نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره3، جلد 11، مرداد - شهریور 1396، ص. 334-322

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 11, Agu.-Sept. 2017, p. 322-334

اثر سطوح مختلف شوری و آب آبیاری بر شاخص‌های فیزیولوژیک و عملکرد فلفل دلمه گلخانه‌ای در سیستم هوشمند آبیاری قطره‌ای

محمد سالاریان[1*]، امین علیزاده[2]، کامران داوری[3]، حسین انصاری[4]

تاریخ دریافت: 1395/1/29 تاریخ پذیرش: 1395/7/28

چکیده

از جمله مولفه‌های مدیریتی برای کاهش مصرف آب و بهبود کیفیت و کمیت محصولات در گلخانه، کنترل رطوبت خاک و شوری آب آبیاری می‌باشد. به منظور بررسی اثر تنش‌های کم‌آبیاری و شوری بر خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد فلفل دلمه در گلخانه، آزمایشی طی زمستان و بهار 93-1392 در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. برای آبیاری فلفل دلمه، سیستم هوشمند آبیاری قطره‌ای با استفاده از حسگرهای رطوبتی REC-P55 تعبیه شده در داخل گلدان برای تشخیص مقدار رطوبت خاک و دادن فرمان قطع یا وصل آبیاری به‌کار رفت. تیمارهای آبیاری اعمال شده در آزمایش عبارت بودند از، آبیاری به مقدار 100% (I1)، 85% (I2) و 70% (I3) نیاز آبی گیاه (به عنوان عامل فرعی) و سه سطح شوری به میزان 1/2 (S1)، 3 (S2) و 6 (S3) دسی زیمنس بر متر (به عنوان تیمار اصلی) با سه تکرار به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی اعمال گردید. نتایج پژوهش نشان داد که اثر شوری و سطوح آب آبیاری بر عملکرد، وزن میوه و تعداد میوه در سطح 1% آماری معنی‌دار است. اگرچه تاثیر متقابل تنش‌های شوری و کم‌آبیاری بر عملکرد میوه تاثیر معنی‌داری در سطح 5% داشت، ولی اثر آن بر تعداد میوه معنی‌دار نبود. به عبارت دیگر دلیل کاهش عملکرد نمی‌تواند کاهش تعداد میوه باشد بلکه کاهش در تعداد میوه می‌تواند عامل کاهش میانگین وزن میوه شود. با افزایش میزان شوری و کم شدن مقدار آب آبیاری، میزان شاخص کلروفیل برگ کاهش یافت. اعمال تنش‌های شوری و کم‌آبیاری بر میزان هدایت روزنه‌ای برگ تفاوت معنی‌داری را بین تیمارها نشان نداد، اگرچه با افزایش میزان شوری و کم شدن آب، آبیاری میزان آن کاهش یافت. استفاده از سیستم‌های هوشمند آبیاری منجر به صرفه‌جویی در مصرف آب گردیده است. بطوری که میزان آب مصرفی در تیمار S1I1 (72/83)، S2I1 (70/40) و S3I1 (63/49) بوده است. همچنین نتایج نشان داده است که وزن تر و خشک، برگ و ریشه و نیز درصد آب محتوای ریشه و برگ در اثر اعمال دو تنش کم‌آبیاری و شوری کاهش یافته است.

واژه‌های کلیدی: شوری، فلفل دلمه، کم آبیاری، هوشمند، REC-P55

مقدمه

فلفل دلمه‌ای از خانواده Solanaceae و با نام علمی Capsicum *annuum* است که عمدتا به رنگ‌های سبز، قرمز، زرد و نارنجی یافت می‌شود (Ade et al., 2002). در قرن حاضر این گیاه به عنوان سبزی یا حتی به صورت دارویی مصرف می‌شود. فلفل دلمه سبز یک محصول مهم کشاورزی است که نه تنها به دلیل ارزش اقتصادی، بلکه به دلیل دارا بودن رنگ‌های طبیعی و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، ویتامین A، C و E بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Topuz and Ozdem., 2007). میوه‌های فلفل را می‌توان در مراحل مختلف رشد مصرف نمود. به‌طوری‌که در مزرعه معمولا در مرحله سبز برداشت صورت می‌گیرد (Lin et al., 1993)، در صورتی‌که در گلخانه می‌توان هم در مرحله سبز و هم در مرحله رسیدن کامل برداشت کرد (Baker., 1989). در کشت گلخانه‌ای به دلیل امکان استفاده از آبیاری تحت‌فشار و کنترل پارامترهای آب و هوایی، مدیریت آبیاری به سادگی قابل اجرا می‌باشد. کشت تجاری فلفل دلمه در مناطق نیمه‌خشک جایی که شوری یکی از بزرگ‌ترین مشکلات برای کشاورزان است، با مشکل مواجه است (Biswas., 1989 and Flowers., 1999). به عبارت دیگر تقاضای تجاری برای فلفل با کیفیت بالا منجر شده که کشت گلخانه‌ای این محصول در بستر

1- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آب- آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
2- استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
3- استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
4- استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(* - نویسنده مسئول: Email: mohammad.salarian@mail.um.ac.ir)

غیرخاک یا هیدروپونیک افزایش یابد. تنش شوری بعد از تنش آبی مهم‌ترین تنش محیطی است که بر گیاهان تاثیر می‌گذارد و به شدت از رشد و نمو گیاهان حساس به شوری می‌کاهد، از طرفی این تصور که بتوان مشکلات ناشی از رشد گیاهان را با مدیریت صحیح آبیاری به‌طور کامل حل نمود، امری غیرممکن است. بنابراین ضرورت تحقیق در مورد گیاهانی که قادر باشند روی خاک‌های شور بروید محسوس است. فلفل گیاهی حساس (Ayers and Westcot., 1985) و یا نیمه‌حساس به تنش شوری می‌باشد (Rhoades et al., 1992). شوری باعث کاهش عملکرد فلفل خواهد شد. آستانه تحمل شوری برای فلفل، وابسته به نوع زراعت (فاریاب و یا دیم) می‌باشد (Chartzoulakis, and Klapaki., 2000). ارقام جدید تجاری این محصول نسبت به ارقام قدیمی آن به شوری حساس‌تر شده است (Navarro et al., 2002). شوری با افزایش فشار اسمزی، مسمومیت یونی و فقر غذایی گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد. معمولا در فشار 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 کند، مسمومیت یونی و عدم تعادل تغذیه‌ای بروز می‌نماید و میزان کاهش رشد گیاه تقریبا مضاعف می‌شود (Pap et al., 1983). افزایش میزان املاح بخش‌های مختلف گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Hussein et al., 2012, Metin Sezen et al., 2006). بنابراین مدیریت آب آبیاری برای رشد گیاه و نیز کنترل سطح شوری خاک بسیار مهم است (salarian et al., 2014 and Pessarakli., 1999). زمانی که خاک مرطوب است، آب دارای بیش‌ترین انرژی پتانسیل است و ریشه به راحتی آب را در خاک جذب می‌کند اما در زمانی که گیاه تحت تنش خشکی قرار دارد آب دارای حداقل انرژی پتانسیلی است و به سختی جذب گیاه می‌شود (Allen et al., 1998). سینگ در سال 1994 در بررسی تاثیر شوری بر گیاه برنج، کاهش ارتفاع گیاه و مساحت سطح برگ‌های گیاه در شرایط شور را گزارش نمود. شاخص کلروفیل برگ‌ها در شرایط تنش شوری آسیب دیده و باعث کاهش فتوسنتز می‌گردد (Drazkiewicz., 1994). هدف از انجام این پژوهش شناخت تاثیر سه سطح تامین آب آبیاری و سه سطح شوری آب بر شاخص‌های فیزیولوژیکی مانند؛ شاخص کلروفیل برگ، هدایت روزنه‌ای، وزن تر و خشک برگ‌ها، وزن تر و خشک ریشه، وزن میوه و نیز میزان آب مصرفی و عملکرد فلفل دلمه در شرایط گلخانه‌ای است.

مواد و روش‌ها

مکان آزمایش

به منظور بررسی اثر تنش‌های کم‌آبیاری و شوری بر شاخص‌های فیزیولوژیکی مانند؛ کروفیل برگ، هدایت روزنه‌ای، وزن تر و خشک برگ‌ها، وزن تر و خشک ریشه، وزن میوه و نیز میزان آب مصرفی و عملکرد فلفل دلمه آزمایشی بر مبنای کشت گلدانی طی زمستان و بهار سال 93-1392 در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. فلفل گیاهی حساس (Cornillon and Palloix., 1995) و یا نیمه‌حساس به تنش شوری می‌باشد (Meiri and Shalhevet., 1973 and Ayers Westcot., 1985). ماس در سال 1990 گزارش کرد که آستانه تحمل شوری برای فلفل دلمه 1/5 dS/m می‌باشد که مقادیر کم‌تر از آن کاهشی در عملکرد میوه نخواهد داشت. محققان نشان داده‌اند در صورت اضافه شدن هر 1 واحد شوری برحسب dS/m بر مقدار آستانه شوری به میزان حدود 8 تا 15% عملکرد فلفل کاهش می‌یابد (Sonneveld., 1988؛ Navarro et al., 2002).

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 شد. با توجه به این‌که در گلخانه تلفاتی مانند تبخیرتعرق، نفوذ عمقی و ... کم می‌باشد تیمار شوری به عنوان فاکتور اصلی و تیمار آبیاری تیمار فرعی انتخاب گردیدند. در این آزمایش هدایت الکتریکی آب در سه سطح 1/2 (S1)، 3 (S2) و 6 (S3) dS/m اعمال شد. تیمار S1 آب معمولی مورد استفاده در مکان آزمایش (گلخانه) بود و به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. سایر سطوح شوری با اضافه کردن نمک NaCl، و قرائت توسط EC متر به سطح مورد نظر رسیده است. خصوصیات نمک مورد استفاده به منظور شور کردن آب آبیاری مطابق جدول 1 می‌باشد. تیمارهای آبیاری اعمال شده در سه سطح 100% (I1) به عنوان شاهد، 85% (I2) و 70% (I3) نیاز آبی فلفل اعمال گردید. خصوصیات آب آبیاری شاهد مطابق جدول 1 می‌باشد. با توجه به این جدول شوری آب کم‌تر از شوری آستانه فلفل دلمه (1/5 dS/m) می‌باشد (Mass., 1990)، بنابراین برای آبیاری مشکل شوری ندارد. سایر آنیون‌ها و کاتیون‌ها نیز در محدوده مجاز و مناسب برای آبیاری قرار دارند.

با توجه به این‌که تیمارهای آبیاری و شوری به‌صورت توام اعمال گردید، بنابراین 9 تیمار متفاوت از آبیاری و شوری که هر کدام 3 تکرار داشتند مورد استفاده قرار گرفت (جدول 2). تیمار شاهد در این پژوهش S1I1 (شوری 1/2 dS/m و آبیاری به میزان 100% نیاز آبی فلفل دلمه) است.

جدول 1- خصوصیات نمک مورد استفاده به منظور شور کردن آب

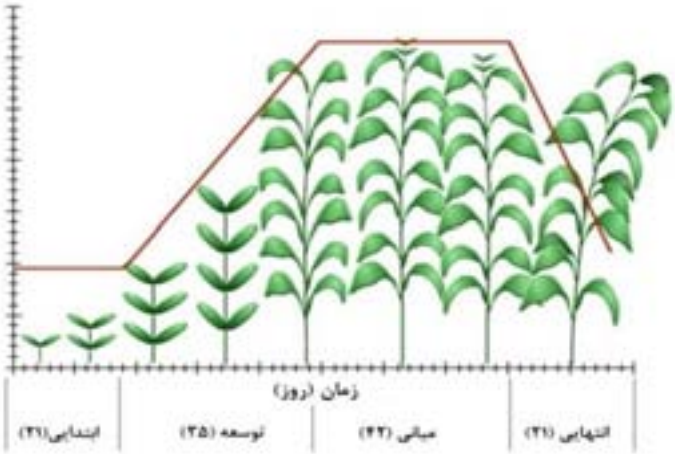
خصوصیات نمک	کمیت	M	درجه خالص	PH(5% آب)	Br	I	PO_4	SO_4	فلزات سنگین	As
	واحد	(gr/mol)	%	-	%	%	%	%	%	%
	مقدار	58/44	> 99/5	5 - 7/5	< 0/005	< 0/001	< 0/0025	< 0/01	< 0/0001	< 0/5
خصوصیات آب	کمیت	EC	pH	Na	Ca	Co_3^{-2}	Hco_3^{-1}	Cl	Mg	SAR
	واحد	(dS/m)	-	meq/L	meq/L	meq/L	meq/L	meq/L	meq/L	-
	مقدار	1/2	8/20	5/00	3/00	0/20	3/10	4/00	3/80	2/72

جدول 2- ترکیبات مختلف تیمار آبیاری و شوری در آزمایش

تیمار شوری	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S3	S3	S3
تیمار آبیاری	I1	I2	I3	I1	I2	I3	I1	I2	I3
اثر توأم	S1 I1	S1 I2	S1 I3	S2 I1	S2 I2	S2 I3	S3 I1	S3 I2	S3 I3

بستر کشت و کود

گلدان‌های مورد استفاده از نوع پلاستیکی به رنگ سیاه با قطر دهانه 20 سانتی‌متر و ارتفاع 20 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 0/5، 0/25 و 0/25 که برای کشت فلفل تهیه شده بود پر گردیدند. رطوبت حجمی آن در حد ظرفیت زراعی FC و نقطه پژمردگی دایم PWP به ترتیب 31% و 10% حجمی تعیین و حداکثر تخلیه مجاز 50% در نظر گرفته شد. برای جلوگیری از تبخیر روی گلدان‌ها با فویل‌های آلومینیومی به ضخامت 40 میکرون پوشانده شد. به منظور کود آبیاری، از کودهای NPK به نسبت‌های 20-20-20، 10-52-10 و 30-5-15 استفاده شد. طول دوره رشد آزمایش به مدت 119 روز (17 هفته) بوده است (شکل 1). دوره ابتدایی رشد به مدت دو هفته بذرها در داخل سینی‌های کشت رشد یافته و بعد از 4 برگی شدن به گلدان انتقال یافت و شروع داده برداری‌ها با اعمال توام شوری و کم آبیاری از 11 اسفند ماه 1392 و با شروع دوره توسعه آغاز شد و تا مرحله میوه‌دهی ادامه داشت.



شکل 1- 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 15 درجه سلسیوس بسیار حساس است (Stefania et al., 2003). این گیاه در دمای 16 تا 26 درجه (دمای پایه حدود 18 درجه) سانتی‌گراد، بهترین شرایط رشد را دارد و در دمای بالای 32 درجه سانتی‌گراد، گلدهی آن متوقف می‌شود. بدین منظور رطوبت نسبی و دما در داخل و خارج گلخانه بصورت میانگین روزانه اندازه‌گیری گردید. در جدول 3 میانگین دمای حداقل، حداکثر و متوسط و نیز رطوبت نسبی متوسط درون و خارج گلخانه آورده شده است. تاثیرات کم‌آبیاری و شوری بر روی خصوصیات مختلف بوته‌های تحت

آزمایش مشاهده و ثبت شد. از جمله این‌که با استفاده از SPAD مقدار شاخص کلروفیل برگ و با استفاده از Leaf Porometer-SC1 هدایت روزنه‌ای برگ اندازه‌گیری شد. توزین وزن تر و خشک برگ‌ها، وزن ساقه، وزن تر و خشک ریشه، وزن میوه، از موارد دیگر اندازه‌گیری شده است. برای اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌های مورد نظر را در آون با دمای حدود 70 درجه سانتی‌گراد به مدت 24 ساعت قرار داده و وزن خشک محاسبه شده است. برای اندازه‌گیری میزان آب مصرفی از حسگر 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.

جدول 3- متغیرهای دما و رطوبت نسبی درون و خارج گلخانه

متغیر / ماه	دمای حداقل (C)		دمای حداکثر (C)		متوسط دما (C)		رطوبت (%)
	داخل	خارج	داخل	خارج	داخل	خارج	داخل
اسفند	22/93	3/63	30/78	15/53	24/98	9/43	85
فروردین	21/80	5/14	31/74	19/49	25/63	12/30	87
اردیبهشت	16/72	12/91	31/65	29/76	23/76	21/63	90
خرداد	16/45	13/95	30/64	32/04	24/45	23/61	90
میانگین دوره	19/48	8/91	31/20	24/21	24/71	16/74	88

مدیریت آبیاری

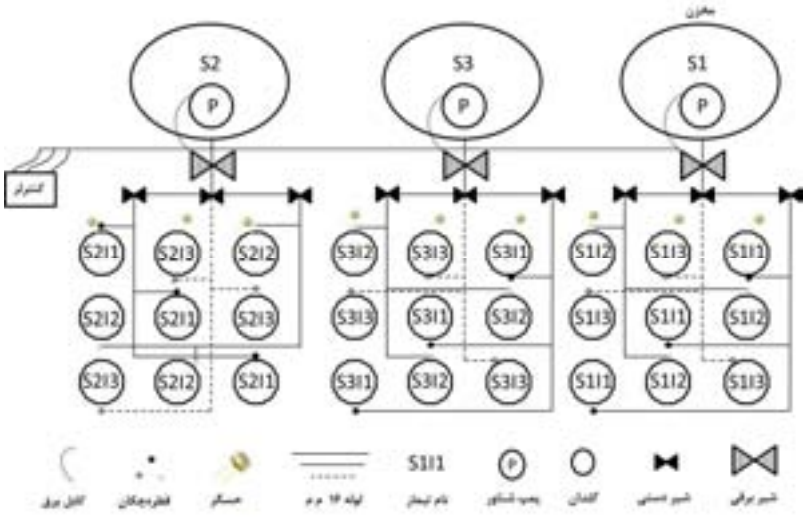
از یک سیستم آبیاری خودکار برای انجام این آزمایش استفاده شد. لوله‌های آب به شیربرقی تعبیه شده وصل بودند. به منظور صرفه‌جویی در هزینه برای هر مخزن سه شیر دستی برای اعمال دستور کم آبیاری برای هر تیمار به‌صورت جداگانه استفاده شد. به کمک پمپ شناور در مخزن آب، فشار لازم برای خروج آب از شیر برقی و قطره‌چکان‌ها (2 لیتر در ساعت) تامین شد. رطوبت خاک در عمق 10 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 کردند. 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 شیر برقی‌ها داده شود. کاهش رطوبت خاک در تیمار آبیاری کامل نسبت به حد رطوبت FC در هر دور آبیاری جبران گردید. این مقدار برای هر تیمار جداگانه محاسبه شد. (به عبارت دیگر از تیمار شاهد به عنوان معیاری جهت ارزیابی خصوصیات مورد بررسی استفاده شد). این مقدار آب، بدلیل نداشتن تلفات نفوذ عمقی برابر با تبخیرتعرق در نظر گرفته شد (تقریبا 10 میلی‌لیتر آب از هر گلدان زهکشی شده که از آن صرف‌نظر شد). دور آبیاری با توجه به نیاز گیاه به آب بوده است ولی به منظور یکنواختی کار و نیاز گیاه به آب دور 2 روز در نظر گرفته شد. تا 21 روز پس از کاشت بذر در سینی کشت (مرحله 4 تا 6 برگی) بوته‌ها به مقدار مساوی آبیاری می‌شدند. لوله‌های آبیاری بر روی گلدان‌ها قرار داشته (در ارتفاع تقریبا 3 سانتی‌متری از بستر) و در هر گلدان دو قطره‌چکان به فاصله 7 سانتی‌متری از هم و فاصله گلدان‌ها از یکدیگر 50 سانتی‌متر بوده است. تراکم بوته، 2 عدد در هر گلدان بوده است. شکل 2 نمای شماتیک طرح می‌باشد.

روش تحلیل داده‌ها

داده‌های این آزمایش در قالب طرح آزمایشی فاکتوریل از نوع کامل تصادفی بوده است. با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و با آزمون مقایسه میانگین LSD در سطوح 1% و 5% تجزیه و تحلیل شده و برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزارهای اکسل و سیگماپلات استفاده شد.

نتایج و بحث

جدول 4 میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک و عملکرد فلفل دلمه در اثر اعمال تنش‌های شوری، کم‌آبیاری و اثر متقابل شوری- کم‌آبیاری، جدول 5 تاثیر عامل تنش شوری به عنوان فاکتور اصلی آزمایش بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکرد فلفل دلمه، جدول 6 تاثیر عامل تنش کم‌آبیاری به عنوان فاکتور فرعی آزمایش بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکرد فلفل دلمه و جدول 7 تاثیر متقابل شوری و کم‌آبیاری در آزمایش را بر شاخص‌های فیزیولوژیکی فلفل دلمه که عبارتند از شاخص کلروفیل برگ، هدایت روزنه‌ای برگ، وزن تر و خشک برگ‌ها، وزن تر و خشک ریشه، وزن و تعداد میوه، و نیز میزان آب مصرفی، عملکرد در هر مترمربع است را نشان می‌دهند.



شکل 2- نمای شماتیک طرح

جدول 4- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک و عملکرد فلفل دلمه

منبع تغییرات	df	وزن تر برگ‌ها	وزن خشک برگ‌ها	آب برگ‌ها	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	آب ریشه
شوری	2	569/830**	12/981*	11/910*	971/853**	88/711**	91/996**
کم‌آبیاری	2	737/730**	20/325**	8/768^{ns}	349/163**	65/628**	65/063**
شوری^{x} کم آبیاری	4	52/630**	2/811^{ns}	4/468^{ns}	113/313**	10/024*	108/897**
خطا	18	3/063	3/063	3/063	3/063	3/063	3/063
منبع تغییرات	**df**	**شاخص کلروفیل**	**هدایت روزنه‌ای**	**تعداد میوه**	**وزن میوه**	**عملکرد**	
شوری	2	71/558*	60/083*	64/037**	272/623**	17/117**	
کم‌آبیاری	2	9/898^{ns}	32/333^{ns}	32/259*	57/973**	7/019**	
شوری^{x} کم آبیاری	4	0/491^{ns}	10/523^{ns}	0/981^{ns}	10/183*	0/098*	
خطا	18	7/907	15/105	7/074	2/250	0/032	

ns، *، ** ← به ترتیب یعنی؛ اختلاف معنی‌دار نیست، در سطح 5% معنی‌دار، در سطح 1% معنی‌دار

جدول 5- مقایسه میانگین تاثیر عامل تنش شوری- بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکرد فلفل دلمه

شاخص	واحد	S_1	S_2	S_3	P>F
شاخص کلروفیل برگ	No	53/11$^{\#}$a^{T}	51/53a	47/63b	*
هدایت روزنه‌ای	mmol/m^{2}s	46/66a	45/82a	41/82b	*
وزن تر برگ‌ها	gr	109/1a	107/4b	94/53c	**
وزن خشک برگ‌ها	gr	29/16a	29/73a	27/42b	*
آب برگ	%	73/24a	72/14ab	70/94b	*
وزن تر ریشه	gr	66/83a	60/97b	46/63c	**
وزن خشک ریشه	gr	26/91a	26/70a	21/37b	**
آب ریشه	%	59/61a	56/19b	53/22c	**
تعداد میوه	NO	10/56a	8/00a	5/22b	**
وزن تک میوه	gr	48/10a	44/70b	37/33c	**
آب مصرفی	L	50/95a	49/24a	46/31b	**
عملکرد	Kg/m^2	4/58a	3/23b	1/82c	**

هر مقدار نمایان‌گر میانگین سه تکرار است

T حروف مشابه نشان دهنده عدم معنی‌داری است.

* و ** معنی‌داری به ترتیب در سطح 5% و 1%

NS عدم معنی‌داری

جدول 6- مقایسه میانگین تاثیر عامل تنش کم‌آبیاری به عنوان فاکتور فرعی آزمایش بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکرد فلفل دلمه

شاخص	واحد	I_1	I_2	I_3	P>F
شاخص کلروفیل برگ	No	51/66	51/00	49/61	NS
هدایت روزنه‌ای	$mmol/m^2s$	46/32	45/32	42/65	NS
وزن تر برگ‌ها	gr	112/6 $^{\#}a^{T}$	104/0b	94/47c	**
وزن خشک برگ‌ها	gr	30/13a	29/02a	27/16b	**
آب برگ	%	73/17	71/96	71/21	NS
وزن تر ریشه	gr	61/00a	62/43a	51/00b	**
وزن خشک ریشه	gr	27/59a	25/19b	22/20c	**
آب ریشه	%	59/44a	56/86b	54/72b	**
تعداد میوه	NO	9/88a	7/77ab	6/11b	*
وزن تک میوه	gr	46/00a	43/20b	40/93c	**
آب مصرفی	L	68/93a	51/07B	25/50c	**
عملکرد	Kg/m^2	4/14a	3/09b	2/39c	**

هر مقدار نمایان‌گر میانگین سه تکرار است

T حروف مشابه نشان دهنده عدم معنی‌داری است.

* و ** معنی‌داری به ترتیب در سطح 5% و 1%

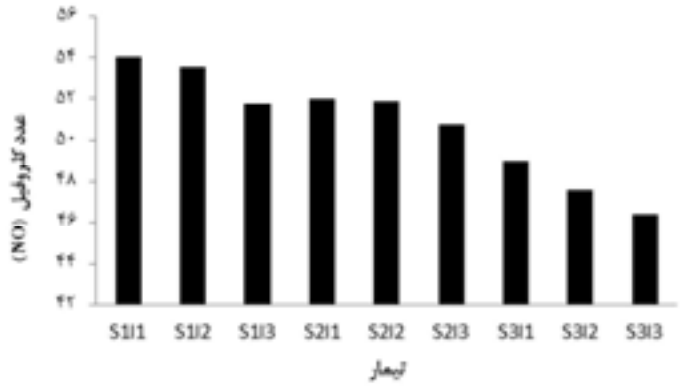
NS عدم معنی‌داری

جدول 7- مقایسه میانگین تاثیر متقابل تنش‌های شوری و کم‌آبیاری در آزمایش بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکرد فلفل دلمه

شاخص	$S_1 I_1$	$S_1 I_2$	$S_1 I_3$	$S_2 I_1$	$S_2 I_2$	$S_2 I_3$	$S_3 I_1$	$S_3 I_2$	$S_3 I_3$	P>F
شاخص کلروفیل برگ	54/06	53/53	51/73	52/00	51/86	50/73	48/93	47/60	46/36	NS
هدایت روزنه‌ای	47/13	46/80	46/03	48/66	47/53	41/26	43/16	41/63	40/66	NS
وزن تر برگ‌ها	119/8a	111/1b	98/90d	114/3ab	103/2c	99/10d	103/6c	94/60e	85/40f	**
وزن خشک برگ‌ها	30/74	29/68	27/05	30/37	29/43	29/39	29/28	27/96	25/03	NS
آب برگ	73/96	73/13	72/63	74/63	71/46	70/33	71/73	70/67	70/43	NS
وزن تر ریشه	76/30a	63/60bc	60/60cd	65/00b	60/30d	57/60d	54/40e	50/70f	34/80g	**
وزن خشک ریشه	29/97a	28/58ab	25/31cd	27/91abc	26/89bcd	22/17ef	24/89de	20/10fg	19/12g	*
آب ریشه	63/43a	62/53ab	60/37b	57/07c	55/43cd	56/07c	54/23cd	52/87d	45/07e	**
تعداد میوه	12/33	10/31	9/00	9/64	7/67	6/65	7/66	5/32	2/66	NS
وزن تک میوه	49/70a	47/70ab	46/90bc	46/30bc	44/60cd	43/20de	42/00e	37/30f	32/70g	*
آب مصرفی	72/83a	53/39b	26/65d	70/48a	52/08bc	25/17d	63/49e	49/74c	24/70d	*
عملکرد	5/52a	4/43b	3/79c	4/12bc	3/07d	2/59e	2/89de	1/79f	0/78g	*

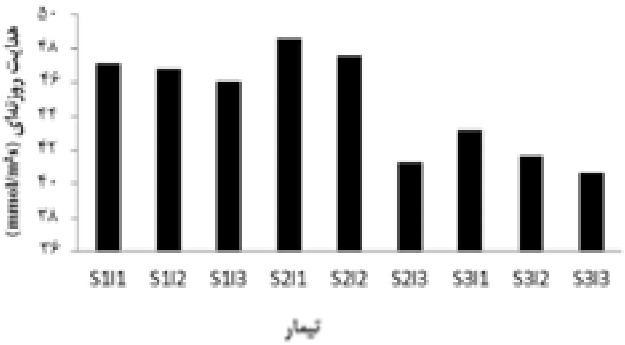
تاثیر تنش شوری و کم آبیاری بر خصوصیات فیزیولوژیک اندام هوایی فلفل دلمه

مطابق جدول 5 تاثیر شوری بر میزان شاخص کلروفیل برگ که به‌صورت هفتگی در خلال آزمایش اندازه‌گیری شده است در سطح 5% اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده شده است. بین تیمارهای S1(53/11) و S2(51/53) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ولی این دو تیمار با تیمار S3(47/63) دارای اختلاف معنی‌داری در سطح 5% هستند. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیش‌ترین شاخص کلروفیل در تیمار S1 مشاهده شده است و با افزایش میزان شوری مقدار شاخص کلروفیل برگ کاهش یافته است. شاخص کلروفیل ثبت شده در تیمارهای S2 و S3 به ترتیب 97% و 89% شاخص کلروفیل S1 بوده‌اند. مطابق جداول 6 و 7 مشاهده می‌شود که اختلاف معنی‌داری بین تیمارها در اثر کم آبیاری و تاثیر متقابل تنش‌های کم‌آبیاری و شوری وجود ندارد. بیش‌ترین مقدار در اثر متقابل تنش‌ها مربوط به تیمار S1I1(54/06) و کم‌ترین مقدار در تیمار S3I3(46/36) مشاهده شده است. مطابق شکل 3 مشاهده می‌شود که با افزایش میزان شوری و کم‌شدن آب، آبیاری میزان شاخص کلروفیل کاهش می‌یابد. کاهش کلروفیل برگ‌ها باعث کاهش فتوسنتز می‌گردد (Drazkiewicz,. 1994).



شکل 3- تاثیر تنش کم‌آبیاری و شوری بر شاخص کلروفیل برگ فلفل دلمه در گلخانه

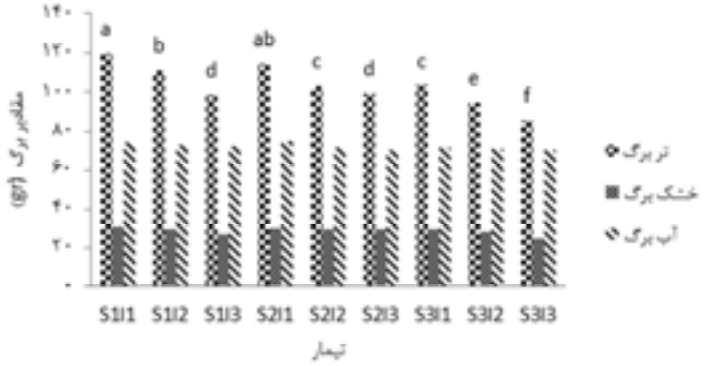
مطابق جدول 5 تاثیر شوری بر میزان هدایت‌روزنه‌ای برگ که بصورت هفتگی در خلال آزمایش اندازه‌گیری شده است در سطح 5% اختلاف معنی‌دار بین تیمارها مشاهده شد. بین تیمارهای S1(46/66) و S2(45/82) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ولی این دو تیمار با تیمار S3(41/82) دارای تفاوت معنی‌دار در سطح 5% هستند. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیش‌ترین مقدار هدایت‌روزنه‌ای در تیمار S1 مشاهده شده است و با افزایش میزان شوری مقدار هدایت‌روزنه‌ای برگ کاهش یافته است. مقدار هدایت‌روزنه‌ای ثبت شده در تیمارهای S2 و S3 به ترتیب 98% و 90% مقدار هدایت‌روزنه‌ای تیمار شاهد یعنی S1 بوده‌اند. مطابق جداول 6 و 7 مشاهده می‌شود که اختلاف معنی‌داری بین تیمارها در اثر کم‌آبیاری و تاثیر توام تنش‌های کم‌آبیاری و شوری وجود ندارد. به عبارت دیگر کاهش میزان آب، آبیاری (تیمارهای این پژوهش) تاثیری در میزان هدایت روزنه‌ای برگ فلفل دلمه‌ای در گلخانه نداشته است. بیش‌ترین مقدار در تاثیر متقابل تنش‌ها مربوط به تیمار S2I1(48/66) و کم‌ترین مقدار در تیمار S3I3(40/66) مشاهده شده است. مطابق شکل 4 مشاهده می‌شود که با افزایش میزان شوری و کم‌شدن آب آبیاری میزان هدایت‌روزنه‌ای کاهش می‌یابد.



شکل 4- تاثیر تنش‌های کم‌آبیاری و شوری بر هدایت‌روزنه‌ای برگ فلفل دلمه در گلخانه

در تیمارهای اعمال شده بر شاخص‌های وزن تر و خشک برگ‌ها مشاهده شد که بین تیمارها از نظر آماری اختلاف معنی‌دار وجود دارد. با افزایش شوری میزان وزن تر برگ کاهش یافته است. بطوری‌که بیش‌ترین مقدار در تیمار S1(109/1) و کم‌ترین مقدار در تیمار S3(94/53) مشاهده شده است. هر سه سطح شوری با یکدیگر اختلاف بسیار معنی‌دار در سطح 1% دارند. با کم شدن آب، آبیاری میزان وزن تر برگ‌ها بصورت معنی داری کاهش یافته است. به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار در تیمار I1(112/6) و کم‌ترین مقدار در تیمار I3(94/47) مشاهده شده است. هر سه سطح آبیاری با یکدیگر اختلاف بسیار معنی‌دار در سطح 1% دارند. در تاثیر متقابل تنش‌های شوری و کم‌آبیاری مطابق آن‌چه که در جدول 7 مشاهده می‌شود، بین تیمارهای S1I1(119/8) و S1I2(111/1) و S2I1(114/3) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. اگرچه مقدار تیمار شاهد (به دلیل شوری کم‌تر)، مقدار وزن تر بیش‌تری نسبت به دو تیمار دیگر دارد. مطابق

جدول 5 مشاهده می‌شود که بین تیمارهای شوری اعمال شده بر میزان وزن خشک برگ‌ها در سطح 5% اختلاف معنی‌دار وجود دارد. بطوری‌که بین تیمارهای S1(29/16) و S2(29/73) اختلاف معنی‌دار وجود نداشته ولی این دو تیمار با تیمار S3(27/42) دارای تفاوت معنی‌دار در سطح 5% می‌باشند. مطابق جدول 6 مشاهده می‌شود که بین تیمارهای کم‌آبیاری اعمال شده بر میزان وزن خشک برگ‌ها در سطح 1% اختلاف بسیار معنی‌دار وجود دارد. بین تیمارهای I1(30/13) و I2(29/02) اختلاف معنی‌دار وجود ندارد ولی این دو تیمار با تیمار I3(27/16) دارای تفاوت بسیار معنی‌دار در سطح 1% می‌باشند. با کم شدن آب، آبیاری، تنش بیش‌تر به گیاه وارد شده و وزن خشک برگ کاهش می‌یابد. بطوری‌که مقدار ثبت شده برای تیمار I2 و I3 به ترتیب 96% و 90% مقدار تیمار I1 (آبیاری کامل) می‌باشند. در تاثیر متقابل تنش‌های شوری و کم‌آبیاری بر وزن خشک برگ‌ها، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشده است ولی بیش‌ترین مقدار برای تیمار شاهد S1I1(30/74) و کم‌ترین مقدار برای تیمار S3I3(25/03) مشاهده شده است. درصد میزان آب برگ‌ها تنها تحت تاثیر تنش شوری قرار گرفته است (جدول 5) و بین تیمارهای آن اختلاف معنی‌دار در سطح 5% مشاهده شده است. بین تیمارهای S1(73/24) و S3(70/94) اختلاف معنی‌دار در سطح 5% وجود دارد ولی تیمار S2(72/14) با دو تیمار S1 و S3 دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشد. تاثیر کم‌آبیاری و نیز تاثیر متقابل کم‌آبیاری و شوری بر درصد آب برگ معنی‌دار نبوده است. به عبارت دیگر کم‌آبیاری تاثیر معنی‌داری را بر درصد آب برگ در این آزمایش ایجاد نکرده است. شکل 5 تغییرات وزن تر و خشک و آب برگ را با افزایش میزان شوری و کم‌شدن آب آبیاری در نتیجه تأثیر متقابل دو تنش کم آبیاری و شوری بر برگ فلفل دلمه را نشان می‌دهد.

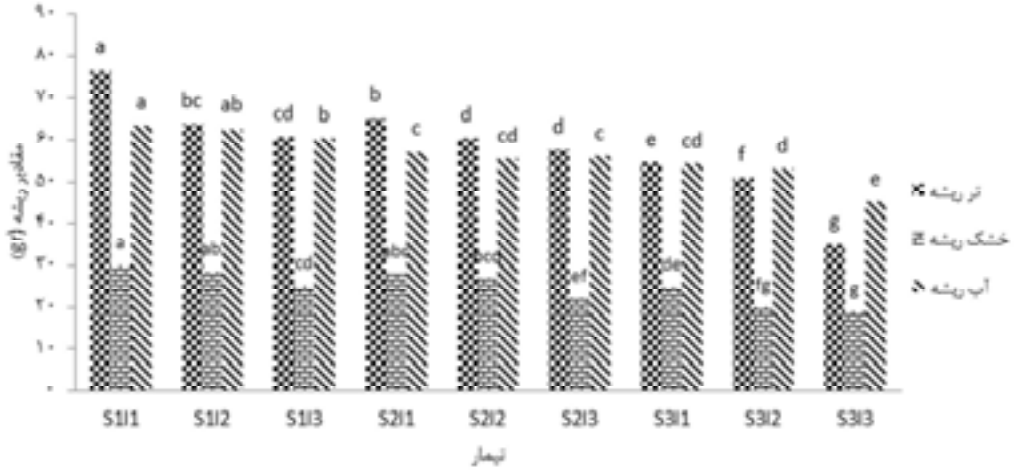


شکل 5- تاثیر تنش‌های کم‌آبیاری و شوری بر وزن تر، خشک و درصد آب برگ برای فلفل دلمه در گلخانه

تاثیر تنش شوری و کم آبیاری بر خصوصیات فیزیولوژیک اندام زمینی فلفل دلمه

وزن تر و خشک ریشه گیاه فلفل دلمه‌ای در اثر تیمارهای اعمال شده در این آزمایش در سطوح مختلف مورد بررسی اختلافات معنی‌داری با یکدیگر دارند. بطوری‌که با افزایش شوری میزان وزن تر ریشه کاهش یافته است. مطابق جدول 5 بیش‌ترین مقدار وزن تر ریشه در تیمار S1(66/83) و کم‌ترین مقدار در تیمار S3(46/63) مشاهده شده است و هر سه سطح شوری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار در سطح 1% دارند. با کم شدن آب آبیاری میزان وزن تر ریشه کاهش یافته است. مطابق جدول 6 بیش‌ترین مقدار در تیمار I2(62/43) و کم‌ترین مقدار در تیمار I3(51/00) مشاهده شده است. تیمار I1 و I2 اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند ولی این دو تیمار با تیمار I3 دارای اختلاف معنی‌دار در سطح 1% هستند. در تاثیر متقابل تنش‌های شوری و کم‌آبیاری در جدول 7 مشاهده می‌شود که بین تیمارهای S1I2(63/60) و S2I1(65/00) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. بیش‌ترین مقدار را تیمار شاهد S1I1(76/30) و کم‌ترین مقدار را S3I3(34/80) داشته‌اند. در جدول 5 مشاهده می‌شود که بین تیمارهای شوری اعمال شده بر میزان وزن خشک ریشه در سطح 1% اختلاف بسیار معنی‌دار وجود دارد. به‌طوری‌که بین تیمارهای S1(26/91) و S2(26/70) اختلاف معنی‌دار وجود نداشته ولی این دو تیمار با تیمار S3(21/37) دارای تفاوت معنی‌دار در سطح 1% می‌باشند. مطابق جدول 6 مشاهده می‌شود که بین تیمارهای کم‌آبیاری اعمال شده بر میزان وزن خشک ریشه در سطح 1% بین همه تیمارها اختلاف بسیار معنی‌دار وجود دارد. با کم شدن میزان آبیاری، وزن خشک ریشه کاهش می‌یابد. به‌طوری‌که مقدار بدست آمده برای تیمار I2(25/19) و I3(22/20) به ترتیب 91% و 80% مقدار تیمار I1(27/59) آبیاری کامل می‌باشند. در تاثیر متقابل تنش‌های شوری و کم‌آبیاری بر وزن خشک ریشه اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح 5% وجود دارد (جدول 7). مطابق این جدول اختلاف معنی‌داری بین آبیاری کامل با شوری S2 (یعنی S2I1) و آبیاری با 85% نیاز آبی گیاه و شوری S1 (یعنی S1I2) و تیمار شاهد مشاهده نشده است. همچنین تیمارهای شاهد با آبیاری کامل و 85%

نیاز آبی فلفل دلمه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند. سایر اختلافات در جدول 7 قابل مشاهده است. بیش‌ترین میزان وزن خشک برای تیمار شاهد ثبت شده است (S1I1=29/97) و کم‌ترین آن برای تیمار S3I3(19/12) بوده است. مطابق جداول 5 تا 7، تاثیر شوری،کم آبیاری و تاثیر متقابل تنش‌های شوری و کم‌آبیاری بر درصد آب ریشه در سطح 1% معنی‌دار بوده است. در جدول 5 نشان داده شده است که بین هر سه تیمار اختلاف معنی‌دار وجود دارد. با افزایش میزان شوری، آب ریشه کاهش یافته است. به‌طوری‌که میزان آب ریشه بدست آمده در تیمارهای S2 و S3 به ترتیب 94% و 89% تیمار شاهد S1 می‌باشند. در جدول 6 نشان داده شده است که بین تیمار I2(56/86) و I3(54/72) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشده است و درصورتی‌که این دو تیمار با I1(59/44) دارای تفاوت بسیار معنی‌دار در سطح 1% بوده‌اند. با کم شدن آب، آبیاری میزان آب ریشه نیز کاهش یافته است. بطوری‌که میزان آب ریشه بدست آمده در تیمارهای I2 و I3 به ترتیب 93% و 92% تیمار شاهد I1 می‌باشند. مطابق جدول 7 بین تیمارهای S1I1 شاهد و تیمار S1I2 تفاوت معنی‌داری مشاهده نشده است. بیش‌ترین مقدار درصد آب ریشه برای تیمار S1I1(63/43) و کم‌ترین آن برای تیمار S3I3(45/07) بدست آمده است. هرچه شوری کم و میزان آب، آبیاری بیش‌تر باشد درصد آب موجود در ریشه بیش‌تر است. شکل 6 تغییرات وزن تر و خشک و آب ریشه را با افزایش میزان شوری و کم‌شدن آب، آبیاری در نتیجه تاثیر دو تنش کم‌آبیاری و شوری بر ریشه فلفل دلمه را نشان می‌دهد.



شکل 6- تاثیر تنش‌های کم‌آبیاری و شوری بر وزن تر، خشک و درصد آب ریشه برای فلفل دلمه در گلخانه

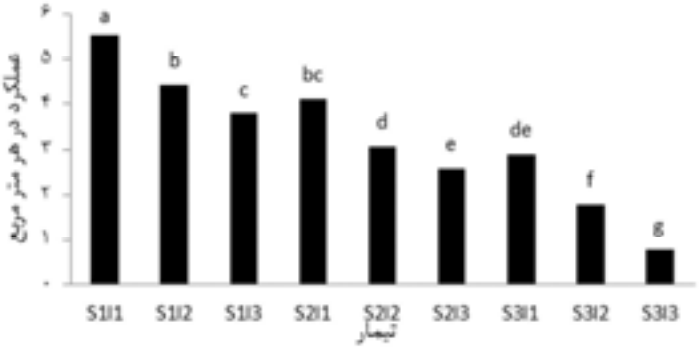
تاثیر تنش شوری و کم‌آبیاری بر میوه و عملکرد آن

مطابق جدول 5 در اثر تاثیر شوری بر عملکرد میوه بدین صورت مشاهده شده است که تمامی تیمارها در سطح 1% با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند. با افزایش شوری وزن میوه کاهش یافته است. به‌طوری‌که بیش‌ترین وزن مربوط به سطح شوری S1(48/10) و کم‌ترین وزن مربوط به سطح شوری S3(37/33) بوده است. مطابق جدول 6 در اثر تاثیر سطوح مختلف آبیاری بین همه تیمارها در سطح 1% اختلاف معنی‌دار وجود دارد. با کم شدن میزان آب، آبیاری مشاهده شده است که وزن میوه فلفل دلمه نیز کاهش یافته است. به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار را تیمار I1(46/00) و کم‌ترین مقدار را تیمار I3(40/93) داشته‌اند. در جدول 7 تاثیر متقابل تنش‌های شوری و کم‌آبیاری بر وزن میوه نشان داده است که در سطح 5% بین تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود دارد. در این بین بیش‌ترین مقدار را تیمار شاهد S1I1(49/70) داشته است و با تیمار S1I2(47/70) اختلاف معنی‌داری ندارد. به عبارت دیگر در سطح شوری S1 و آبیاری با 85% نیاز آبی گیاه تاثیر معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد در وزن میوه مشاهده نشده است. و نیز تیمارهای S1I3(46/90) و S2I1(46/30) نیز اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند. کم‌ترین مقدار مربوط به تیمار S3I3(32/70) است. شکل 7 به‌خوبی روند کاهشی مقدار وزن تک میوه در اثر تنش‌های شوری و کم‌آبیاری را نشان می‌دهد.

نتایج بررسی عملکرد میوه در هر مترمربع نشان داده است که تحت تاثیر تیمارهای اعمال شده دارای اختلافات معنی‌دار با یکدیگر می‌باشند. مطابق جدول 5 در اثر تاثیر شوری اختلاف بسیار معنی‌داری بین تیمارها مشاهده شده است بطوری‌که با افزایش شوری میزان عملکرد در هر مترمربع کاهش یافته است. بیش‌ترین مقدار را تیمار S1(4/58) و کم‌ترین مقدار را تیمار S3(1/82) به خود اختصاص می‌دهند. به‌طوری‌که عملکرد تیمارهای S2 و S3 به ترتیب برابر 92% و 78% تیمار شاهد S1 بوده است. مطابق جدول 6 با کاهش میزان آب آبیاری نیز عملکرد در هر مترمربع کاهش می‌یابد. بین تیمارها در سطح 1% اختلاف بسیار معنی‌داری وجود دارد. بطوری‌که بیش‌ترین مقدار را تیمار آبیاری کامل I1(4/14) و کم‌ترین مقدار را تیمار آبیاری با 70% نیاز آبی گیاه I3(2/39) داشته‌اند. عملکرد تیمارهای I2 و I3 به ترتیب برابر 75% و 58% تیمار شاهد I1 بوده است.

شکل 7- تاثیر تنش‌های کم‌آبیاری و شوری بر وزن میوه فلفل دلمه در گلخانه

که نشان می‌دهد کم‌آبیاری تاثیر بسزایی بر عملکرد میوه خواهد گذاشت. مطابق جدول 7 در اثر متقابل تنش‌های کم‌آبیاری و شوری میزان عملکرد در هر مترمربع با افزایش میزان شوری و کاهش میزان آب، آبیاری کاهش می‌یابد. بین تیمارها در سطح 5% اختلاف معنی‌دار مشاهده شده است. بیش‌ترین مقدار را تیمار شاهد S1I1(5/52) و کم‌ترین مقدار را تیمار S3I3(0/78) به خود اختصاص داده‌اند. مطابق بررسی صورت گرفته تیمار S2I1(4/12) با تیمارهای S1I2(4/43) و S1I3(3/79) اختلاف معنی‌داری نداشته است. به عبارت دیگر با شوری S2 و با آبیاری کامل (S2I1) می‌توان محصولی مشابه با شوری S1 و 85% تا 70% نیاز آبی فلفل دلمه، عملکرد در هر مترمربع کسب نمود و حتی محصولی بیش‌تر نسبت به S1I3 بدست آورد. شکل 8 روند کاهشی مقدار عملکرد در هر مترمربع در اثر تنش‌های شوری و کم‌آبیاری را نشان می‌دهد. اگرچه تعداد میوه با افزایش شوری کاهش می‌یابد (جدول 5) و نیز با کم شدن مقدار آب آبیاری کاهش می‌یابد (جدول 6) اما مطابق جدول 7 تاثیر متقابل تنش‌های شوری و کم‌آبیاری بر تعداد میوه تاثیری نداشته است. 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).

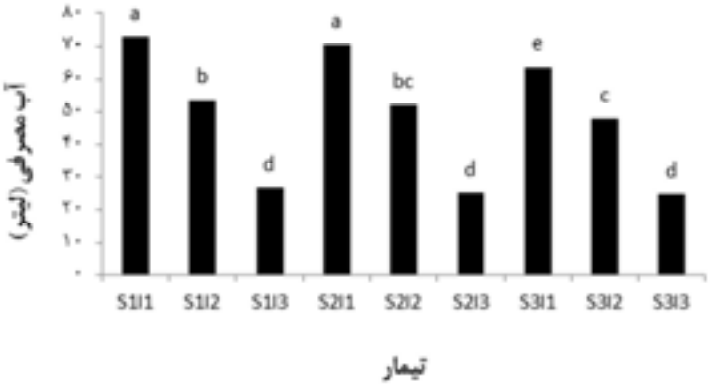


شکل 8- تاثیر تنش‌های کم‌آبیاری و شوری بر عملکرد میوه فلفل دلمه در هر مترمربع در گلخانه

تاثیر تنش شوری و کم آبیاری بر میزان آب مصرفی

تفاوت مقدار آب مصرفی در اثر اعمال تیمارهای شوری و کم‌آبیاری به‌صورت جداگانه در سطح 1% بین تیمارها اختلاف بسیار معنی‌دار وجود دارد و در اثر تاثیر متقابل این دو تنش بین تیمارها اختلاف معنی‌دار در سطح 5% وجود داشته است. افزایش سطح شوری میزان تبخیر و تعرق فلفل دلمه را کاهش می‌دهد. مطابق جدول 5 با افزایش سطح شوری میزان آب مصرفی کاهش یافته است. بطوری‌که بیش‌ترین میزان آب مصرفی را تیمار شاهد یعنی S1(50/95) دارد که این تیمار با تیمار شوری S2(49/24) تفاوت معنی‌دار نداشته ولی با تیمار S3(46/31) در سطح 1% اختلاف معنی‌داری دارد. میزان کاهش آب مصرفی در اثر اعمال شوری، در مقایسه تیمار شاهد با سایر تیمارها مشاهده شده است که میزان آب مصرفی در تیمارهای S2 و

S3 به ترتیب 97% و 91% از آب مصرفی در تیمار شاهد بوده‌اند. مطابق جدول 6 تاثیر مقدار آب آبیاری بر میزان مصرف آب تفاوت معنی‌داری را در سطح 1% ایجاد کرده است. بطوری‌که بیش‌ترین میزان آب مصرفی را تیمار شاهد I1(68/93) داشته است. از نظر آماری بین همه تیمارها تفاوت معنی‌دار وجود دارد. به عبارت دیگر استفاده از رویکرد کم‌آبیاری و نیز استفاده از سیستم‌های هوشمند آبیاری باعث ایجاد تفاوت در میزان آب مصرفی می‌شود. در مقایسه تیمارهای اعمال شده با تیمار شاهد میزان آب مصرفی برای تیمارهای I2(51/07) و I3 (25/50) به ترتیب 74% و 37% میزان آب مصرفی در تیمار شاهد کاهش یافته است. مطابق جدول 7 نتایج اثر متقابل تنش‌های کم‌آبیاری و شوری بر میزان آب مصرفی فلفل دلمه تفاوت معنی‌داری در سطح 5% بین تیمارها وجود دارد. به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان آب مصرفی را تیمار شاهد S1I1(72/83) داشته است که با تیمار S2I1(70/40) تفاوت معنی‌داری نداشته است، دلیل آن می‌تواند آبیاری کامل این دو تیمار باشد. همان‌طور که از شکل 9 مشاهده می‌شود در اثر افزایش میزان شوری و کم شدن میزان آب آبیاری مقدار مصرف آب آبیاری کاهش یافته است (Salareian et al.,2014).



شکل 9- تاثیر توام تنش کم‌آبیاری و شوری بر میزان آب مصرفی فلفل دلمه گلخانه‌ای

نتیجه‌گیری

به‌منظور بررسی اثر تنش‌های کم‌آبیاری و شوری بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکرد فلفل دلمه که عبارتند از کلروفیل برگ، هدایت روزنه‌ای برگ، وزن تر و خشک برگ‌ها، وزن تر و خشک ریشه، وزن میوه، عملکرد در هر مترمربع و نیز میزان آب مصرفی، آزمایشی بر مبنای کشت گلدانی طی زمستان و بهار سال 93-1392 در گلخانه تحقیقاتی واقع در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. این طرح به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه سطح شوری، سه سطح آبیاری و سه تکرار اجرا گردید. نتایج نشان داد که اثر شوری بر خصوصیات فیزیولوژیکی فلفل دلمه مانند شاخص کلروفیل برگ (اندازه‌گیری شده با SPAD)، هدایت روزنه‌ای، وزن خشک برگ‌ها و درصد آب برگ‌ها در سطح 5% معنی‌دار بوده و نیز بر وزن تر برگ‌ها، وزن تر و خشک ریشه و درصد آب ریشه در سطح 1% معنی‌دار بود. کم‌آبیاری بر، وزن تر و خشک برگ‌ها، وزن تر و خشک ریشه و درصد آب ریشه اثر معنی‌داری در سطح 1% داشت اما بر کلروفیل محاسبه شده توسط SPAD، هدایت روزنه‌ای برگ، و درصد آب برگ‌ها اثر معنی‌داری نداشته است. اثر متقابل تنش‌های شوری و کم‌آبیاری بر خصوصیاتی همانند کلروفیل محاسبه شده توسط SPAD، هدایت روزنه ای، وزن خشک برگ ها و درصد آب برگ‌ها اثر معنی‌داری نداشته است اما بر وزن خشک ریشه اثر معنی‌دار در سطح 5% و بر وزن تر برگ‌ها، وزن تر ریشه و درصد آب ریشه اثر معنی‌دار در سطح 1% داشت. شوری بر تمامی خصوصیات عملکرد فلفل دلمه در این پژوهش که عبارتند از تعداد میوه، وزن میوه، و عملکرد در هر مترمربع تاثیر معنی داری در سطح 1% داشت. تنش کم آبیاری نیز به جز بر تعداد میوه که اثری معنی دار در سطح 5% داشت در سایر خصوصیات اثری معنی‌دار در سطح 1% بر خصوصیات عملکرد فلفل دلمه داشته است (Chartzoulakis and Klapaki., 2000). اثر متقابل تنش‌های کم‌آبیاری و شوری بر تعداد میوه فلفل دلمه اثر معنی داری نداشت ولی بر سایر خصوصیات عملکرد آن تاثیر معنی‌دار در سطح 5% داشت (Kurunc et al,. 2011). با افزایش میزان شوری و کم شدن آب، آبیاری خصوصیات عملکردی فلفل دلمه و میزان آب، آبیاری کاهش یافته است. (English et al., 1994) گزارش داده‌اند که کم کردن حجم آب، آبیاری موجب کاهش بیماری‌ها، بهبود وضعیف جابجایی و چیدن میوه، کاهش نیاز به آبشویی ناشی در اثر کودآبیاری در منطقه ریشه گیاه و نیز بهبود تهویه خاک می‌شود.

منابع

Ade-Omowaye,B.I.O., Rastogi,N.K. Angersbach,A and Knorr,D. 2002. Osmotic dehydration of bell peppers: influence of high intensity electric field pulses and elevated temperature treatment, Journal of Food Engineering. 54: 35–43.

Allen,R.G., Pereria,L.S., Raes.D, Smith,M. 1998. Crop evapotranspiration. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Rome, Italy.

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.

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

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 corissance et la nutrition du piment. Fruits 50, 469-471. [In French].

Drazkiewicz,M. 1994. Chlorophyllase: Occurance functions, mechanism of action, effects of external and internal factors. Photosynthesis. 30:321-331.

English,M.J., Musick,J.T., Murty,V.V.N. 1992. Deficit irrigation. In Hoffman, G.J. Howell, T.A. and Solomon,K.H. (eds.). Management of farm irrigation systems. Monograph No. 9, Michigan, USA. 631-633.

Flowers,T.J. 1999. Salinisation and horticultural production. Scientia Horticulturae 78: 1-4.

Hussein,M.M., El-Faham,S.Y., Alva,A.K. 2012. Pepper plants growth, yield, photosynthetic pigments, and total phenols as affected by foliar application of potassium under different salinity irrigation water. Agricultural Sciences.3.2: 24-241.

Kurunc,A., Unlukara,A., Cemek,B. 2011. Salinity and drought affect yield response of bell pepper similarly. Acta Agriculturae 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 71. New York.

Metin Sezen,S., Yazar,A., Eker,S. 2006. Effect of drip irrigation regimes on yield and quality of field grown bell pepper. Agricultural Water Management. 81. 115–131.

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., Garrido,C., Carvajal,M., Martinez,V. 2002. Yield and fruit quality of pepper plants under sulphate and chloride salinity. Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 77: 52–57.

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.

Pessarakli,M. 1999. Handbook of Plant and Crop Stress. Second Edition. Marcel Dekker.

Rhoades,J.D, Kandiah,A., Mashali,A.M. 1992. The use of saline waters for crop production. FAO Irrigation and Drainage Paper 48. Rome, Italy.

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: 88-99.

Singh,B.R and Singh,D.P. 1994. Effect of moisture stress on morphological parameters and productivity of Rice. Agro Botanical Publishers India, Bikaner. Pp:241-24

Sonneveld,C. 1988. The salt tolerance of greenhouse crops. Neth. Journal of Agricultural Science. 36. 63–73.

Stefania,D.P., Celestino,R Giancarlo,B. 2003. Physiological Responses of Pepper to Salinity and Drout. Journal of the American Society for Horticultural Science. 128.1: 48-54. 2003

Topuz,A and Ozdem,F. 2007. Assessment of carotenoids, capsaicinoids and ascorbicacid composition of some selected pepper cultivars (*Capsicum annuum*L.) grown in Turkey. Journal of Food Composition and Analysis. 20: 596-602.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 11, Agu.-Sept. 2017, p. 322-334

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره3، جلد 11، مرداد - شهریور 1396، ص. 334-322

The impact of Deficit Irrigation and Salinity Stress on Physiological Parameters and Yield of Bell Pepper in Greenhouse by Smart Drip Irrigation system

M. Salarian[1*], A. Alizadeh[2], K. Davary[3], H. Ansari[4]
Recived: Apr.17, 2016 Accepted: Oct.19, 2016

Abstract

Soil moisture control and salinity control are important management components to reduce water consumption and improve the quality and quantity of the products in greenhouses. An experiment was conducted in order to determine the effect of deficit irrigation and salinity stress on physiological characteristics and yield of bell pepper in the greenhouse during winter and spring 2013-2014, in the greenhouse of Ferdowsi University of Mashhad. The smart drip irrigation system is used to irrigate the bell pepper. For this purpose, plant moisture is detected by humidity sensors "REC-P55" embedded in pots. The necessary commands and instruction were given to the controller to connect or disconnect irrigation. The irrigation treatments were applied to include 100% (I1), 85% (I2) and 70% (I3) of water requirement as well as three levels of salinity in the amount of 1/2 (S1), 3 (S2) and 6 (S3) dS/m, and with three replications in a factorial experiment in a completely randomized design. The results have shown a very significant effect (%1) of salinity and deficit irrigation on yield, fruit number and fruit weight. Although the interaction of salinity and deficit irrigation on fruit yield at 5% level, but it did not have a significant effect on the number of fruit. In other words, the low number of fruits cannot be the cause of a reduced performance. But a decrease in the number of fruit can reduce the average weight of the fruit. With increasing salinity and lack of irrigation, the leaf chlorophyll has fallen leaf chlorophyll. Salinity and irrigation practices on the leaf stomatal conductance, did not show significant differences between treatments . However, with increasing salinity and lowering irrigation its amount has been dropped. The amount of used water has dropped due to low irrigation and salinity. The use of smart irrigation systems has led to remarkable water save. The results have shown that fresh and dry weight, leaves and roots, as well as the percentage of water content in the roots and leaves have fallen, due to the effects of limited irrigation and salinity.

Keywords: Bell pepper, Deficit irrigation, REC-P55, salinity, Smart

1- PhD. Candidate in Irrigation and Drainage Engineering, Department of Water Sciences and Engineering, Ferdowsi University of Mashhad
2- Professor, Department of Water Sciences and Engineering, Ferdowsi University of Mashhad
3- Professor, Department of Water Sciences and Engineering, Ferdowsi University of Mashhad
4- Professor, Department of Water Sciences and Engineering, Ferdowsi University of Mashhad
(* - Corresponding Author Email : mohammad.salarian@mail.um.ac.ir)