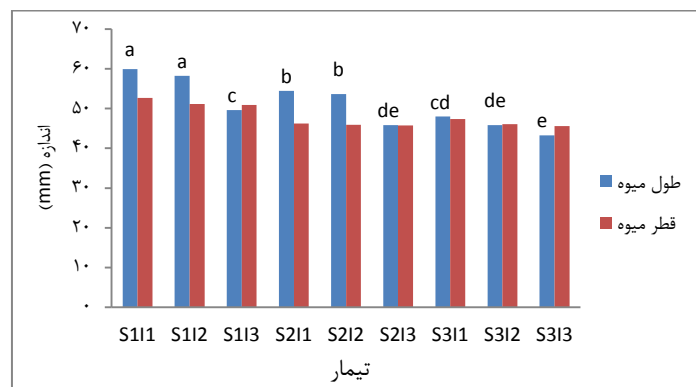
P>F	S ₃ I ₃	S ₃ I ₂	S ₃ I ₁	S ₂ I ₃	S ₂ I ₂	S ₂ I ₁	S ₁ I ₃	S ₁ I ₂	S ₁ I ₁	آنالیز
*	۴۳/۲۷e	۴۵/۸۲de	۴۷/۹۹cd	۴۵/۸۲de	۵۳/۶۹b	۵۴/۵۰b	۴۹/۶۴c	۵۸/۲۵a	۵۹/۹۷a	طول میوه
NS	۴۵/۶۳	۴۶/۰۶	۴۷/۳۶	۴۵/۷۶	۴۵/۹۳	۴۶/۲۶	۵۰/۹۶	۵۱/۱۶	۵۲/۶۶	قطر خارجی میوه
NS	۴۶/۴۶	۴۵/۰۰	۴۶/۶۱	۴۴/۴۳	۴۱/۳۱	۴۹/۰۰	۴۶/۰۰	۴۹/۰۰	۵۲/۰۰	تعداد برگ
NS	۷/۸۶	۸/۵۱	۹/۲۸	۸/۳۳	۹/۶۰	۹/۱۲	۸/۴۴	۹/۵۶	۹/۸۳	قطر ساقه
NS	۲۵/۵۰	۲۴/۶۵	۲۳/۰۰	۲۸/۴۵	۲۷/۲۰	۲۶/۷۰	۲۹/۱۰	۲۸/۷۰	۲۸/۳۵	طول ریشه
**	۱۵/۰۰d	۳۰/۰۰c	۳۰/۰۰c	۳۵/۰۰b	۳۷/۰۰ab	۴۰/۰۰a	۳۸/۰۰ab	۴۰/۰۰a	۴۰/۰۰a	حجم ریشه
NS	۲۳/۰۰	۲۹/۰۰	۳۱/۰۰	۲۸/۳۳	۳۰/۶۷	۳۱/۰۰	۲۶/۶۷	۳۱/۳۴	۳۸/۰۰	ارتفاع بوته
NS	۲/۶۶	۵/۳۲	۷/۶۶	۶/۶۵	۷/۶۷	۹/۶۴	۹/۰۰	۱۰/۳۱	۱۲/۳۳	تعداد میوه
*	۳۲/۷۰g	۳۷/۳۰f	۴۲/۰۰e	۴۳/۲۰de	۴۴/۶۰cd	۴۶/۳۰bc	۴۶/۹۰bc	۴۷/۷۰ab	۴۹/۷۰a	وزن میوه
*	۰/۲۶h	۰/۵۹g	۰/۹۶e	۰/۸۶f	۱/۰۲e	۱/۳۴c	۱/۲۶d	۱/۴۷b	۱/۸۴a	وزن کل
*	۰/۷۸g	۱/۷۹f	۲/۸۹de	۲/۵۹e	۳/۰۷d	۴/۰۲c	۳/۷۹c	۴/۴۳b	۵/۵۲a	عملکرد

شاهد تأثیری ایجاد نکرده است. اما دو تیمار یاد شده با تیمار S3(۴۶/۲۴) در سطح ۱٪ اختلاف بسیار معنی‌داری داشتند. مطابق جدول ۸ در اثر تأثیر توام تنش‌های شوری و کم آبیاری بین تیمارهای S1I1 (۵۹/۹۷) (شاهد) و S1I2(۵۸/۲۵) و نیز تیمارهای S2I1 (۵۴/۵۰) و S2I2 (۵۳/۶۹) اختلاف معنی‌داری وجود نداشت به عبارت دیگر آبیاری به اندازه ۸۵٪ نیاز آبی گیاه در شوری‌های S1 و S2 نسبت به آبیاری کامل اثر معنی‌داری بر طول فلفل نداشته است. قطر خارجی فلفل دلمه در اثر تنش‌های وارده تنها تحت تأثیر تنش شوری قرار گرفته است. بیش‌ترین مقدار قطر میوه در تیمار S1(۵۱/۶۰) بوده و کم‌ترین آن در تیمار S2(۴۵/۹۹) مشاهده شد. اما تیمارهای S2 و S3(۴۶/۳۶) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، این دو تیمار با تیمار شاهد دارای اختلاف بسیار معنی‌داری هستند. تنش شوری باعث کاهش میزان قطر فلفل دلمه‌ای شده است. تنش‌های کم آبیاری و اثرات متقابل تنش کم آبیاری و شوری اثر معنی‌داری بر قطر فلفل دلمه ایجاد نکردند. شکل ۳ روند کاهشی مقدار طول و قطر میوه در اثر تأثیر توام شوری و کم آبیاری را نشان می‌دهد.

مطابق جدول ۵ در استفاده توام شوری و کم آبیاری بر ارتفاع بوته، قطر میوه، تعداد برگ، قطر ساقه و طول ریشه اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. در صورتی که بر طول میوه، وزن میوه و عملکرد در سطح ۵ درصد و بر حجم ریشه در سطح ۱ درصد تفاوت معنی‌داری بین تیمارها ایجاد شده است.

تأثیر تنش شوری و کم آبیاری بر خصوصیات مورفولوژی میوه

خصوصیات فیزیکی میوه فلفل دلمه مانند طول میوه و قطر فلفل دلمه در اثر تأثیر تنش‌های وارد شده به گیاه در سطوح مختلف بین تیمارها و تیمار شاهد تفاوت‌های معنی‌داری وجود داشت. مطابق جدول ۶، طول میوه فلفل متأثر از تنش شوری بوده و با افزایش شوری طول فلفل کاهش یافت. به طوری که بیش‌ترین مقدار را تیمار S1(۵۵/۹۵) و کم‌ترین مقدار را تیمار S3(۴۵/۶۹) داشته‌اند. تأثیر تنش کم آبیاری نیز بر طول فلفل تفاوت معنی‌داری را بین تیمارها ایجاد کرده است. مطابق جدول ۷ در اثر تنش کم آبیاری بین تیمارهای S1(۵۴/۱۵) و I2(۵۲/۵۹) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد یا به عبارت دیگر آبیاری به اندازه ۸۵٪ نیاز آبی گیاه در طول فلفل نسبت به تیمار



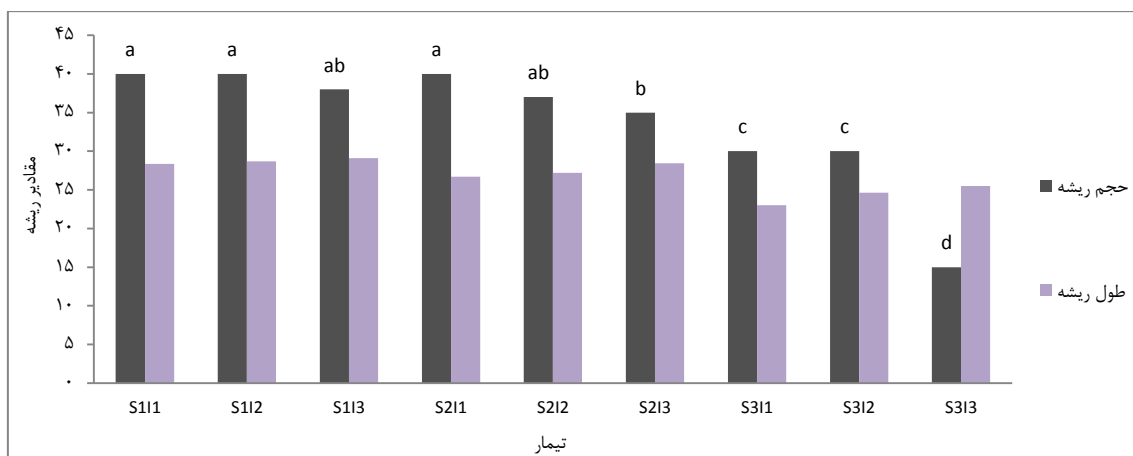
شکل ۳- تأثیر توام تنش کم آبیاری و شوری بر طول و قطر میوه فلفل دلمه در گلخانه

قطر ساقه کاهش یافت. مطابق این جدول بین تیمارهای I1(۹/۴۱) و I2(۹/۲۲) تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ولی این دو تیمار با تیمار I3 (۸/۲۱) دارای تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ می‌باشند. به عبارت دیگر کم آبیاری با مقدار ۸۵٪ نیاز آبی گیاه نسبت به تیمار شاهد تأثیری در قطر ساقه نداشت ولی اعمال تنش ۷۰٪ نیاز آبی گیاه باعث کم شدن قطر ساقه به صورت معنی‌داری با تیمار شاهد شده است. مطابق جدول ۸ اثر متقابل تنش شوری و کم آبیاری بر قطر ساقه تفاوت معنی‌داری را بین تیمارها نشان نداد. اما با افزایش شوری و کم شدن آب آبیاری قطر ساقه کاهش یافت. به طوری که بیش‌ترین مقدار را تیمار S1I1(۹/۸۳) و کم‌ترین مقدار را تیمار S3I3(۷/۸۶) داشتند.

تعداد برگ و ارتفاع بوته فلفل دلمه تحت تأثیر هیچ یک از تنش‌ها قرار نگرفتند. به عبارت دیگر ایجاد تنش‌های شوری و کم آبیاری در سطوح مشخص شده از نظر آماری تفاوت معنی‌داری را با شاهد نشان نداد. مطابق جدول ۶ تنش شوری بر قطر ساقه فلفل دلمه اثر معنی‌داری نداشت. ولی با افزایش شوری قطر ساقه کاهش یافت. بیش‌ترین مقدار را تیمار S1(۹/۰۹) و کم‌ترین مقدار قطر را تیمار S3(۸/۷۳) به خود اختصاص دادند. قطر ساقه تحت تأثیر تنش شوری در تیمارهای S2 و S3 به ترتیب ۹۹٪ و ۹۶٪ تیمار شاهد S1 می‌باشند. همان‌طور که در جدول ۷ نشان داده شده است، قطر ساقه فلفل دلمه تحت تأثیر تنش کم آبیاری قرار گرفت. با افزایش تنش آبی

S3 اختلاف بسیار معنی‌داری را نسبت به دو تیمار داشت. طول ریشه در این آزمایش تنها تحت تاثیر تیمار شوری قرار گرفت. مطابق جدول ۶ با افزایش شوری طول ریشه کاهش یافت. بیش‌ترین طول مربوط به تیمار S1 (۲۸/۷۲) و کم‌ترین مربوط به تیمار S3 (۲۴/۳۸) بود. این در صورتی است که تیمار S2 (۲۷/۴۵) با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت. یعنی با اعمال شوری S2 تغییری در طول ریشه نسبت به تیمار شاهد S1 ایجاد شده است. ایجاد تنش کم‌آبیاری بر طول ریشه اثر معنی‌داری نداشت. مطابق جدول ۷ مشاهده می‌شود که طول ریشه در اثر اعمال کم‌آبیاری بیش‌تر شده است. بیش‌ترین مقدار را تیمار I3 (۲۷/۶۸) و کم‌ترین مقدار را تیمار شاهد با آبیاری کامل (I1) (۲۶/۰۱) داشت. مطابق جدول ۸ اثر متقابل تنش‌های کم‌آبیاری و شوری بر طول ریشه فلفل دلمه معنی‌دار نبود. شکل ۴ تغییرات طول ریشه و حجم ریشه را با افزایش میزان شوری و کم‌شدن آب آبیاری در تاثیر توام تنش‌های کم‌آبیاری و شوری بر طول و حجم ریشه فلفل دلمه، نشان می‌دهد.

حجم ریشه گیاه فلفل دلمه‌ای در اثر تیمارهای اعمال شده در این آزمایش در سطوح مختلف مورد بررسی، اختلافات بسیار معنی‌داری با یکدیگر دارند. مطابق جدول ۶ در اثر اعمال تنش شوری اختلاف بسیار معنی‌داری بین تیمارها در سطح ۱٪ وجود دارد. بیش‌ترین مقدار را تیمار شاهد S1 (۳۹/۳۳) و کم‌ترین را تیمار S3 (۲۵/۰۰) داشت. با افزایش شوری مشاهده شده که حجم ریشه کاهش یافته است. در اثر اعمال تنش آبی به فلفل دلمه مطابق جدول ۷ مشاهده می‌شود که بین تیمارهای (I1) (۳۶/۶۷) و (I2) (۳۵/۶۷) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشده است ولی این دو تیمار با تیمار I3 (۲۹/۳۳) دارای اختلاف بسیار معنی‌دار در سطح ۱٪ می‌باشند. به عبارت دیگر کم‌آبیاری تا ۸۵٪ نیاز آبی گیاه اختلاف معنی‌داری را با تیمار شاهد در حجم ریشه فلفل دلمه ایجاد نکرده است. تاثیر توام دو تنش شوری و کم‌آبیاری بر فلفل دلمه مطابق جدول ۸ مشاهده می‌شود که بین تیمارهای شاهد در سطوح مختلف شوری و کم‌آبیاری اختلاف معنی‌داری در حجم ریشه مشاهده شد. مطابق این جدول تیمارهای اعمال شده در سطح شوری

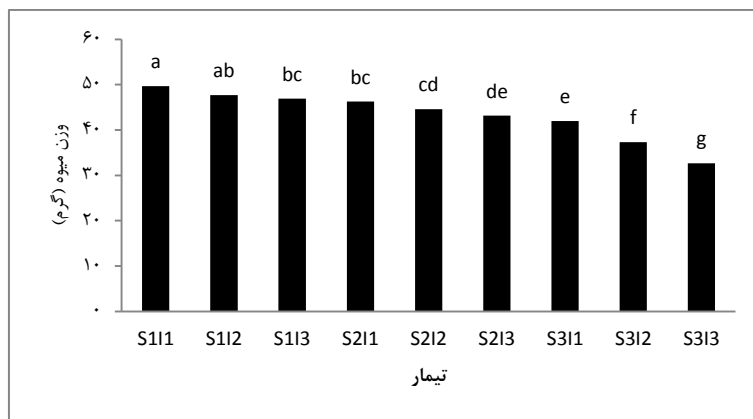


شکل ۴- تاثیر توام تنش کم‌آبیاری و شوری بر حجم و طول ریشه فلفل دلمه در گلخانه

به طوری که بیش‌ترین مقدار را تیمار I1 (۴۶/۰۰) و کم‌ترین مقدار را تیمار I3 (۴۰/۹۳) داشتند. در جدول ۸ تاثیر توام تنش شوری و کم‌آبیاری بر وزن میوه نشان داد که در سطح ۵٪ بین تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود دارد. در این بین بیش‌ترین مقدار را تیمار شاهد (S1I1) (۴۹/۷۰) داشت در صورتی که با تیمار S1I2 (۴۷/۷۰) اختلاف معنی‌داری ندارد. به عبارت دیگر در سطح شوری S1 و کم‌آبیاری با ۸۵٪ نیاز آبی گیاه تاثیری در وزن میوه مشاهده نشد. و نیز تیمارهای S2I1 (۴۶/۳۰) و S1I3 (۴۶/۹۰) نیز اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند. کم‌ترین مقدار مربوط به تیمار S3I3 (۳۲/۷۰) است. شکل ۵ به خوبی روند کاهشی مقدار وزن میوه در اثر تاثیر توام شوری و آبیاری را نشان می‌دهد.

تاثیر تنش شوری و کم‌آبیاری بر میوه و عملکرد آن

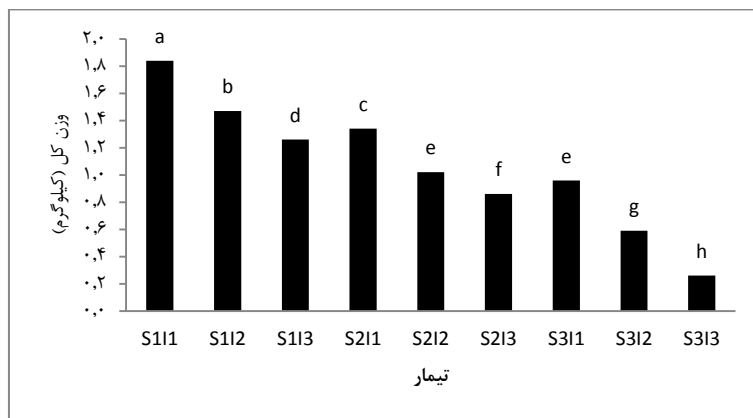
عملکرد میوه فلفل دلمه‌ای به صورت وزن میوه، مجموع و عملکرد در مترمربع با توجه به تیمارهای اعمال شده اختلافات معنی‌داری با یکدیگر داشتند. مطابق جدول ۶ در اثر تاثیر شوری بر عملکرد وزن میوه بدین صورت مشاهده شد که تمامی تیمارها در سطح ۱٪ با یکدیگر اختلاف بسیار معنی‌داری دارند. با افزایش شوری وزن میوه کاهش یافت. به طوری که بیش‌ترین وزن مربوط به سطح شوری S1 (۴۸/۱۰) و کم‌ترین وزن مربوط به سطح شوری S3 (۳۷/۳۳) بود. مطابق جدول ۷ در اثر تاثیر سطوح مختلف کم‌آبیاری بین همه تیمارها در سطح ۱٪ اختلاف بسیار معنی‌دار وجود دارد. با کم شدن میزان آب آبیاری مشاهده شد که وزن میوه فلفل دلمه نیز کاهش یافته است.



شکل ۵- تأثیر توأم تنش کم آبیاری و شوری بر وزن میوه فلفل دلمه در گلخانه

میوه حاصل از سه تکرار در تیمار I2(۱/۰۳) و I3(۰/۷۹) به ترتیب ۷۵٪ و ۵۷٪ از تیمار شاهد II(۱/۳۸) می‌باشند. جدول ۸ نشان می‌دهد که در اثر تأثیر توأم تنش شوری و کم آبیاری بین تمامی تیمارها اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ وجود دارد؛ به عبارتی دیگر با افزایش میزان شوری و نیز کم کردن میزان آب آبیاری، تأثیر معنی‌داری در وزن کل میوه ایجاد خواهد شد. بیش‌ترین مقدار را تیمار شاهد SIII(۱/۸۴) و کم‌ترین مقدار را S3I3(۰/۷۸) داشتند. شکل ۶ روند کاهش مقدار وزن کل در اثر تأثیر توأم شوری و آبیاری را نشان می‌دهد.

مجموع وزن کل میوه برداشت شده از ۳ تکرار مورد بررسی مطابق جداول ۶ تا ۸ با افزایش شوری و کم شدن آب آبیاری کاهش یافته است. مطابق جدول ۶ بین تیمارها در سطح ۱٪ اختلاف بسیار معنی‌دار مشاهده شد. بیش‌ترین مقدار را تیمار S1(۴/۵۸) و کم‌ترین آن را تیمار S3(۰/۶۰) داشت. مقادیر مجموع وزن کل میوه حاصل از سه تکرار در تیمار S2 و S3 به ترتیب ۷۰٪ و ۴۰٪ از تیمار شاهد S1 می‌باشند. از جدول ۷ می‌توان مشاهده نمود که با کم شدن میزان آب آبیاری وزن کل میوه کاهش یافته است و از نظر آماری در سطح ۱٪ با یکدیگر اختلاف بسیار معنی‌داری دارند. مقادیر مجموع وزن کل

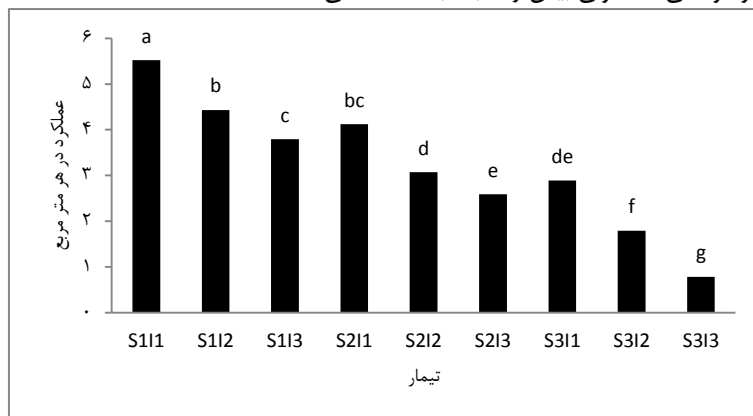


شکل ۶- تأثیر توأم تنش کم آبیاری و شوری بر وزن کل میوه فلفل دلمه در گلخانه

S1 بوده است. مطابق جدول ۷ با کاهش میزان آب آبیاری نیز عملکرد در هر مترمربع کاهش می‌یابد. بین تیمارها در سطح ۱٪ اختلاف بسیار معنی‌داری وجود دارد. به طوری که بیش‌ترین مقدار را تیمار آبیاری کامل I1(۴/۱۴) و کم‌ترین مقدار را تیمار آبیاری با ۷۰٪ نیاز آبی گیاه I3(۲/۳۹) داشته‌اند. عملکرد تیمارهای I2 و I3 به ترتیب برابر ۷۵٪ و ۵۸٪ تیمار شاهد II بوده است. مطابق جدول ۸ در اثر توأم تنش‌های کم آبیاری و شوری میزان عملکرد در هر مترمربع با

نتایج بررسی عملکرد میوه در مترمربع نشان داده است که تحت تأثیر تیمارهای اعمال شده دارای اختلافات معنی‌دار با یکدیگر می‌باشند. مطابق جدول ۶ در اثر تأثیر شوری اختلاف بسیار معنی‌داری بین تیمارها مشاهده شد به طوری که با افزایش شوری میزان عملکرد در هر مترمربع کاهش یافت. بیش‌ترین مقدار را تیمار S1(۴/۵۸) و کم‌ترین مقدار را تیمار S3(۱/۸۲) به خود اختصاص می‌دهند. به طوری- که عملکرد تیمارهای S2 و S3 به ترتیب برابر ۹۲٪ و ۷۸٪ تیمار شاهد

S1I3 بدست آورد. اگرچه تعداد میوه با افزایش شوری کاهش می‌یابد (جدول ۶) و نیز با کم شدن مقدار آب آبیاری کاهش می‌یابد (جدول ۷) اما مطابق جدول ۸ تأثیر توأم شوری و آبیاری بر تعداد میوه تأثیری نداشت. به عبارت دیگر دلیل کاهش عملکرد نمی‌تواند کاهش تعداد میوه باشد بلکه کاهش در تعداد میوه می‌تواند باعث کاهش میانگین وزن میوه شود (Kurunc et al., 2011). شکل ۷ روند کاهشی مقدار عملکرد در هر مترمربع در اثر تأثیر توأم شوری و کم‌آبیاری را نشان می‌دهد.



شکل ۷- تأثیر توأم تنش کم‌آبیاری و شوری بر عملکرد میوه فلفل دلمه در هر مترمربع در گلخانه

افزوده شود و میزان آب آبیاری کم‌تر شود از تعداد این میوه‌ها کاسته می‌شود. به طوری که در تیمارهای S3I1، S3I2 و S3I3 هیچ میوه‌ای در درجه بندی ۱ و ۲ قرار نداشتند و بیش‌ترین تعداد میوه را متناسب با تعداد میوه چیده شده از این تیمارها در درجات با کیفیت متوسط رو به خرابی (۳ تا ۵) قرار گرفت. به عبارت دیگر درصد یکنواختی رنگ این تعداد میوه در شوری‌های بالا به کم‌تر از ۸۰-۶۰٪ می‌رسد. در شوری‌های S3I1، S3I2 مشاهده می‌شود که درصد بالایی از تعداد میوه در درجه ۵، یعنی خرابی قرار دارند. به عبارت دیگر در نتیجه توأم تنش‌های کم‌آبیاری و شوری منجر به کاهش کیفی رنگ میوه، فلفل دلمه خواهد شد.

افزایش میزان شوری و کاهش میزان آب آبیاری، کاهش می‌یابد. بین تیمارها در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. بیش‌ترین مقدار را تیمار شاهد S1I1 (۵/۵۲) و کم‌ترین مقدار را تیمار S3I3 (۰/۷۸) به خود اختصاص دادند. مطابق بررسی صورت گرفته تیمار S2I1 (۴/۱۲) با تیمارهای S1I2 (۴/۴۳) و S1I3 (۳/۷۹) اختلاف معنی‌داری نداشت. به عبارت دیگر با شوری S2 و با آبیاری کامل (S2I1) می‌توان محصولی مشابه با شوری S1 و ۸۵٪ تا ۷۰٪ نیاز آبی فلفل دلمه، عملکرد در هر مترمربع کسب نمود و حتی محصولی بیش‌تر نسبت به

تأثیر تنش شوری و کم‌آبیاری بر کیفیت میوه فلفل دلمه

با توجه به تقسیم‌بندی صورت گرفته در جدول ۴، نتایج خصوصیات کیفی یا بازاریابی میوه به شرح ذیل می‌باشد.

رنگ میوه

جدول ۹ تعداد میوه برداشت شده از مجموع کل میوه‌های برداشت شده از هر تیمار را نشان می‌دهد. در این جدول تقسیم‌بندی میوه فلفل دلمه به لحاظ یکنواختی رنگ مطابق آنچه در جدول ۴ آمده است به ۵ گروه تقسیم شده است. مطابق این جدول تیمارهای S1I1، S1I2 و S1I3 بیش‌ترین میوه‌های درجه ۱ و ۲ را از بین کل میوه‌های برداشتی این تیمار دارا می‌باشند. هر چه بر میزان شوری

جدول ۹- تقسیم‌بندی کیفی میوه فلفل دلمه بر اساس رنگ میوه

درجه	S1I1	S1I2	S1I3	S2I1	S2I2	S2I3	S3I1	S3I2	S3I3
۱	۱۵*	۱۲	۱۱	۵	۳	۶	۰	۰	۰
۲	۱۱	۷	۸	۱۲	۷	۴	۴	۰	۱
۳	۷	۶	۵	۳	۹	۵	۷	۷	۱
۴	۴	۵	۳	۵	۳	۳	۷	۴	۳
۵	۰	۱	۰	۴	۱	۲	۵	۵	۳

* تعداد میوه

در هر تیمار در بازه‌ی حدی ۲ تا ۲- قرار گرفته‌اند. مطابق این شکل به وضوح مشخص است که با افزایش شوری و کم شدن آب آبیاری کیفیت رنگ میوه به درجه‌بندی ۵ (خرابی) میل می‌کند (Navarro et al., 2010).

شکل ۸ تأثیر توأم تنش‌های شوری و کم‌آبیاری را بر کیفیت رنگ فلفل دلمه بر حسب درصد نشان می‌دهد. شکل ۹ نمودار نرمال شده داده‌ها با استانداردسازی آن‌ها را نشان می‌دهد. به‌منظور درک بهتر تفاوت بین تیمارها مقادیر تعداد میوه برداشتی نسبت به کل برداشت‌ها



شکل ۸- تأثیر توأم تنش کم‌آبیاری و شوری بر کیفیت رنگ فلفل دلمه بر حسب درصد



شکل ۹- تأثیر توأم تنش کم‌آبیاری و شوری بر کیفیت رنگ فلفل دلمه بر اساس استاندارد شده داده‌ها

ترین تعداد میوه را متناسب با تعداد میوه چیده شده از این تیمارها در درجات با کیفیت متوسط رو به خرابی (۳ تا ۵) قرار داشت. به‌عبارت دیگر درصد سلامتی این تعداد میوه در شوری‌های بالا به کم‌تر از ۸۰-۶۰٪ می‌رسد. شکل ۱۰ تأثیر توأم تنش‌های شوری و آبی را بر کیفیت سلامتی فلفل دلمه بر حسب درصد نشان می‌دهد. شکل ۱۱ نمودار نرمال شده داده‌ها با استانداردسازی نشان می‌دهد. مطابق این شکل به وضوح مشخص است که با افزایش شوری و کم شدن آب آبیاری سلامتی میوه به اضمحلال میل می‌کند (Navarro et al., 2010).

سلامتی میوه

جدول ۱۰ تعداد میوه برداشت شده از مجموع کل میوه‌های برداشت شده از هر تیمار را نشان می‌دهد. در این جدول تقسیم‌بندی میوه فلفل دلمه به لحاظ سلامتی مطابق آنچه در جدول ۴ آمده است به ۵ گروه تقسیم شده است. مطابق این جدول تیمارهای S111، S112 و S113 بیش‌ترین میوه‌های درجه ۱ و ۲ را از بین کل میوه‌های برداشتی این تیمار دارا می‌باشند. زیرا تنش شوری وجود نداشته و آب آبیاری به موقع و کم آبیاری (تنش آبی) به‌صورت تنظیم شده به گیاه داده می‌شود. هر چه بر میزان شوری افزوده شود و میزان آب آبیاری کم‌تر شود از تعداد این میوه‌ها کاسته می‌شود. در تیمارهای S311، S312 و S313 هیچ میوه‌ای در درجه‌بندی عالی قرار نداشتند و بیش-

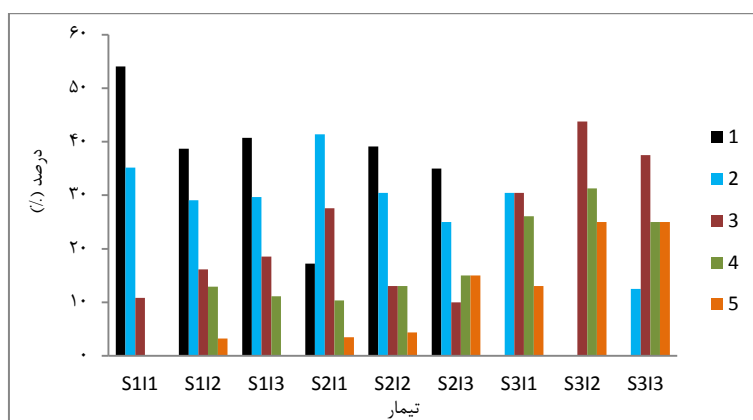
نتیجه گیری

با افزایش جمعیت جهان و کمبود منابع غذایی، بحث تولید با کیفیت بالا و در سطح کم تر، بیش از پیش توجه همه را به خود جلب کرده است. گیاهان که پایه و اساس حیات بر روی کره زمین می باشند تحت تاثیر تنش های محیطی قرار دارند. به منظور بررسی تاثیر تنش

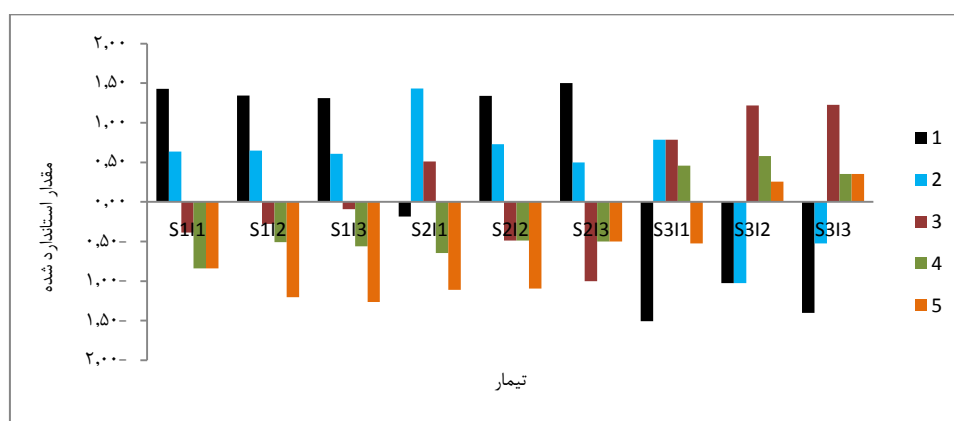
کم آبیاری و شوری بر شاخص های مورفولوژیک، کمی و کیفی فلفل دلمه در شرایط گلخانه ای آزمایشی بر مبنای کشت گلدانی طی زمستان و بهار سال ۹۳-۱۳۹۲ در گلخانه تحقیقاتی واقع در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شده است.

جدول ۱۰- تقسیم بندی کیفی میوه فلفل دلمه بر اساس سلامتی میوه (تعداد)

درجه	S1I1	S1I2	S1I3	S2I1	S2I2	S2I3	S3I1	S3I2	S3I3
1	۲۰	۱۲	۱۱	۵	۹	۷	۰	۰	۰
2	۱۳	۹	۸	۱۲	۷	۵	۰	۰	۱
3	۴	۵	۵	۸	۳	۲	۷	۷	۳
4	۰	۴	۳	۳	۳	۳	۵	۵	۲
5	۰	۱	۰	۱	۱	۳	۴	۴	۲



شکل ۱۰- اثر تیمار تنش های آبی و شوری بر سلامتی فلفل دلمه بر حسب درصد



شکل ۱۱- اثر تیمار تنش های آبی و شوری بر سلامتی فلفل دلمه بر اساس داده های استاندارد شده

شوری و کم آبیاری بر عملکرد، وزن میوه و تعداد میوه تأثیرات بسیار معنی داری در سطح ۱٪ داشته اند. تأثیر توأم تنش های شوری و کم آبیاری بر عملکرد میوه تأثیر معنی داری در سطح ۵٪ داشته است. با

این طرح به صورت یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه سطح شوری، سه سطح آبیاری و سه تکرار اجرا گردید. نتایج این پژوهش مطابق جداول ۶ تا ۸ نشان داده است که تنش های

Biswas, A.K. 1993. Water for agricultural development, opportunities and constraints. *International Journal of Water Resources Development*. 9: 3-12.

Boonyakiat, D., Chen, P.M., Spotts, R.A., Richardson, D.G. 1987. Effect of harvest maturity on decay and postharvest life of 'd'Anjou' pear. *Scientia Horticulturae*. 31: 131-139.

Chartzoulakis, K., Klapaki, G. 2000. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia Horticulturae*. 86: 247-260.

Cornillon, P., Palloix, A. 1995. Influence de la salinité et de la température du substrat sur la croissance et la nutrition du piment. *Fruits*. 50: 469-471. [In French].

Koocheki, A. and Mohalati, M.N. 1994. Feed value of some halophytic range plants of arid regions of Iran. In: Victor R. Squires and Ali T. Ayoub (eds). *Halophytes As a Resource for Livestock and for Rehabilitation of Degraded Lands*. P: 249-253.

Kurunc, A., Unlukara, A., Cemek, B. 2011. Salinity and drought affect yield response of bell pepper similarly. *Acta Agriculture Scandinavica, Section B - Soil and Plant Science*. 61. 6: 514-522.

Lin, W.C., Hall, J.W., Saltveit, M.E. 1993. Ripening stage affects the chilling sensitivity of greenhouse grown peppers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 118: 791-795.

Maas, E.V. 1990. Crop salt tolerance. In: Tanji, K.K. (Ed.), *Agricultural Salinity Assessment and Management*. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practices No. 71. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, New York.

Meiri, A., Shalhevet, J. 1973. Pepper plant response to irrigation water quality and timing of leaching. *Physical aspects of soil water and salts in ecosystems*. *Ecological Studies*. 4: 421-429.

Navarro, J.M., Botella, M.A., Cerda, A., Martinez, V. 1999. Yield and fruit quality of melon plants grown under saline conditions in relation to phosphate and calcium nutrition. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 74: 573-578.

Navarro, J.M., Garrido, C., Carvajal, M., Martinez, V. 2010. Yield and fruit quality of pepper plants under sulphate and chloride salinity. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 77: 52-57.

Nielsen, T.H., Skjaerbaek, H.C., Karlsen, P. 1991. Carbohydrate metabolism during fruit development in sweet pepper (*Capsicum annuum*) plants. *Physiol Plant*. 82: 311-319.

Papp, J.C., Ball, M.C. and Terry, N. 1983. A comparative study of the effects of NaCl salinity on respiration, photosynthesis and leaf extension growth in *Beta vulgaris*. *Plant Cell and Environment*. 6: 675-677.

افزایش شوری و کم شدن آب آبیاری عملکرد میوه کاهش یافته است. نتایج تأثیرات تنش‌های شوری و آبیاری بر مؤلفه‌های مورفولوژیکی نشان داده است که بین تیمارهای اعمال شده بر طول میوه، قطر میوه، قطر ساقه، طول ریشه، حجم ریشه تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ وجود داشته است اما این تنش‌ها بر ارتفاع بوته و تعداد برگ تأثیر معنی‌داری نداشته‌اند. با کاهش میزان آب آبیاری طول ریشه افزایش یافته است. نتایج تأثیرات تنش‌های شوری و کم آبیاری بر مؤلفه‌های کیفی میوه فلفل دلمه نشان داده است که با افزایش میزان شوری و کم شدن آب آبیاری یکنواختی رنگ میوه و نیز درصد سلامتی میوه کاهش یافته و متناسب با آن نیز وزن میوه کاهش یافته است.

منابع

سالاریان، م.، علیزاده، ا.، داوری، ک. و انصاری، ح. ۱۳۹۳. تأثیر کم آبیاری و شوری آب بر ریشه و عملکرد فلفل دلمه گلخانه‌ای در سیستم هوشمند آبیاری قطره‌ای. اصفهان، اولین همایش ملی آب، انسان، زمین.

سجادی، ف.، جمالی، ص. و شریفان، ح. ۱۳۹۵. تأثیر سطوح مختلف شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد فلفل سبز. دومین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران. اصفهان. ایران.

شایسته، ن.، گلچین، ا. و شفیعی، س. ۱۳۹۰. اثرات شوری آب آبیاری، نیتروژن و محلول پاشی با کلرور کلسیم بر عملکرد و شاخص‌های رشد گیاه فلفل (*Capsicum annuum* L.). مهندسی زراعی. ۲۰۳۴: ۶۹-۸۴.

عباسی رستمی، م.، قاجار سپانلو، م. و بهمن‌یار، م.ع. ۱۳۹۴. اثر تنش شوری حاصل از کاربرد آب آبیاری شور بر عملکرد و برخی پارامترهای رشدی فلفل سبز. دومین کنگره علمی پژوهشی توسعه و ترویج علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست ایران. تهران. انجمن توسعه و ترویج علوم و فنون بنیادین.

یوسفی، م.، طباطبایی، س.ج.، حاجیلوج، و مهنان، ن. ۱۳۹۰. اثر تنش شوری کلرید سدیم در بخشی از سیستم ریشه بر عملکرد، کمیت و کیفیت میوه توت‌فرنگی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۱۳۶-۱۴۴: ۱.

Ayers, R., Westcot, W. 1985. Water quality for agriculture. *Irrigation and Drainage*. No. 29. FAO. Rome.

Bakker, J.C. 1989. The effect of air humidity on growth and fruit production of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Horticultural Science*. 64: 41-46.

- crops. *Neth. Journal of Agricultural Science*. 36: 63-73.
- Tanji, K.K. 1995. Agricultural salinity assessment and management. Scientific Publisher, Jodhpur.
- Topuz, A and Ozdem, F. 2007. Assessment of carotenoids, capsaicinoids and ascorbic acid composition of some selected pepper cultivars (*Capsicum annum* L.) grown in Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis*. 20: 596-602.
- Tüzel, I.H., Tüzel, Y., Gül, A., Meriç, M.K., Yavuz, O and Eltez, R.Z. 2001. Comparison of open and closed systems on yield, water and nutrient consumption and their environmental impact. *Acta Horticulturae*. 554: 221-228.
- Wall, M.M., Billes, C.L. 1993. *Alternaria* fruit rot of ripening chile peppers. *Phytopathology* 83:324-328.
- Pessarakli, M., Szabolcs, I. 1999. Soil salinity and sodicity as particular plant/crop stress factors. In M. Pessarakli (ed.), *Handbook of plant and crop stress*, pp. 1-16. New York: Taylor and Francis Group.
- Salarian, M., Alizadeh, A., Davary, K and Ansari, H. 2014. The Impact of Water Stress and Salinity on Water Requirement and Crop Coefficient of Greenhouse Bell Pepper. *Advances in Environmental Biology*. 8.19. Special 2014: 88-99.
- Shi, Z.Q., Jobin-Lawler, F., Gosselin, A., Turcote, G., Papadopoulos, A.P and Dorais, M. 2002. Effect of different EC management on yield, quality and nutraceutical properties of tomato grown under supplemental lighting. *Acta Horticulturae*. 580: 241-247.
- Sonneveld, C. 1988. The salt tolerance of greenhouse

Water and Salinity Stress on Morphological Characteristics, Quality and Quantity of Sweet Pepper in Smart Drip Irrigation System

M.Salarian^{1*}, A. Alizadeh², K. Davary³ and H. Ansari⁴

Received: Oct.29, 2016

Accepted: Des.05, 2016

Abstract

Salinity after the water stress is the most important environmental stresses that affect plants and greatly reduces the growth of sensitive plants. The sweet pepper plant is sensitive to water stress or moderately sensitive to salinity. Salt will reduce the yield and quality of pepper. In order to determine the effect of water stress (deficit irrigation) and salinity on the quality and yield of sweet pepper in greenhouse testing of Ferdowsi University of Mashhad, is done over the winter and spring of 2013-2014. The smart drip irrigation system is used for irrigate the sweet pepper. By using REC-P55 humidity sensors that are in the pot, water requirement was determined. Orders were given to the controller to start and end of irrigation. Irrigation treatments included 100% (I1), 85% (I2) and 70% (I3) of water requirement and three levels of salinity 1.2 (S1), 3 (S2) and 6 (S3) dS/m, and with three replications in a factorial experiment in a completely randomized design was applied. The results show that salinity and water stress on yield, fruit weight and number of fruits had a significant effect on the level of 1%. The combined effect of salinity and water stress on the fruit yield had a significant effect on the level of 5%. With increasing salinity and lowering irrigation water fruit yield, length and diameter of fruit and root volume decreased. Deficit irrigation is increasing the length of roots. The effect of salinity and deficit irrigation on qualitative components of sweet pepper has shown that by increasing salinity and lack of irrigation water, color uniformity and health fruit was reduced, as well as the weight has fallen.

Keywords: Morphological, Pepper, Quality, Smart, Stress

1- PhD. Candidate in Irrigation and Drainage, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

2- Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

3- Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

4- Professor, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

(*-Corresponding Author Email: mohammad.salarian@mail.um.ac.ir)