

اثر تنش آبی بر رشد، عملکرد و کارایی مصرف آب فلفل در شرایط گلخانه‌ای

سید حسن طباطبائی^{۱*}، سارامردانی نژاد و حمیدزراع ابیانه

دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

Tabatabaei@agr.sku.ac.ir

دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه همدان.

mardani.sara@gmail.com

دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه همدان.

zareabyaneh@gmail.com

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی تأثیر تیمارهای آبیاری به میزان ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی بر شاخص رشد، عملکرد و کارایی مصرف آب روی گیاه فلفل قلمی (*Capsicum annuum L.*)، در گلخانه دانشگاه شهرکرد، در داخل ۱۲ گلدان در یک خاک لومی-رسی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۳ تکرار در سال ۱۳۹۱ انجام گرفت. نتایج نشان داد که میزان آب آبیاری بر شاخص رشد، عملکرد و کارایی مصرف آب (WUE) در سطح پنج درصد معنی‌دار بوده است. حداکثر عملکرد محصول و حداکثر کارایی مصرف آب در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به دست آمد. همچنین مشاهده شد که با کاهش مصرف آب به میزان ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی، عملکرد محصول به ترتیب ۶۹/۴۹ و ۵۰/۲۶، ۹۲/۹۸ و ۲۴/۵۶ درصد کاهش یافت. با کاهش مصرف آب به میزان ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی، کارایی مصرف آب به ترتیب ۲۹/۳۵ و ۲۲/۱۰، ۲۴/۵۶ درصد کاهش یافت. با توجه به این که اختلاف عملکرد بین تیمارهای ۱۰۰ درصد نیاز آبی و ۸۰ درصد نیاز آبی در سطح ۵ درصد معنی‌دار نبود، لذا توصیه شد که در شرایط محدودیت آب آبیاری می‌توان تا حداکثر ۲۰ درصد نیاز آبی گیاه را کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: آب آبیاری، بازده مصرف آب، کم‌آبی، کشت گلخانه‌ای، فلفل قلمی.

۱- آدرس نویسنده مسئول: شهرکرد، دانشگاه شهرکرد، دانشکده کشاورزی

* دریافت: اسفند ۱۳۹۱ و پذیرش: آبان ۱۳۹۲

۶۰ درصد ظرفیت زراعی است (صدرقاین و همکاران ۱۳۹۰).

تحقیقات روی اثر رژیم آب‌خاک بر عملکرد محصول، ریزش گل و وجود عناصر گیاه گوجه‌فرنگی نشان داد که کاهش آب خاک باعث کاهش در تعداد میوه و وزن میوه شد (پیل و لمبت ۱۹۹۰). تحقیقات مشابه بر روی گیاه خیار نشان داد که کاهش میزان آب مصرفی باعث کاهش چشمگیر میزان محصول می‌گردد (سیمسک و همکاران ۲۰۰۵). نتایج برخی تحقیقات روی گیاه فلفل نشان داد که این گیاه در طول دوره گلدهی و رشد میوه، به تنش آبی حساس بوده است و تنش آبی معمولاً باعث سقط جنین گل و در نتیجه کاهش تعداد میوه می‌گردد (فرناندز و همکاران ۲۰۰۵، جیمز و همکاران ۲۰۰۲، کاترجی و همکاران ۱۹۹۳).

هم‌چنین تنش آبی باعث تفاوت معنی‌داری در وزن خشک و تر اندام هوایی گیاه فلفل می‌شود (فرناندز و همکاران ۲۰۰۵، گنکوکلن و همکاران ۲۰۰۶ و گنزالز و همکاران ۲۰۰۷). تنش آبی علاوه بر سقط جنین گل و کاهش تعداد میوه، باعث ایجاد میوه‌های کوچک‌تر می‌گردد، تنش آبی شدید علاوه بر ایجاد میوه‌های کوچک‌تر، باعث تغییر در شکل ظاهری و عدم بازار پسندی آن می‌گردد (دلاکوستا و گیانگیتو ۲۰۰۲، فرناندز و همکاران ۲۰۰۵، خان و همکاران ۲۰۰۸).

بیشترین رشد و عملکرد محصول در شرایط بدون تنش آبی است و تنش آبی باعث محدودیت در رشد گیاه و عملکرد محصول می‌گردد (فرناندز و همکاران ۲۰۰۵، فیشر و همکاران ۱۹۸۵، شومیمو و اولاریجیو ۲۰۰۷). تنش رطوبتی بیش از ۲۰ درصد نیاز آبی گیاه فلفل، می‌تواند تأثیر قابل توجهی روی ویژگی‌های اندام‌های هوایی و زمینی گیاه فلفل ایجاد کند. نتایج نشان داد که کاهش آب مصرفی گیاه فلفل به‌عنوان راه حلی به‌منظور صرفه‌جویی در هزینه و میزان کاربرد آب، نباید بیش از ۲۰ درصد نیاز آبی گیاه منظور گردد (سکیر و همکاران

یکی از اهداف مهم توسعه گلخانه‌ها در کشور ارتقاء بهره‌وری تولید و بالابردن کارایی مصرف آب است. افزایش بهره‌وری آب اصولاً از دو طریق امکان پذیر است، تثبیت سطح تولید محصول توأم با کاهش آب مصرفی و افزایش عملکرد محصول در واحد سطح. استفاده از تکنیک‌های کم‌آبیاری در کشت گلخانه‌ای به منظور افزایش بهره‌وری آب امری اجتناب ناپذیر است. از طرفی اکثر گیاهان گلخانه‌ای مخصوصاً سبزی‌های برگی نسبت به کمبود آب حساس بوده و هرگونه تنش رطوبتی باعث کاهش کمیت و کیفیت آن‌ها می‌شود. فلفل قلمی با نام علمی کاپسیکوم انوم^۲ یکی از محصولات مهم جالبی به‌شمار می‌رود. روش کاشت فلفل در اغلب مناطق دنیا به صورت نشایی است (گلدنبرگ و شیمولی ۱۹۷۱).

فلفل گیاهی گرمادوست است و به سرما و یخ‌زدگی حساس است. دمای مناسب برای جوانه‌زدن بذر و رشد و نمو گیاه در مکان‌های مختلف متفاوت است، اما به‌صورت کلی بهترین دما برای جوانه‌زدن بذر و رشد و نمو گیاه در طول روز ۳۰-۲۴ درجه سانتی‌گراد است. رشد گیاه در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد به‌شدت کاهش می‌یابد و در دمای ۱۳ درجه سانتی‌گراد به‌طور کامل متوقف می‌شود. دمای بیش از ۳۲ درجه سانتی‌گراد نیز رشد گیاه را متوقف نموده و باعث ریزش گل و جوانه‌ها می‌شود (اسمیت ۱۹۹۸). در کشورهای جهان سوم انواع فلفل به‌عنوان سبزیجات مهم، بعد از سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی از لحاظ مقدار تولید محسوب می‌شود.

تولید جهانی فلفل با نرخ رشد سالانه پنج درصد برابر با ۲۸/۴ میلیون تن از ۳/۳ میلیون هکتار زمین، به صورت میوه خشک و میوه سبز است (فائو ۲۰۰۷). عکس‌العمل گیاه فلفل به خشکی در مراحل مختلف رشد، متفاوت است (خان و همکاران ۲۰۰۸). رطوبت مناسب خاک مزرعه برای گیاه فلفل ۷۰-

^۱- Water use efficiency (WUE)

^۲- Capsicum annum L.

استفاده و به داخل گلدان‌ها منتقل گردید. به منظور استقرار نشاء در داخل گلدان‌ها پس از نشاء‌کاری به تمام گلدان‌ها به مقدار مساوی آب داده شد. زمان اعمال تیمارهای آبیاری پس از استقرار نشاء‌ها (سه هفته پس از نشاء‌کاری) تا زمان برداشت محصول به مدت ۶۴ روز بود. در دوره داشت به دلیل وجود آفات در درون گلخانه دو مرحله سم‌پاشی برای مبارزه با آفات نظیر پشه سفید انجام شد. بافت خاک و خصوصیات فیزیکی خاک مورد استفاده، نظیر جرم ویژه ظاهری خاک و رطوبت حجمی و وزنی در نقاط مهم رطوبتی خاک نظیر ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی و رطوبت اشباع خاک، مطابق با جدول (۱) تعیین گردیدند (احیایی و بهبهانی زاده ۱۳۷۲). ویژگی‌های آب آبیاری نظیر EC، PH، کلر، کلسیم، منیزیم، کربنات و بی‌کربنات، سولفات، فسفات، آمونیوم، نیتريت و نترات اندازه‌گیری شد (جدول ۲).

هدف این تحقیق بررسی اثر سطوح مختلف رطوبت بر رشد گیاه فلفل قلمی، عملکرد محصول، تعیین کارائی مصرف آب و تعیین بهترین سطح رطوبتی در کشت گلخانه‌ای است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تنش آبی بر شاخص، عملکرد و کارائی مصرف آب در گیاه فلفل قلمی، آزمایشی در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد با مختصات جغرافیایی ۳۵۷۹۳۶۴ و ۴۸۲۵۷۳ در سیستم UTM در نیمه اول سال ۱۳۹۱ انجام گرفت. در این تحقیق از گلدان‌های پلاستیکی به ارتفاع ۵۵ و قطر ۴۵ سانتی‌متر حاوی ترکیبات خاک، کود حیوانی و شن به نسبت سه، یک و یک استفاده شد. به منظور کاشت از بذرهاي فلفل قلمی رقم آلفا شماره هفت که در خزانه کشت شده بود

جدول ۱ - خصوصیات فیزیکی خاک

| بافت خاک | رطوبت نقطه ظرفیت زراعی (درصد حجمی) | رطوبت نقطه پژمردگی (درصد حجمی) | رطوبت اشباع (درصد حجمی) | شن (درصد) | سیلت (درصد) | رس (درصد) | جرم مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب) |
|----------|------------------------------------|--------------------------------|-------------------------|-----------|-------------|-----------|---|
| لوم رسی | ۳۰/۱۳ | ۱۳/۹۳ | ۴۷/۸۴ | ۴۰/۸۰ | ۲۱/۳ | ۳۷/۹ | ۱/۳۵ |

جدول ۲ - نتایج تجزیه شیمیائی آب آبیاری

| NO3 | NO2 | NH4 | PO4- | SO42- | CO32- | HCO3- | CL- | Mg2+ | ca+ | EC | PH |
|----------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------|------|
| mg.lit ⁻¹ | | | | | | | | | | ds.m ⁻¹ | |
| ۲۸/۰۹ | ۰/۰۵ | ۰/۱۰ | ۰/۱۶ | ۹/۸ | . | ۲۰۷ | ۱۲/۵۰ | ۲۵/۷۰ | ۵۱/۳۰ | ۰/۳۵ | ۷/۹۳ |

استفاده^۱ و آب سهل الوصول^۲ با استفاده از میزان رطوبت حجمی خاک در ظرفیت زراعی، نقطه پژمردگی و با توجه به تخلیه مجاز رطوبتی ۳۰ درصد برای گیاه فلفل (فائو ۲۰۰۲)، برابر با ۱۶/۲ و ۴/۸۶ درصد حجمی تخمین زده شدند. برای اعمال سطوح تنش خشکی از شاخص

این تحقیق در قالب طرح کامل تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار انجام شد. تیمارهای آبی شامل ۸۰ (DI۸۰)، ۶۰ (DI۶۰) و ۴۰ درصد نیاز آبی (DI۴۰) بود و آبیاری کامل یا ۱۰۰ درصد نیاز آبی به عنوان تیمار شاهد (FI) در نظر گرفته شد. تنش آبی در یک دوره ۶۴ روزه تیمارها اعمال شد (از روز ۷۸ ام از شروع کشت تا روز ۱۴۲ ام از شروع کشت). کل آب قابل

¹Total available water (TAW)

²Readily available water (RAW)

کمبود رطوبت خاک و ضرایب هر تیمار با استفاده از معادله زیر شد:

(۲)

$$SMD = (\theta_{fc} - \theta) \cdot Dr \cdot C$$

کسه در آن: SMD: میزان نی—از آب آبیاری (mm)، θ_{fc} و θ به ترتیب درصد حجمی رطوبت خاک در نقاط ظرفیت زراعی و متوسط رطوبت حجمی خاک در ناحیه توسعه ریشه، Dr عمق توسعه ریشه (mm) و ضرایب هر تیمار که برای تیمارهای FI، DI۸۰، DI۶۰ و DI۴۰ به ترتیب برابر با ۰/۱، ۰/۸، ۰/۶ و ۰/۴ بود.

میزان آب مصرفی در طول فصل رشد در تیمارهای گوناگون آبیاری در جدول (۳) ارائه شده است. عملکرد و اجزاء عملکرد شامل تعداد میوه، وزن تر و خشک میوه، وزن تر و خشک ساقه و برگ‌ها، نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی و همچنین عملکرد محصول اندازه‌گیری شد. کارائی مصرف آب نیز ارزیابی شد. میوه و اندام هوایی شامل ساقه و برگ در هر تیمار به صورت جداگانه، به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و سپس وزن آن‌ها تعیین شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از برنامه SAS انجام گرفت و نمودارها به وسیله نرم‌افزار EXCEL رسم گردیدند.

رطوبت خاک در تیمارهای تنش آبی نسبت به تیمار آبی شاهد استفاده شد. در این روش میزان رطوبت حجمی خاک در لایه‌های ۵ سانتی‌متری ناحیه ریشه به صورت روزانه با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج مدل SM300 اندازه‌گیری شد. میزان عمق توسعه ریشه گیاه در تیمار آبی شاهد در هر یک از روزهای رشد با استفاده از معادله زیر تخمین زده شد.

$$Drz(j) = Drz_{mit} + \left(\frac{j - j_{planting}}{j_{full-cover} - j_{planting}} \right) \cdot (Drz_{max} - Drz_{mit}) \quad (۱)$$

که در آن: Drz_{max} برابر با حداکثر عمق توسعه ریشه‌ها (سانتی‌متر)، j برابر با شماره روز مورد نظر برای تخمین عمق ریشه‌ها (شماره روز ژولیوسی سال)، $j_{planting}$ برابر با شماره روز ژولیوسی است که بذرکاری در آن صورت گرفته است و $j_{full-cover}$ برابر است با شماره روز ژولیوسی که گیاه به حداکثر رشد خود می‌رسد. در پژوهش حاضر، بذرکاری در عمق پنج سانتی‌متری صورت گرفت. براساس دوره رشد گیاهان که معمولاً شامل چهار مرحله متمایز اولیه، توسعه گیاه، میانی و پایانی می‌باشد، $j_{full-cover}$ برابر با شماره روز ژولیوسی در انتهای دوره رشد میانی و Drz_{max} بر اساس نوع گیاه برابر با ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (علیزاده ۱۳۸۴ و فائو ۲۰۰۲).

زمان آبیاری تیمارها، پس از مصرف میزان رطوبت سهل الوصول در ناحیه توسعه ریشه گیاه تیمار شاهد و رسیدن متوسط رطوبت حجمی خاک در ناحیه توسعه ریشه به میزان ۲۵/۲ درصد در نظر گرفته شد. پس از آن اقدام به اعمال رژیم‌های مختلف آب، بر اساس

جدول ۳- میزان آب مصرفی در طول فصل رشد در تیمارهای گوناگون آبیاری

| تیمارها | میزان آب (میلی‌متر) |
|---------|---------------------|
| FI | ۷۳۶ |
| DI۸۰ | ۵۸۱/۸ |
| DI۶۰ | ۴۳۶/۲ |
| DI۴۰ | ۲۹۰/۴ |

نتایج و بحث

تأثیر تیمارها روی شاخص‌های رشد

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴ و ۵) نشان داد که تیمارهای آبی بر وزن تر و خشک میوه، وزن تر و خشک ساقه و برگ‌ها در سطح ۵ درصد بر تعداد میوه در سطح ۱ درصد تأثیر معنی‌داری داشته است. با افزایش میزان آب آبیاری تعداد میوه، وزن تر و

خشک میوه، وزن تر و خشک شامل ساقه و برگ‌ها افزایش یافت. بیشترین مقدار تعداد میوه، وزن تر و خشک میوه و وزن تر و خشک اندام هوایی در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کم‌ترین مقدار آن‌ها در تیمار DI_{40} مشاهده شد. تنش آبی باعث کاهش تعداد میوه، وزن تر و خشک میوه، وزن تر و خشک ساقه و برگ شد.

جدول ۴- تجزیه واریانس تعداد میوه، وزن تر و خشک میوه، وزن خشک اندام هوایی و نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی

| منابع تغییرات | درجه آزادی | تعداد میوه | وزن ترمیوه (گرم) | وزن خشک میوه (گرم) | وزن تر اندام هوایی (گرم) | وزن خشک اندام هوایی (گرم) | نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی |
|---------------|------------|------------|------------------|--------------------|--------------------------|---------------------------|--|
| تیمار | ۳ | ۵۸۳۰* | ۲۷۹۷۳/۸۶* | ۱۶۴/۸۵* | ۶۲۵۴۲* | ۳۹۳۵/۲* | ۰/۰۰۱۶۱* |
| خطا | ۸ | ۳۹۳/۳۳ | ۷۴۹/۱۶ | ۱۸/۵۷ | ۶۵۶ | ۹۲ | ۰/۰۰۰۴۱ |
| CV | — | ۲۱/۸۱ | ۱۱/۷۰ | ۱۹/۱۷ | ۴/۳۷ | ۸/۱۳ | ۹/۷۷ |

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج درصد است.

جدول ۵- مقایسه میانگین تعداد میوه، وزن تر و خشک میوه، وزن خشک اندام هوایی و نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی

| تیمار آبیاری | تعداد میوه | وزن ترمیوه (gr) | وزن خشک میوه (gr) | وزن خشک اندام هوایی (gr) | نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی |
|--------------|------------|-----------------|-------------------|--------------------------|--|
| FI | ۱۴۶/۳۳a | ۳۳۸a | ۳۰/۳۷a | ۷۴۰/۳۳a | ۰/۲۴۲a |
| DI_{80} | ۱۰۳/۳۳b | ۳۷۴/۳۳b | ۲۵/۶۹b | ۶۳۷/۸۳b | ۰/۲۰۲b |
| DI_{60} | ۶۹/۲۹c | ۲۱۲c | ۲۰/۸۲c | ۵۳۵/۱۲c | ۰/۱۹۳b |
| DI_{40} | ۴۴/۶۷d | ۱۱۱/۳۳d | ۱۳/۰۱d | ۴۰۹/۸d | ۰/۱۹۸b |

در هر ستون، میانگین‌هایی دارای حروف مشترک، با آزمون LSR و در سطح ۱ و ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

هوایی در تیمارهای DI_{80} ، DI_{60} و DI_{40} ، در مقایسه با تیمار شاهد (FI)، به ترتیب ۱۶/۴۹، ۲۰/۰۹ و ۱۹/۵۵ درصد، کاهش یافت (علی یاری ۱۳۸۹). هم‌چنین نتایج نشان داد که بیشترین ریزش گل در تیمار ۴۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی مشاهده شد. عملکرد میوه در تیمارهای ۴۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی از لحاظ شکل ظاهری، بازارپسندی کم‌تری نسبت به تیمارهای ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی داشتند شکل (۱)، این نتایج با نتایج دیگر محققین مطابقت دارد (فرناندز و همکاران ۲۰۰۵، فیشر و همکاران ۱۹۸۵،

نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی گیاه فلغل قلمی با اعمال کم آبیاری کاهش یافت. تجزیه واریانس این نسبت نشان داد بین تیمارها تفاوت معنی‌دار وجود دارد. جدول (۴). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد، بین تیمار DI_{80} ، DI_{60} و DI_{40} اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ولی بین تیمار شاهد و DI_{80} ، DI_{60} و DI_{40} تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود داشت جدول (۵). نسبت وزن خشک ریشه به اندام

گندالز و همکاران ۲۰۰۷، جیمز و همکاران ۲۰۰۲، کاترجی و همکاران ۱۹۹۳، سکیر و همکاران ۲۰۱۰.



شکل ۱- تفاوت در شکل ظاهری میوه‌ها در تیمارهای ۴۰ درصد نیاز آبی و ۱۰۰ درصد نیاز آبی

تأثیر تیمارها روی عملکرد میوه

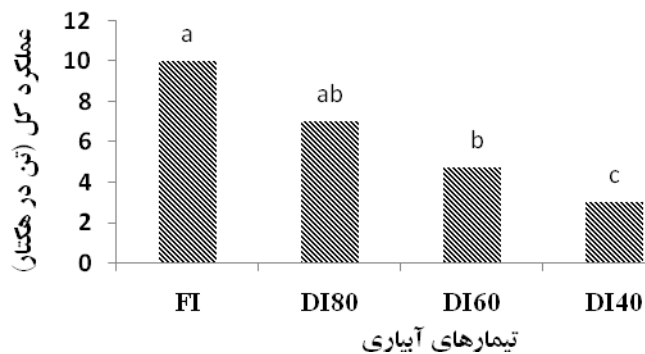
نتایج تجزیه واریانس تیمارها نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری بر عملکرد میوه فلفل قلمی در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد جدول (۶). مقایسه میانگین‌های عملکرد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان داد که تیمار آبی ۱۰۰ درصد نیاز آبی با میانگین ۱۰ تن در هکتار بیشترین و تیمار آبی ۴۰ درصد نیاز آبی با میانگین ۳/۳ تن در هکتار کم‌ترین میزان عملکرد را دارند شکل (۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی (FI) و ۸۰ درصد نیاز آبی (DI۸۰)، در عملکرد اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود ندارد ولی بین تیمار

۱۰۰ درصد نیاز آبی (FI) و تیمارهای ۴۰ درصد نیاز آبی (DI۴۰) و ۶۰ درصد نیاز آبی (DI۶۰) اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد. با کاهش مصرف آب به میزان ۲۰، ۴۰، و ۶۰ درصد نیاز آبی، عملکرد محصول به ترتیب ۲۶/۹۸، ۵۰/۹۲ و ۶۹/۴۹ درصد کاهش یافت و نشان دهنده آن است که عملکرد گیاه به شدت تحت تأثیر کم آبیاری قرار گرفته است. این نتیجه با نتایج دیگر محققین مطابقت دارد (دورجی و همکاران ۲۰۰۵، فرناندز و همکاران ۲۰۰۵، فرارا و همکاران ۲۰۱۱، سکیر و همکاران ۲۰۱۰، شومیمو و اولاریجیو ۲۰۰۷).

جدول ۶- تجزیه واریانس کارایی مصرف آب و عملکرد میوه

| منابع تغییرات | درجه آزادی | کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب) | عملکرد کل (تن در هکتار) |
|---------------|------------|---|----------------------------|
| تیمار | ۳ | ۱۰/۱* | ۲۴/۵۵** |
| خطا | ۸ | ۰/۱۵ | ۱/۹۰ |
| CV | — | ۳/۱۸ | ۱۹/۹۱ |

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

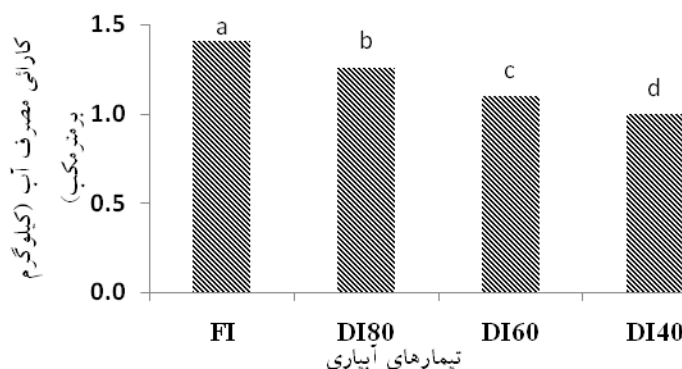


شکل ۲- رابطه بین تیمارهای آبیاری و عملکرد کل

شکل (۳) مشاهده می‌شود در شرایطی که مجبور به اعمال کم آبیاری باشیم، تیمار DI۸۰ با ۸۰ درصد نیاز آبی بیشترین کارائی مصرف آب را داراست که برابر با ۱/۲۶ کیلوگرم فلفل قلمی درهکتار به ازای هر میلی‌متر آب مصرفی است. پس از این تیمار در جهت تنش آبی، کارائی مصرف آب کاهش می‌یابد که این نتیجه بانتهای دیگر محققین مطابقت دارد (دلاکوستا و گیانگیتو ۲۰۰۲، دمترس و ایاز ۲۰۰۹، فرارا و همکاران ۲۰۱۱، گلکار و همکاران ۱۳۸۷، سزان و یادز ۲۰۰۶، شومیمو و اولاریجیبو ۲۰۰۷).

اثر آبیاری بر کارائی مصرف آب

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارها از نظر کارائی مصرف آب دارای تفاوت در سطح معنی‌داری پنج درصد هستند جدول (۵). کمینه و بیشینه کارائی مصرف آب به ترتیب در تیمارهای آبیاری FI و DI۴۰ برابر با ۱/۴۱ و ۱/۱۰ کیلوگرم درهکتار به ازای هر میلی‌متر آب مصرفی به دست آمد. با کاهش مصرف آب به میزان ۲۰،۴۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی، کارائی مصرف آب به ترتیب ۱۰/۵۶، ۲۲/۲۴ و ۲۹/۳۵ درصد کاهش یافت. با توجه به



شکل ۳- کارائی مصرف آب در تیمارهای آبیاری مختلف

۶۹/۴۹ درصد کارائی مصرف آب به ترتیب ۱۰/۵۶، ۲۲/۲۴ و ۲۹/۳۵ درصد شد. افزون بر آن، کاهش مصرف آب، باعث کاهش چشمگیری در شاخص‌های رشد گیاه از جمله وزن تر و خشک میوه، تعداد میوه، وزن تر و خشک اندام هوایی (شامل وزن تر و خشک ساقه و برگ‌ها) و بازارپسندی آن شد. با توجه به معنی‌دار نبودن عملکرد بین تیمارهای ۱۰۰ درصد نیاز آبی (FI) و ۸۰ درصد نیاز

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، اثر میزان آب مصرف شده روی عملکرد میوه و کارائی مصرف آب معنی‌دار بود و بیشترین عملکرد میوه و کارائی مصرف آب در تیمار آبیاری کامل (۱۰۰ درصد نیاز آبی) به دست آمد. نتایج نشان داد که کاهش مصرف آب به میزان ۲۰،۴۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی، باعث کاهش عملکرد محصول به ترتیب ۲۶/۹۸، ۵۰/۹۲ و

آبی (DI۸۰) و هم‌چنین بازارپسندی میوه‌ها در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی، توصیه می‌شود، در شرایطی که محدودیت منابع آب وجود دارد، می‌توان حداکثر ۲۰ درصد نیاز آبی گیاه را کاهش داد.

فهرست منابع

۱. احمادی م. بهبهانی زاده ع. ۱۳۷۲. شرح روش ای تجزیه شیمیایی خاک (چاپ اول). نشریه فنی شماره ۸۹۳، مؤسسه تحقیقات خاک و آب. نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران.
۲. علی‌یاری، ح. ۱۳۸۹. تاثیر تنش آبی بر الگوی توزیع ریشه در خاک و جذب آب توسط گیاه لوبیا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد. ۶۰ صفحه.
۳. علیزاده، ع. ۱۳۸۴. طراحی سیستم‌های آبیاری. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع). ۱۱۶ صفحه.
۴. صدرقاین، ح. باغانی، ح. حقایقی مقدم، ا. اکبری، م. ۱۳۹۰. اثر سه سیستم آبیاری میکرو و سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب فلفل. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۵(۳): ۵۶۳-۵۶۹.
۵. گلکار، ف. فرهمند، ع. فرداد، ح. ۱۳۸۷. بررسی تأثیر میزان آب آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب در گوجه‌فرنگی. مجله مهندسی آب. (۱): ۲۰-۱۳.
6. Della Costa, L. and Gianquinto, G. 2002. Water Stress and Water Table Depth Influence Yield, Water Use Efficiency, and Nitrogen Recovery in Bell Pepper: lysimeter studies, *Aust. J. Agric. Res.* 53:201-210.
7. Demrtas, C. and Ayas, S. 2009. Deficit irrigation effects on pepper (*Capsicum annuum* L. Demre) yield in unheated greenhouse condition. *Journal of Food, Agriculture & Environment* Vol.7 (3&4) : 989 – 993.
8. Dorji, K., Behboudian, M.H. and Zegbe-Dominguez, J.A. 2005. Water Relations, Growth, Yield, and Fruit Quality of Hot Pepper under Deficit Irrigation and Partial Root Zone Drying, *Sci. Hortic.* 104: 137-149.
9. FAO, 2002. Crop Evapotranspiration No. 56, Crop Evapotranspiration, Available online at: <http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm>
10. FAO, 2007. Production year book. Food and Agriculture Organization of United Nations, Rome, Italy.
11. Fernandez, M.D. Gallardo M, S. Bonachwla, S. Orgaz, F. Thompson, R.B. and Fereres, F. 2005. Water Use and Production of a Greenhouse Pepper Crop Under Optimum and Limited Water Supply, *Journal Horticultural Science.* 104:220-247.
12. Ferrara, A. Lovelli, S. Tommaso, T.D.i. and Perniola, M. 2011. Flowering, Growth and Fruit Setting in Greenhouse Bell Pepper Under Water Stress. *Journal of agronomy.* 10(1):12-19.
13. Fisher, K.H. Cline, R.A. and Bradt, O.A. 1985. The Effects of Trickle Irrigation and Training Systems on the Performance of Concord Grapes. *Drip/Trickle Irrigation in Action.* 1: 220-230.
14. Gencoglan, C. Akinci, I. E. Ucan, K. Akinci, S. and Gencoglan, S. 2006. Response of red hot pepper plants (*Capsicum annuum* L.) to the deficit irrigation, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1): 131-138.
15. Goldberg, D. and Shmueli, M. 1971. Sprinkle and Trickle Irrigation of Green Pepper in Arid Zone. *Hortscience*, 6(6SEC.1): 556-562.
16. Gonzalez Dugo, V. Orgaz, F. Fereres, E. 2007. Responses of pepper to deficit irrigation for paprika production. *Sci. Hortic.*, 114: 77-82.

17. Jaimez, R.E.Vielma, O.Rada, F. and Garcia-Nunez, C. 2000. Effects of Water Deficit on the Dynamics of Flowering and Fruit Production in Capsicum. Chinese Jacque in a tropical semi-arid region of Venezuela. *J. Agronomy Crop Science*. 185: 113-119.
18. Katterji, N. Mastrorili, M. and Hamdy, A. 1993. Effect of Stress at Different Growth Stage on Pepper Yield. *Acta Hort*. 335, 165-171.
19. Khan, M. A. I. Farooque, A. M. Haque, M. A. Rahim, M. A. and Hoque, M. A. 2008. Effects of water stress at various growth stages on the Physio-morphological characters and yield in chilli. *Bangladesh J. Agril. Res.* 33(3): 353-362.
20. Owusu-Sekyere, J.D. Asante, P. and Osei-Bonsu, P. 2010. Water Requirement, Deficit Irrigation and Crop Coefficient of Hot Pepper (*Capsicum frutescens*) Using Irrigation Interval of Four (4) Days. *Journal of Agricultural and Biological Science*. 5: 72-78.
21. Pill, W.G. and Lambeth, V.N. 1980. Effects of Soil Water Regime on Yield, Water Relations and Elemental Composition of Tomato. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 105: 730-734.
22. Sezen, S.M., Yazar, A. and Eker, S. 2006. Effect of drip irrigation regimes on yield and quality of field grown bell pepper. *Agric. Water Manage.*, 81: 115-131.
23. Showemimo, F.A. and Olarewaju, J.D. 2007. Drought tolerance indices in sweet pepper (*capsicum annum L.*). *Int. J. Plant Breed. Genet.*, 1: 29-33.
24. Simsek, M. Tonkaz, T. Kacira, M. Comlekcioglu, N. and Dogan, Z. 2005. The Effects of Different Irrigation Regimes on Cucumber (*Cucumbissativus L.*) Yield and Yield Characteristics Under Open Field Conditions. *Agricultural Water Management*, 73: 173-191.
25. Smith, R. Hartz, T. Aguiar, J. and Molinar, R. 1998. Chilli Pepper Production in California, university of California, Division of Agriculture and Nutural Resources, publication 7244.

