

تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه فلفل دلمه‌ای در گلخانه

فراست سجادی^۱، ابوطالب هزارجیبی^۲، صابر جمالی^۳

تاریخ ارسال: ۱۳۹۷/۰۱/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۰۲

مقاله پژوهشی

چکیده

کم‌آبیاری اثرات متفاوتی بر رشد، متابولیسم و عملکرد گیاه دارد که این امر تأثیر عمده‌ای بر فتوسنتز دارد. این پژوهش به منظور بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری مصرف آب گیاه فلفل دلمه‌ای (*Capsicum annuum L.*)، در گلخانه تحقیقاتی گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در سال ۱۳۹۴ انجام گرفت. تیمار رژیم آبیاری شامل ۴ سطح ۷۰، ۸۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی بود. نتایج نشان داد که میزان آب آبیاری بر تعداد میوه، وزن تر و خشک میوه، عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در سطح یک درصد معنی‌دار بود. حداکثر عملکرد محصول و حداکثر بهره‌وری مصرف آب در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به میزان ۴/۱ کیلوگرم در متر مربع و ۵/۱ کیلوگرم در متر مکعب به دست آمد. هم‌چنین مشاهده شد که با کاهش مصرف آب به میزان ۱۵ درصد نیاز آبی، عملکرد محصول و بهره‌وری مصرف آب به ترتیب ۶۹/۶ و ۶۳/۹ درصد کاهش یافته و با افزایش مصرف آب به میزان ۲۵ درصد نیاز آبی، عملکرد محصول و بهره‌وری مصرف آب به ترتیب ۷/۱ و ۴۲/۶ درصد کاهش یافت. نتایج نشان داد که فلفل دلمه‌ای به افزایش و کاهش نیاز آبی حساس است. از طرفی افزایش و کاهش میزان آب آبیاری وزن تر و خشک میوه و تعداد میوه برداشت شده را نیز کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری مصرف آب، بیش آبیاری، شرایط گلخانه‌ای، فلفل، کم‌آبیاری.

^۱ دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آب، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، farasatsajadi@gmail.com، ۰۹۱۸۴۰۰۷۶۳۴

^۲ دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۰۹۱۱۳۷۳۵۹۴۹، hezab10@yahoo.com (*نویسنده مسئول)

^۳ دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آب، گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد، ۰۹۱۷۶۷۳۳۴۴۶، saber.jamali@mail.um.ac.ir



مقدمه

ترکیبات آنتی اکسیدانی بسیار مورد توجه قرار گرفته است (حیدری و همکاران، ۱۳۸۶).

استفاده بهینه از آب و کود نیتروژن و اعمال مدیریت درست می‌تواند علاوه بر افزایش محصول از زیان‌های ناشی از کمبود منابع آب جلوگیری نماید. در زمینه توابع تولید آب، هدف اساسی حصول حداکثر بهره‌وری از آب مصرفی، عملکرد در واحد سطح و درآمد خالص نهایی است. در واقع، تابع تولید رابطه‌ای ریاضی بین میزان آب، کود و کل محصول تولید شده یا میزان آب مصرفی و کود مصرفی در طول فصل زراعی می‌باشد که راه را برای برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری تولیدات کشاورزی هموار می‌کند (سپاسخواه و همکاران، ۱۳۸۵). در تحقیقی بر روی گیاه فلفل نتایج نشان داد که کاهش میزان آب آبیاری در آبیاری قطره ای منجر به کاهش عملکرد در واحد سطح، وزن متوسط میوه و تعداد میوه برداشت شده در فصل رشد شده است (Colak et al., 2017). سجادی و همکاران (۱۳۹۵) به منظور بررسی اثر سطوح مختلف بیش‌آبیاری بر روی گیاه فلفل سبز به این نتیجه رسیدند که افزایش میزان آب آبیاری منجر به کاهش وزن تر و خشک میوه برداشت شده، تعداد میوه و طول میوه شده است. ایشان نشان دادند که بهترین تیمار جهت آبیاری گیاه فلفل تند در شرایط گلخانه‌ای، آبیاری به‌میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی می‌باشد. در تحقیقی دیگر طباطبایی و همکاران (۱۳۹۳) بر روی گیاه فلفل قلمی نشان دادند که با کاهش مصرف آب وزن تر و خشک میوه و تعداد میوه کاهش می‌یابد، همچنین این محققین نشان دادند که با کاهش میزان آب آبیاری به‌میزان ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی، عملکرد محصول و کارایی مصرف آب به ترتیب ۵۰، ۶۹ و ۹۲ درصد و ۲۴، ۲۲ و ۲۹ درصد کاهش یافت. همچنین ایشان اظهار داشتند، باتوجه به این‌که اختلاف عملکرد بین تیمارهای ۱۰۰ درصد نیاز آبی و ۸۰ درصد نیاز آبی در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشد، لذا

در حال حاضر کشاورزی تکیه‌گاه مهم امنیت غذایی و حیات اقتصادی کشور است و کمبود آب به‌عنوان مهمترین و محدودکننده‌ترین عامل تولید، در این بخش مطرح می‌باشد، بنابراین با مطالعه بیشتر در مورد ذخیره آب و مصرف کارآمد آن و همچنین آثار تنش خشکی در تولید گیاهان زراعی از اهمیت بسیاری برخوردار است. یکی از روش‌های بهبود بهره‌وری آب اتخاذ سیاست‌های کم‌آبیاری است. در این روش، گیاه در یک مرحله خاص رشد و یا در تمام فصل رشد تحت تنش آبی قرار می‌گیرد. کم‌آبیاری می‌تواند بسته به‌میزان حساسیت و مرحله رشد گونه گیاهی، اثرات متفاوتی بر رشد، متابولیسم و عملکرد آنها داشته باشد که این تأثیر عمدتاً از طریق افت فتوسنتز صورت می‌گیرد (قدمی فیروزآبادی و همکاران، ۱۳۹۴). از آنجا که برای تغذیه بشر نیاز به تولیدات محصولات کشاورزی است و از سوی دیگر کمبود آب شیرین احساس می‌شود لذا انجام تحقیقی در این خصوص ضروری به‌نظر می‌رسد. به‌طوری که یکی از این محصولات کشاورزی فلفل می‌باشد.

فلفل با نام علمی *Capsicum annuum* L. یکی از محصولات مهم جالبی به شمار می‌رود. فلفل یکی از سبزیجات مهم از خانواده سولاناسه^۱ و از جنس کپسیکوم^۲ و گونه *C.annuum* می‌باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که ۹۹ درصد از سطح زیرکشت محصولات گلخانه‌ای به خیار، ۸ درصد به گوجه فرنگی و ۴ درصد به فلفل به‌عنوان کشت دوم اختصاص دارد. فلفل سبز دلمه یک محصول مهم کشاورزی است که نه‌تنها به‌خاطر ارزش اقتصادی بلکه به‌خاطر ارزش میوه‌های آن و همچنین منبع عالی رنگ‌های طبیعی و

¹ Solanaceae

² Capsicum

میزان آب آبیاری منجر به کاهش معنی‌دار تمامی صفات مورد بررسی شد (جمالی، ۱۳۹۵). نتایج به دست آمده از تحقیق شمس بیرانوند و همکاران (۱۳۹۳) نشان داد که به طور کلی با افزایش میزان آبیاری، عملکرد بیولوژیکی (۳ تا ۵/۷ تن در هکتار) و عملکرد دانه (۱/۳ تا ۲/۵ تن در هکتار) در ارقام مختلف سویا افزایش یافت و این تفاوت در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. همچنین ایشان نشان دادند که افزایش میزان آب آبیاری تأثیر معنی‌داری بر کارایی مصرف آب در سطح ۵ درصد نداشت. شریفان و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که آبیاری بیش از حد نیاز گیاه به دلیل عدم تهویه مناسب ریشه باعث کاهش عملکرد گیاه شد. شرایط غرقابی سبب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد می‌شود. با توجه به اینکه در استان گلستان سطح زیادی از مزارع زیر کشت گیاه فلفل دلمه‌ای قرار دارد از این‌رو هدف از انجام این مطالعه بررسی اثر میزان آب آبیاری (کم آبیاری و بیش آبیاری) بر روی عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری مصرف آب این گیاه در این منطقه بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در گیاه فلفل دلمه‌ای رقم کالیفرنیا و اندر، آزمایشی در گلخانه پژوهشی گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی و با ۱۳/۳ متر ارتفاع از سطح دریا در سال ۱۳۹۴ اجرا گردید. در این تحقیق از گلدان‌های پلاستیکی به ارتفاع ۳۰ و قطر ۲۰ سانتی‌متر حاوی ترکیبات خاک، کود حیوانی و پرلیت به نسبت سه، یک و یک استفاده شده و گلدان‌ها و جعبه‌های کشت از مخلوط مورد نظر پر شدند، لازم به ذکر است که در ابتدا در کف گلدان‌ها و جعبه‌های کشت بصورت یکسان مقداری سنگ‌ریزه بعنوان فیلتر جهت بهبود زهکشی و تهویه ریخته شد و ۵ سانتی‌متر بالای

در شرایط محدودیت آب آبیاری می‌توان تا حداکثر ۲۰ درصد نیاز آبی گیاه را کاهش داد.

در تحقیقی بر روی گیاه سیب زمینی نتایج نشان داد که سطوح مختلف آب آبیاری عملکرد و تعداد سیب‌زمینی برداشت شده را به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با کاهش میزان آب در دسترس گیاه، کاهش داد (Abubaker et al., 2014). Ekren et al. (2012) در تحقیقی به‌منظور بررسی سطوح مختلف آب آبیاری (۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی) بر روی گیاه ریحان بنفش نشان دادند که نسبت به تیمار شاهد که ۱۰۰ درصد نیاز آبی بوده کاهش و افزایش میزان آب آبیاری، میزان بهره‌وری مصرف آب را در سطح احتمال ۵ درصد به‌طور معنی‌داری کاهش داد. همچنین ایشان نشان دادند که افزایش میزان آب آبیاری منجر به افزایش ارتفاع بوته شده بطوری‌که بیشترین میزان آن در تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی مشاهده شد. گلکار و همکاران (۱۳۸۷) در مطالعه‌ای به منظور بررسی تأثیر تیمارهای آبیاری به‌میزان ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه بر عملکرد و بازده مصرف آب گوجه‌فرنگی نشان دادند که حداکثر عملکرد و حداکثر بازده مصرف آب در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی (آبیاری کامل) به‌دست آمد و با کاهش مصرف آب عملکرد کاهش یافت.

Kiremit et al. (2018) به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف آبی (۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۱۸ درصد نیاز آبی) بر روی گیاه تره نشان دادند که کاهش میزان آب آبیاری منجر به کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن تر و خشک برگ و ساقه و سطح برگ شد ولی بر روی تعداد برگ و محتوای کلروفیل اثر معنی‌داری نداشت. همچنین ایشان نتیجه گرفتند که بهترین تیمار برای حصول بهره‌وری و عملکرد مناسب در مناطق خشک تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی می‌باشد. در تحقیقی دیگر محققین به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا، رقم Titicaca به این نتیجه رسیدند که کاهش



شد: pH در خمیر اشباع با دستگاه pH متر، بافت خاک به روش هیدرومتری و قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع به وسیله هدایت سنج الکتریکی تعیین شد. خصوصیات فیزیکی خاک مورد استفاده، نظیر جرم ویژه ظاهری خاک و رطوبت حجمی و وزنی در نقاط مهم رطوبتی خاک نظیر ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی مطابق با جدول (۱) تعیین گردیدند. ویژگی‌های آب آبیاری نظیر EC، pH، SAR، کلر، کلسیم، منیزیم، بی کربنات، سولفات، پتاسیم و سدیم اندازه‌گیری شد (جدول ۲). این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و سه تکرار انجام شد. تیمارهای آبی شامل ۷۰ درصد نیاز آبی (DI70)، ۸۵ درصد نیاز آبی (DI85)، ۱۰۰ درصد نیاز آبی (FI) و ۱۲۵ درصد نیاز آبی (OI125) بود و آبیاری کامل یا ۱۰۰ درصد نیاز آبی به‌عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد.

گلدان‌ها برای اعمال آبیاری خالی در نظر گرفته شد و بقیه پر از خاک شدند. به‌منظور کاشت از بذرهاى لفل دلمه‌ای رقم کالیفرنیا و اندر استفاده شد. به‌منظور استقرار نشا در داخل گلدان‌ها پس از نشا کاری 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 (در چین اول) به مدت ۶۴ روز بود. در دوره داشت به دلیل وجود آفات در درون گلخانه دو مرحله سم‌پاشی آزیفنوس متیل غیر سیستمیک با غلظت ۲ ppm برای مبارزه با آفاتی نظیر پشه سفید و شته انجام شد. کنترل علف‌های هرز با وجین دستی انجام شد. نمونه خاک پس از جمع‌آوری، هوا خشک شده و بخشی از نمونه‌ها از الک دو میلی‌متری عبور داده شد، سپس ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با استفاده از روش‌های معمول استاندارد به شرح زیر اندازه‌گیری

جدول (۱): برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

بافت خاک	رطوبت ظرفیت مزرعه	رطوبت پژمردگی دائم	چگالی ظاهری	هدایت الکتریکی عصاره اشباع
سیلتی رسی	درصد وزنی	گرم بر سانتی‌متر مکعب	دسی‌زیمنس بر متر	pH
۳۶	۱۷	۱/۶۲	۰/۶	۷/۵۳

جدول (۲): ترکیبات شیمیایی آب مورد استفاده در آبیاری (آب شهری) (جمالی و همکاران، ۱۳۹۵)

ترکیبات شیمیایی									
pH	EC ₂₅ (dS/m)	HCO ₃ ⁻ (meq/L)	SO ₄ ²⁻ (meq/L)	Mg ²⁺ (meq/L)	Ca ²⁺ (meq/L)	K ⁺ (meq/L)	Na ⁺ (meq/L)	Cl ⁻ (meq/L)	SAR
۷	۰/۸	۷/۱۵	۰/۸	۲/۸	۴/۴	۰/۴۸	۰/۲۷	۱	۰/۱۴

کشت نیز یک مرحله کود کامل با غلظت ۴ میلی‌گرم در لیتر به خاک گلدان‌ها اضافه شد. دور آبیاری در این طرح ثابت و عمق آبیاری متغیر بوده که با استفاده از تشتک تبخیر کلاس A تعیین شد. تا مرحله استقرار گیاه، آبیاری تمام تیمارها به یک مقدار مشابه، با استفاده از آب شهری و بر اساس میزان تبخیر از تشتک انجام شد و سپس اعمال تیمارها صورت پذیرفت. دور آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه یک روز در میان در نظر گرفته شد. مقدار تبخیر به صورت روزانه

به‌دلیل آن‌که در این تحقیق، بررسی اثرات مواد مغذی خاک مد نظر نبود، در همه گلدان‌ها طبق الگوی منطقه، کود اوره در سه مرحله به‌مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت سرک در مراحل مختلف فنولوژیکی رشد گیاه به‌صورت کود پایه، کود مرحله شش برگی و کود مرحله شروع گلدهی به گلدان‌ها داده شد. به‌منظور جلوگیری از کمبود احتمالی سایر عناصر غذایی طی سه مرحله کود عناصر ریز مغذی بر روی برگ گیاه لفل محلول‌پاشی گردید و قبل از

تشت محاسبه شده از روش پیشنهادی در نشریه فائو ۵۶ با توجه به موقعیت استقرار آن در محل (به طور میانگین ۰/۷) تعیین شد (Allen et al., 1998). هم چنین براساس بررسی‌های انجام شده (عابدی کوپایی و همکاران، ۱۳۹۰) ضریب گیاهی برای فلفل تعیین و در محاسبه نیاز آبی مد نظر قرار گرفت (جدول ۳). میزان آب مصرفی در طول فصل رشد در تیمارهای مختلف آبیاری در جدول ۴ ارائه شده است.

عملکرد و اجزاء عملکرد شامل تعداد میوه، وزن تر و خشک میوه و هم چنین عملکرد محصول اندازه‌گیری و بهره‌وری مصرف آب نیز ارزیابی شد. میوه‌های برداشت شده در هر تیمار به صورت جداگانه در پاکت‌های کاغذی قرار داده شده و به آزمایشگاه منتقل شد. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه با استفاده از ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شده و جهت اندازه‌گیری وزن خشک میوه، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و سپس وزن آن‌ها تعیین شد.

تیمارها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودار با استفاده از نرم افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس تیمارها مطابق جدول ۵ نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری بر تعداد میوه برداشت شده در طول دوره رشد، متوسط وزن تر میوه و بهره‌وری مصرف آب فلفل دلمه‌ای در سطح یک درصد و وزن خشک میوه و عملکرد در واحد سطح در سطح پنج درصد معنی‌دار می‌باشد.

از تشت تبخیر کلاس A یادداشت می‌شد. تعیین نیاز آب شامل سه مرحله تعیین تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_0)، تعیین ضریب گیاهی (K_c) و تعیین اثر شرایط محل و عملیات زراعی بر نیاز آبی گیاه بود. از روابط ۱ و ۲ برای تعیین میزان تبخیر و تعرق پتانسیل و واقعی استفاده شد.

$$ET_0 = K_p \times \quad (1)$$

E_{pan}

در این رابطه، E_{pan} میزان تبخیر اندازه‌گیری از تشت (میلی‌متر) برای هر منطقه است. که به تبخیر و تعرق گیاه مرجع و تبخیر و تعرق واقعی گیاه وابسته است و K_p ضریب تشت می‌باشد که به عوامل متعددی از جمله رطوبت نسبی هوا، سرعت باد و محیط اطراف تشت بستگی دارد.

$$ET_c = K_c \times \quad (2)$$

ET_0

در این رابطه، K_c ضریب گیاهی، ET_0 تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلی‌متر) و ET_c تبخیر و تعرق واقعی گیاه (میلی‌متر) است (علیزاده، ۱۳۹۰). ضریب جدول (۳): مقادیر مختلف ضریب گیاهی و طول دوره رشد فلفل (عابدی کوپایی و همکاران، ۱۳۹۰)

K_c	طول دوره	مرحله رشد
۰/۲۵	۳۰	ابتدایی
۰/۵۳	۴۰	توسعه گیاه
۱/۰۳	۱۰۰	میانی
۰/۷۵	۴۵	پایانی

بهره‌وری مصرف آب نیز با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد (بهره‌وری مصرف آب برابر با نسبت متوسط وزن تر میوه برداشت شده در طول دوره رشد گیاه به میزان آب مصرفی در کل دوره است).

در پایان بعد از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین



(۳)

$$\text{بهره‌وری} = \frac{\text{وزن تر میوه برداشت شده در طول دوره رشد (کیلو گرم)}}{\text{کل آب مصرفی (لیتر)}} \times \text{مصرف آب}$$

جدول (۴): میزان آب مصرفی در طول فصل رشد

۱۲۵	۱۰۰	۸۵	۷۰	
درصد	درصد	درصد	درصد	تیمار آبی
نیاز آبی	نیاز آبی	نیاز آبی	نیاز آبی	
OI 125	FI	DI 85	DI 70	میزان آب مورد استفاده (میلی متر)
۱۲۲۵	۹۸۰	۸۳۳	۶۸۶	

جدول (۵): جدول تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد گیاه فلفل دلمه‌ای

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد میوه برداشت شده	وزن تر میوه	وزن خشک میوه	عملکرد	بهره‌وری آب
رژیم آبیاری	۳	۲۴/۱ **	۷۹۵۸/۷ **	۹۴/۹ *	۷/۴ *	۸/۰۱ **
خطا	۸	۱/۱	۱۳۲/۳	۰/۳۹	۰/۱۸	۰/۲۳
ضریب تغییرات		۱۹/۲	۱۴/۹	۷/۲	۱۸/۱	۱۶/۷

*: معنی‌داری در سطح ۱ درصد، **: معنی‌داری در سطح ۵ درصد

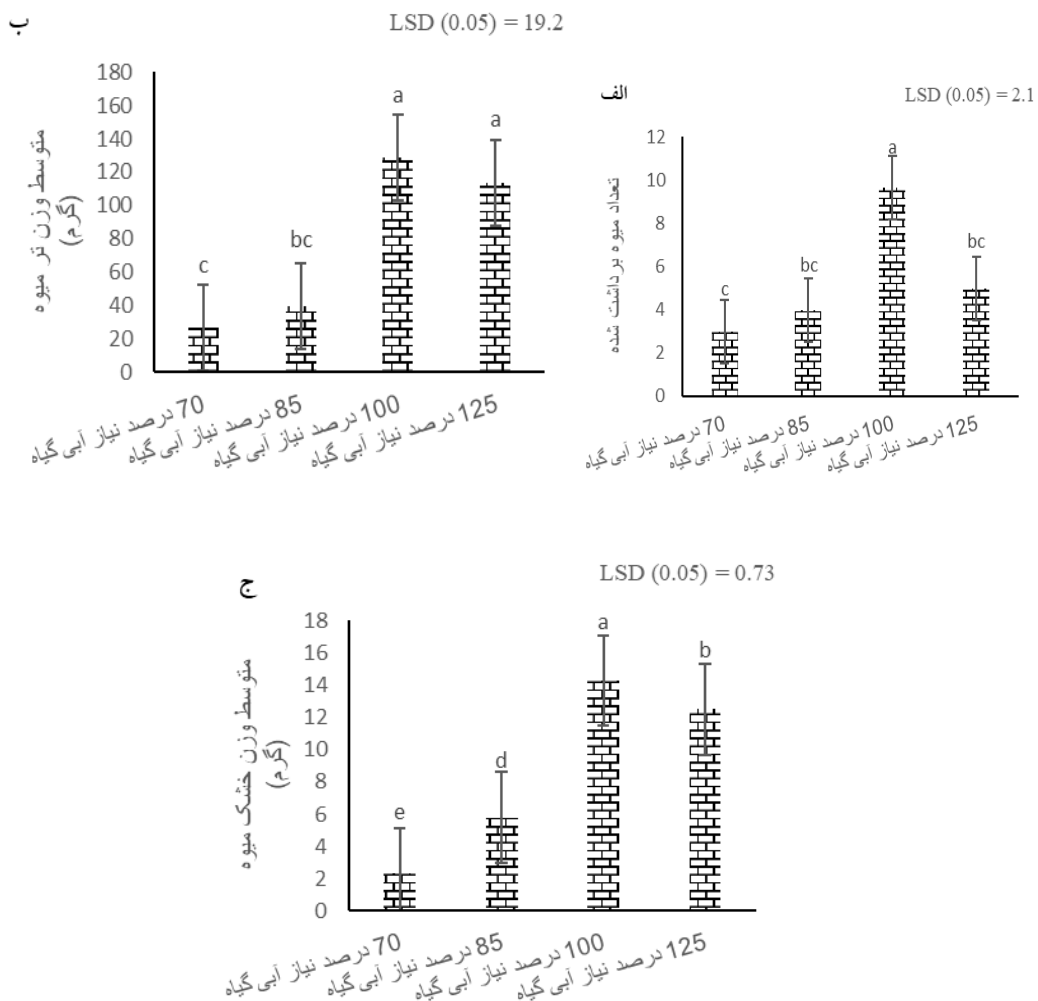
تعداد میوه برداشت شده، وزن تر و خشک میوه در طول دوره رشد و عملکرد در واحد سطح

مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون LSD نشان داد که تیمار آبی ۱۰۰ درصد نیاز آبی به ترتیب با میانگین ۹/۶ عدد در بوته، ۱۲۸/۹ گرم و ۱۴/۳ گرم بیشترین تعداد میوه برداشت شده، وزن تر میوه و وزن خشک میوه را دارند (شکل ۱). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین تیمار ۸۵ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد در تعداد میوه برداشت شده وجود ندارد. از طرفی با کاهش مصرف آب به میزان ۱۵ و ۳۰ درصد نیاز آبی، تعداد میوه برداشت شده در طول دوره رشد از هر بوته به ترتیب درصد ۵۸/۶ و ۶۸/۸ درصد کاهش یافت. با افزایش مصرف آب به میزان ۲۵ درصد نیاز آبی، تعداد میوه برداشت شده در طول دوره رشد از هر بوته ۴۸/۲ درصد کاهش یافت. از نظر صفت وزن تر میوه بین تیمارهای ۱۰۰ درصد نیاز آبی و ۱۲۵ درصد آبی اختلاف معنی‌دار آماری وجود نداشت. از طرفی مطابق شکل ۱ بین تیمارهای ۷۰ و ۸۵ درصد نیاز آبی نیز اختلاف معنی‌دار آماری در سطح پنج درصد وجود

نداشت. نتایج نشان دهنده آن است که کاهش ۱۵ و ۳۰ درصدی آب مصرفی به ترتیب منجر به کاهش معنی‌دار ۶۹/۴ و ۷۹/۴ درصدی وزن تر میوه شده ولی وزن خشک میوه به میزان ۵۹/۵ و ۸۳/۹ درصد کاهش یافت. با افزایش مصرف آب به میزان ۲۵ درصد نیاز آبی، وزن تر میوه در طول دوره رشد از هر بوته ۱۲/۲ درصد کاهش یافت، ولی وزن خشک میوه نسبت به تیمار شاهد به میزان ۱۲/۵ درصد کاهش نشان داد، به طوری که دلیل این امر می‌تواند کاهش توسعه ریشه به دلیل کمبود تهویه خاک در شرایط بیش آبیاری و در پی آن کاهش جذب مواد غذایی و آب مورد نیاز گیاه باشد. نتایج نشان دهنده آن است که عملکرد گیاه به شدت تحت تأثیر بیش آبیاری و کم آبیاری قرار گرفته است. مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون LSD نشان داد که تیمار آبی ۱۰۰ درصد نیاز آبی با میانگین ۴/۱ کیلوگرم در متر مربع بیشترین و تیمار آبی ۷۰ درصد نیاز آبی با میانگین ۰/۸ کمترین عملکرد در واحد سطح را دارند (شکل ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین تیمار ۷۰ و ۸۵ درصد نیاز آبی اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد در شاخص عملکرد وجود ندارد. هم‌چنین نتایج نشان

دهد، کمترین میزان عملکرد نیز در این تیمار مشاهده می‌شود. نتایج گویای این مطلب است که افزایش ۲۵ درصدی آب آبیاری (نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی) بر روی عملکرد و اجزای آن (وزن تر میوه و تعداد میوه برداشت شده) اثر مثبت معنی‌داری داشته است و پس از تیمار شاهد که همان ۱۰۰ درصد نیاز آبی است، بیشترین میزان این صفات را نشان داده است.

دهنده این امر است که افزایش یا کاهش میزان آب آبیاری عملکرد گیاه فلفل دلمه‌ای که خود وابسته به اجزای عملکرد نظیر تعداد میوه برداشت شده و متوسط وزن تر میوه در طول فصل رشد می‌باشد، نیز کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج ارائه شده در شکل ۱ کمترین تعداد میوه برداشت شده و متوسط وزن تر میوه در طول فصل رشد مربوط به تیمار ۷۰ درصد نیاز آبی می‌باشد و همان‌گونه که شکل ۲ نشان می‌دهد،

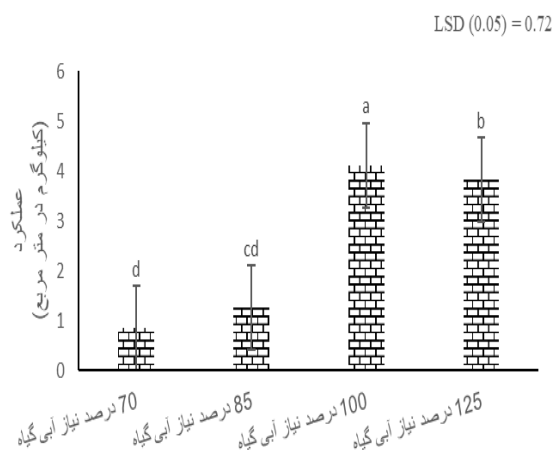


شکل (۱): بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر الف) تعداد میوه برداشت شده، ب) وزن تر و ج) وزن خشک میوه گیاه فلفل دلمه‌ای

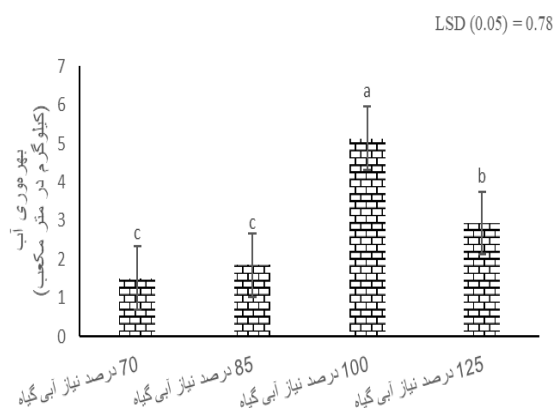
بهره‌وری مصرف آب

داد که آبیاری به‌میزان ۹۳۵ میلی‌متر در فصل رشد منجر به تولید بیشترین بهره‌وری مصرف آب می‌گردد. مطابق شکل ۳ بیشترین مقدار شاخص بهره‌وری آب مبتنی بر وزن تر میوه مربوط به تیمار شاهد (FI) با ۵/۱ کیلوگرم در متر مکعب و در تیمار DI 70 این صفت ۷۰/۶ درصد کاهش نشان داد. لازم به ذکر است که بین تیمارهای DI 70 و DI 85 تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده نشد

با افزایش و کاهش میزان آب آبیاری، شاخص بهره‌وری مصرف آب تحت تیمارهای مورد مطالعه بر روی گیاه فلفل دلمه‌ای کاهش یافت (شکل ۳)، دلیل آن در کم‌آبیاری کاهش عملکرد میوه و در بیش‌آبیاری افزایش میزان آب مصرفی نسبت به تیمار شاهد باشد یا به‌عبارتی دیگر می‌تواند در اثر افزایش نفوذ عمقی و ریزش گل و میوه در اثر حساسیت این گیاه نسبت به بیش‌آبیاری و کم‌آبیاری باشد. نتایج این تحقیق نشان



شکل (۲): بررسی اثر رژیم‌های مختلف آب آبیاری بر عملکرد در واحد سطح گیاه فلفل دلمه‌ای

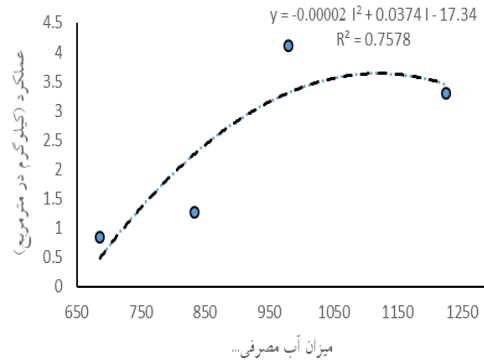


شکل (۳): بررسی اثر رژیم‌های مختلف آب آبیاری بر بهره‌وری آب در واحد سطح گیاه فلفل دلمه‌ای

تعیین تابع آب مصرفی عملکرد گیاه فلفل دلمه‌ای

روند افزایشی از تیمار 70 DI تا FI با شیب زیاد و از تیمار FI تا 125 OI روند کاهشی مشاهده می‌شود.

تابع آب- عملکرد از نوع درجه دوم در شکل ۴ نشان داده شده است. بر اساس شکل مزبور، رابطه کلی



شکل (۴): تابع آب مصرفی عملکرد گیاه فلفل دلمه‌ای تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد (شریفان و همکاران، ۱۳۹۳). نتایج نشان می‌دهد که عملکرد گیاه در شرایط کم آبیاری به شدت تحت تأثیر قرار گرفته، ولی در شرایطی که بیش از نیاز واقعی آب دریافت کند (تیمار ۱۲۵ درصد نیاز آبی) حساسیت چندانی نشان نمی‌دهد. نتایج این تحقیق با نتایج سجادی و همکاران (۱۳۹۵) بر روی فلفل سبز، Ferrara et al. (2011) بر روی فلفل دلمه‌ای و طباطبایی و همکاران (۱۳۹۳) بر روی فلفل قلمی مطابقت داشت. هر عاملی که بر روی عملکرد و میزان ماده خشک گیاه تأثیر منفی بگذارد بر روی بهره‌وری آن نیز اثر منفی دارد از این رو کاهش میزان آب آبیاری با توجه به اینکه عملکرد را تحت تأثیر خود قرار داده و با کاهش و افزایش میزان آب آبیاری عملکرد کاهش یافته است از این رو میزان بهره‌وری نیز کاهش می‌یابد یا به عبارتی دیگر با کاهش بیشتر میزان آب آبیاری، عملکرد محصول افت بیشتری را نشان داده که خود عاملی در کاهش بهره‌وری مصرف آب می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که بهره‌وری مصرف آب با کاهش میزان آب آبیاری و افزایش آن کاهش می‌یابد که با تحقیقات طباطبایی و همکاران (۱۳۹۳) بر روی فلفل قلمی و تحقیقات Ferrara et al. (2011) بر روی فلفل دلمه‌ای مطابقت داشت.

نتایج این تحقیق با نتایج سجادی و همکاران (۱۳۹۵) بر روی فلفل سبز، Karam et al. (2009) بر روی فلفل، Kurunç et al. (2011) بر روی فلفل، Yang et al. (2015) بر روی فلفل، Ünlükara et al. (2017) بر روی فلفل تند، Cosic et al. (2015) بر روی گیاه فلفل دلمه‌ای، صدرقاین و همکاران (۱۳۸۹) بر روی گوجه فرنگی، شرایعی و همکاران (۱۳۸۵) بر روی گوجه فرنگی، اسماعیل‌پور و اکبری (۱۳۹۳) گوجه فرنگی و دهقان و همکاران (۱۳۹۴) بر روی گوجه فرنگی مطابقت داشت. نتایج نشان دهنده‌ی این موضوع است که کم آبیاری و بیش آبیاری اثری سو بر روی میزان عملکرد میوه گیاه فلفل دلمه‌ای رقم کالیفرنیا و اندر در شرایط گلخانه‌ای داشت. با توجه به اینکه آب یکی از حیاتی‌ترین نهاده‌های مورد نیاز برای رشد گیاه می‌باشد، کمبود آن واکنش‌های بیولوژیکی را در اندام‌های مختلف گیاه کاهش می‌دهد (Sobhani, 2000). کاهش عملکرد گیاه فلفل دلمه‌ای در شرایط کم آبیاری احتمالاً بدلیل حساسیت این گیاه نسبت به کمبود آب بوده، به طوری که کمبود آب خود عامل کاهش عمل فتوسنتز و انتقال مواد به سمت میوه می‌باشد. در شرایط بیش آبیاری نیز میتوان به این نتیجه رسید که افزایش میزان آب بیش از نیاز گیاه در محیط ریشه باعث کاهش تهویه مورد نیاز ریشه شده و



نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج نشان داد کاهش یا افزایش میزان آب آبیاری بر صفات مورد بررسی در این مطالعه شامل میانگین وزن تر و خشک میوه، تعداد میوه، عملکرد در واحد سطح و بهره‌وری مصرف آب گیاه فلفل دلمه‌ای رقم کالیفرنیا و اندر اثر معنی‌داری داشت، بطوری‌که بیشترین مقدار کمی صفات مورد مطالعه در تیمار آبیاری کامل (۱۰۰ درصد نیاز آبی) و کمترین آن در تیمار کم آبیاری به‌میزان ۷۰ درصد نیاز آبی به‌دست آمد. حداکثر عملکرد محصول و حداکثر بهره‌وری مصرف آب در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی با ۴/۱ کیلوگرم در متر مربع و ۵/۱ کیلوگرم در متر مکعب به‌دست آمد. هم‌چنین مشاهده شد که با کاهش مصرف آب به‌میزان ۱۵ و ۳۰ درصد نیاز آبی، عملکرد محصول به‌ترتیب ۶۹/۶ و ۷۹/۶ درصد کاهش یافته و با افزایش مصرف آب به‌میزان ۲۵ درصد نیاز آبی، عملکرد محصول ۷/۰۵ درصد کاهش یافت. نتایج نشان داد که کاهش مصرف آب به‌میزان ۳۰ و ۱۵

درصد نیاز آبی و افزایش آن به‌میزان ۲۵ درصد نیاز آبی باعث کاهش بهره‌وری مصرف آب به‌ترتیب به میزان ۷۰/۵، ۶۳/۹ و ۴۲/۶ درصد شد. افزون بر آن، کاهش مصرف آب، باعث کاهش چشم‌گیری در اجزای عملکرد گیاه از جمله وزن تر و خشک میوه و تعداد میوه آن شد. نتایج نشان داد که فلفل دلمه‌ای به افزایش و کاهش نیاز آبی حساس است، از این رو بهترین تیمار برای آبیاری گیاه فلفل دلمه‌ای در شرایط گلخانه‌ای و در کشت‌های گلدانی، آبیاری به‌میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی می‌باشد. معنی‌دار بودن صفات مربوط به اندام هوایی گیاه احتمالاً به‌دلیل تغییرات مورفولوژیک ریشه گیاهان باشد که در واقع نوعی پاسخ گیاه به تنش خشکی است. با توجه به محدودیت امکانات برای اعمال تنش خشکی در شرایط مزرعه و انجام دقیق نمونه‌برداری از ریشه گیاه (حذف رقابت سیستم‌های ریشه)، این مطالعه در گلخانه انجام شد. پیشنهاد می‌گردد با توجه به کمبود منابع آب و ضرورت صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری این آزمایش در شرایط مزرعه نیز انجام گردد.

منابع

- اسماعیل‌پور، ب.، و اکبری، م. ۱۳۹۲. ارزیابی تأثیر کم‌آبیاری بر خصوصیات رشدی، عملکرد و کیفیت پس از برداشت دو رقم گوجه‌فرنگی در شرایط آب و هوایی میاندوآب. بوم‌شناسی کشاورزی. ۱۸۷-۱۷۸: (۲)۵.
- جمالی، ص. ۱۳۹۵. بررسی اثر سطوح مختلف شوری و کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- جمالی، ص.، شریفان، ح.، هزارجریبی، ا. و سپهوند، ن. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری بر جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد دو رقم گیاه کینوا. حفاظت منابع آب و خاک. ۹۷-۸۷: (۱)۶.
- حیدری، ن.، خیرابی، ج.، علایی، م.، فرشی، ا.ع.، کاظمی، پ.، وزیر، ژ.، انتصاری، م.ر.، دهقانی سانج، ح.، سادات میری، م.ح. و میرلطیفی، م. ۱۳۸۶. کارآیی مصرف آب در کشت گلخانه‌ای. ناشر کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. صفحه ۱۸۰.
- دهقان، ه.، علیزاده، ا.، اسماعیلی، ک. و نعمتی، س.ح. ۱۳۹۴. رشد ریشه، عملکرد و اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی در تنش خشکی. پژوهش آب در کشاورزی. ۱۷۹-۱۶۹: (۲)۲۹.
- سجادی، ف.، شریفان، ح.، هزارجریبی، ا. و قربانی، ق. ۱۳۹۵. تأثیر تنش شوری و بیش آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد فلفل سبز. مدیریت آب و آبیاری. ۱۰۰-۸۹: (۱)۶.

سپاسخواه، ع.ر.، ع. توکلی و ف. موسوی. ۱۳۸۵. اصول و کاربرد کم آبیاری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. تهران. ۲۸۷ ص.

شرایعی، پ.، سبحانی، ع. و رحیمیان، م. ح. ۱۳۸۵. تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری و کود پتاسیم بر کارایی مصرف آب و کیفیت میوه گوجه فرنگی رقم پتو ارلی سی اچ. تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۷۵-۸۶: (۲)۷.

شریفان، ح.، میرزایی، ش. و سپلسپور، م. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر سطوح مختلف ابرجاذب (هیبروزوم دانه متوسط) و تنش آبی بر اجزای عملکرد ذرت علوفه‌ای. نشریه آبیاری و زهکشی. ۷۰۵-۷۱۲: (۴)۸.

شمس بیرانوند، م.، برومند نسب، س. و ملکی، ع. ۱۳۹۳. اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد، کارایی مصرف آب و شاخص برداشت ارقام سویا در خرم آباد. علوم و مهندسی آبیاری. ۱۳-۲۰: (۳)۳۷.

صدرقاین، س. ح. اکبری، م.، افشار، ه. و نخجوانی مقدم، م. ۱۳۸۹. اثر سه روش آبیاری میکرو و سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد گوجه فرنگی. آب و خاک. ۵۷۴-۵۸۲: (۳)۲۴.

طباطبایی، س. ح.، مردانی نژاد، س. و زارع ابیانه، ح. ۱۳۹۳. اثر تنش آبی بر رشد، عملکرد و کارایی مصرف آب فلفل قلمی در شرایط گلخانه‌ای. پژوهش آب در کشاورزی. ۶۳-۷۱: (۱)۲۸.

عابدی کوپایی، ج.، اسلامیان، س. س. و زارعیان، م. ج. ۱۳۹۰. اندازه‌گیری و مدل‌سازی نیاز آبی و ضریب گیاهی خیار، گوجه‌فرنگی و فلفل با استفاده از میکرو لایسیمتر در گلخانه. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۵۱-۶۳: (۷)۲.

علیزاده، ا. ۱۳۹۰. رابطه آب خاک و گیاه. انتشارات آستان قدس رضوی. ۳۷۶ صفحه.

قدمی فیروزآبادی، ع.، شاهنظری، ع.، رائینی سرجاز، م. و زارع ابیانه، ح. ۱۳۹۴. اثر کم آبیاری تنظیم شده و کم آبیاری ناقص ریشه بر عملکرد، فلورسانس کلروفیل و پارامترهای رشد آفتابگردان. پژوهش آب در کشاورزی. ۱۵۷-۱۶۷: (۲)۲۹.

کافی م.، م. صالحی و ح. ر. عشقی زاده. ۱۳۸۹. کشاورزی شورزیست: راهبردهای مدیریت گیاه، آب و خاک (تألیف). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

گلکار، ف.، فرهنگ، ع. و فرداد، ح. ۱۳۸۷. بررسی تأثیر میزان آب آبیاری بر عملکرد و بازده مصرف آب در گوجه فرنگی. مجله مهندسی آب. ۲۰-۱۳: ۱.

Abubaker, B. M. A., Shuang, Y., Chuangcheng, S., Alhadi, M. and Elsiddig, A. 2014. Effect of irrigation levels on the growth, yield and quality of potato. *Bulgarian Agric Sci.* 20(2): 303-309

Allen R.G., Preira L.S., Raes D., and Smith M. 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirement. *FAO Irrigation and Drainage paper, NO.56, Rome, Italy.* 301 p.

Çolak, Y.B., Yazar, A., Sesveren, S. and Colak, I., 2017. Evaluation of yield and leaf water potential (LWP) for eggplant under varying irrigation regimes using surface and subsurface drip systems. *Scie Horti*, 219, pp.10-21.

Cosic, M., Djurovic, N., Todorovic, M., Maletic, R., Zecevic, B., Stricevic, R., 2015. Effect of irrigation regime and application of kaolin on yield: quality and water use efficiency of sweet pepper. *Agric. Water Man.* 159, 139-147.

Ekren, S., Sönmez, Ç. Özçakal, E., Kurttaş, Y.S.K., Bayram, E. and Gürgülü, H. 2012. The effect of different irrigation water levels on yield and quality characteristics of purple basil (*Ocimum basilicum L.*). *Agri waterman.* 109: 155-161.

Ferrara, A. Lovelli, S. Tommaso, T.D.i. and Perniola, M. 2011. Flowering, Growth and Fruit Setting in Greenhouse Bell Pepper Under Water Stress. *agro.10 (1):12- 19.*



Karam, F., R. Massad, R. Bachour, C. Rhayem, and Y. Rouphael. 2009. Water and radiation use efficiencies in dripirrigated pepper (*Capsicum annuum* L.) response to full and deficit irrigation regimes. *Hort Sci.* 74:79–85.

Kiremit, M.S. and Arslan, H., 2018. Response of Leek (*Allium porrum* L.) to Different Irrigation Water Levels under Rain Shelter. *Soil Sci and Plant Anal.* : 1-10.

Kurunç, A., A. Ünlükara, and B. Cemek. 2011. Salinity and drought affect yield response of bell pepper similarly. *Acta Agri Scan, Soil and Palnt Sci.* 61 (6):514–22.

Sobhani, A. R. 2000. Investigation on physiologic aspects of water deficit and potasiom nutrition on potato. PhD thesis. Azad University. Science and research department.

Ünlükara, A., A. Kurunç, and B. Cemek. 2015. Green long pepper growth under different saline and water regime conditions and usability of water consumption in plant salt tolerance. *Agri Sci.* 21:167–76.

Yang, H., Du, T., Qiu, R., Chen, J., Wang, F., Li, Y., Wang, C., GAO, L. and Kang, S., 2017. Improved water use efficiency and fruit quality of greenhouse crops under regulated deficit irrigation in northwest China. *Agri Water Man.* 179: 193-204.



The effects of different irrigation regimes on yield and yield components Of Sweet pepper (*Capsicum annuum*) under greenhouse conditions

Farasat Sajadi¹, Aboutaleb Hezarjaribi^{2*}, Saber Jamali³

Abstract

Deficit irrigation has different effects on growth, metabolism and plant performance, which has a major impact on photosynthesis. The goal of this study was to investigate the effect of different irrigation levels on yield and water productivity of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in greenhouse condition. Five irrigation levels are evaluated on yield and yield components of Sweet pepper. The research was done based in completely randomized design including 3 replications as pot planting in Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources during 2016. In this study, five irrigation regimes existed of (70, 85, 100, and 125% of water requirement). The results inducted that the effect of different irrigation regimes on fruit number, fruit fresh weights, and water productivity was highly significant ($P < 0.01$), but fruit dry weights and yield were significant at 5 percent levels ($P < 0.05$). In conclusion, the results showed that the highest of Yield and water productivity in 100 percent of the requirement. the results showed that sweet pepper plants are sensitive to the deficit and over irrigation, increasing of irrigation levels from 100 to 125 percent of water requirement has resulted to the redaction of yield and water productivity to 7.1 and 42.6 percent, respectively. However, increasing irrigation levels from 100 to 85 percent of water requirement has resulted in the redaction of yield and water productivity to 69.6 and 63.9 percent, respectively. The results showed that with decreased and increased in water irrigation level, fruit fresh and dry weights and Fruit number were significantly decreased

Keywords: Deficit irrigation; Greenhouse conditions; over irrigation; Sweet pepper; Yield.

^{1*} PhD student, Water engineering department, faculty of soil and water engineering, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resource (GAU), Gorgan, Iran, Email address: farasatsajadi@gmail.com

² Associate Professor, Water engineering department, faculty of soil and water engineering, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resource (GAU), Gorgan, Iran, Email address: hezab10@yahoo.com

(* Corresponding Author)

³ PhD student, Water engineering department, faculty of Agricultural, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran, Email address: saber.jamali@mail.um.ac.ir