نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۴، مرداد - شهریور ۱۳۹۹، ص. ۸۲۸-۸۱۷

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 14, Agu.-Sept. 2020, p. 817-828

ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد خیار گلخانه‌ای تحت روش و سطوح مختلف آبیاری

عباس حاجی پور[۱]، حسین بابازاده[۲*]، نجمه یزدان پناه[۳]، ابراهیم پذیرا[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱/۳۰

چکیده

محدودیت منابع آب در بخش کشاورزی، لزوم استفاده از روش‌های کم‌آبیاری و مؤثر را نمایان می‌سازد. از طرف دیگر، کم‌آبیاری به‌عنوان یک عامل محدود کننده، رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. لذا در این پژوهش، جهت مشخص نمودن اثر کم‌آبیاری تنظیم شده و آبیاری ناقص ریشه بر عملکرد و اجزای عملکرد خیار، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۶ در شهرستان جیرفت اجرا شد. در این تحقیق، پنج تیمار آبی شامل آبیاری کامل، کم‌آبیاری تنظیم شده و آبیاری ناقص ریشه در دو سطح ۷۵ و ۵۵ درصد آبیاری کامل مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اعمال کم‌آبیاری سبب کاهش ۱۵/۹ تا ۳۱/۴ درصدی میزان آب مصرفی شد. بیشترین عملکرد محصول (۲۵۷/۶ تن در هکتار) در تیمار آبیاری کامل به‌دست آمد. عملکرد در سطح ۷۵ درصد اعمال شده در آبیاری ناقص ریشه ۲۴۸/۹ تن در هکتار به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با آبیاری کامل نداشت. همچنین، بیشترین بهره‌وری آب با میانگین ۵۶/۴ کیلوگرم بر متر مکعب، مربوط به سطح ۷۵ درصد اعمال شده در آبیاری ناقص ریشه بود. این در حالی بود که عملکرد سطح ۷۵ درصد اعمال شده در کم‌آبیاری تنظیم شده به‌رغم مصرف آب یکسان با آبیاری ناقص ریشه در همان سطح، ۱۳/۴ درصد کاهش یافت. لذا، سطح ۷۵ درصد اعمال شده در آبیاری ناقص ریشه ضمن ممانعت از کاهش معنی‌دار عملکرد و صرفه‌جویی ۲۵ درصدی آب، افزایش ۱۲/۹ درصدی بهره‌وری آب را نیز به‌همراه داشت که می‌توان آن را به‌عنوان تیمار برتر و راهکار مناسب برای مقابله با بحران آب و افزایش بازده آبیاری در کشت خیار گلخانه‌ای در منطقه جیرفت توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری آب، تنش رطوبتی، جیرفت، شاخص سطح برگ، کم‌آبیاری تنظیم شده

مقدمه

کمبود آب برای زندگی انسان به‌صورت یک تهدید واقعی نمایان شده است (Shahrokhnia and Sepaskhah, 2017). از آنجا که بخش کشاورزی بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب شیرین در دنیا است (FAO, 2002)، لذا کاهش کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی موجب گرایش به کاهش اختصاص آب به بخش کشاورزی شده است(Colak et al., 2017). این در حالی است که مدیریت مصرف آب در این بخش، می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر کاهش فشار به منابع آب در شرایط بحران داشته باشد. یکی از مهم‌ترین فعالیت‌های مدیریتی در سال‌های اخیر، کاربرد کم‌آبیاری در طول فصل رشد گیاه است که بهبود بهره‌وری آب را به‌همراه دارد (Romero et al., 2015).

کم‌آبیاری، نوعی مدیریت آب در مزرعه است که در آن گیاه درجه معینی از تنش خشکی را تحمل می‌کند. به‌طوری که با استفاده مناسب‌تر از هر واحد آب آبیاری، عملکرد بهینه از محصولات کشاورزی به‌دست آید (Yazar et al., 2009). در سال‌های اخیر، روش‌های نوین مدیریت آب با رویکرد مقابله با بحران جهانی آب و در راستای افزایش بهره‌وری آب شکل گرفته‌اند که می‌توان به روش‌های کم‌آبیاری تنظیم شده و آبیاری ناقص ریشه اشاره نمود. در روش کم‌آبیاری تنظیم شده، میزان آب داده شده به گیاه کم‌تر از حد مورد نیاز آن است. به‌طوری که تأثیر منفی اعمال این نوع تنش در کاهش شاخص‌های مهم رشد گیاه از جمله عملکرد محصول، شاخص سطح برگ، وزن و حجم ریشه در تحقیقات متعددی گزارش شده است (Shahnazari et al., 2007; Ghrab et al., 2013).

در این راستا افراسیاب و همکاران (۱۳۹۴) با بررسی اثر سه سطح پتانسیلی (۴۵، ۶۰ و ۷۵ سانتی‌بار جهت شروع آبیاری) بر عملکرد و

۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی سیستم‌های کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲- دانشیار آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی سیستم‌های کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۳- دانشیار گروه مهندسی آب، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران
۴- استاد گروه علوم خاک، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول : Email: h_babazadeh@hotmail.com)

اجزای عملکرد ارقام مختلف خیار گلخانه‌ای نشان دادند که با وجود افزایش بهره‌وری آب شاخص‌های ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ و عملکرد محصول با افزایش اعمال تنش به گیاه کاهش یافت. در مطالعه‌ای دیگر اسدی و کاراندیش (۱۳۹۵) با ارزیابی الگوی کارگذاری لوله آبده در کشت خیار در شرایط اعمال سطوح مختلف مکش رطوبتی دریافتند که در شرایط اعمال کم‌آبیاری، اصلی‌ترین عامل کاهش وزن میوه می‌تواند کاهش فتوسنتز و حجم سلول‌ها باشد. به‌صورتی که کمبود آب، موجب کاهش فعالیت بیوشیمیایی فتوسنتز بوته شده و با در اختیار دادن مقدار کمی کربوهیدرات به میوه، حتی در تنش‌های شدید رشد میوه را متوقف نماید.

در روش آبیاری ناقص ریشه، منطقه ریشه به نواحی مختلف تقسیم و در هر نوبت آبیاری، یک یا چند ناحیه مرطوب شده و نواحی دیگر خشک رها می‌شوند (Dry and Loveyes, 1998). تکرار متناوب آن می‌تواند تغییراتی در ساختار فیزیولوژیک گیاه ایجاد نماید که آن را از روش کم‌آبیاری تنظیم شده متمایز می‌سازد (Consoli et al., 2017; Douh et al., 2017). به‌طوری‌که خشک و تر نمودن متناوب ناحیه ریشه، انتقال اسید آبسزیک از ریشه‌های بخش خشک خاک به اندام هوایی که منجر به کاهش هدایت روزنه‌ای برگ می‌شود را در پی دارد و هم‌زمان بخش مرطوب ریشه با جذب آب، وضعیت آبی اندام هوایی را در حد مطلوب حفظ می‌کند (Davies et al., 2000; Marjanovic et al., 2015; Parvizi et al., 2014). از جمله نتایج تغییر در ریشه گیاه در شرایط اعمال آبیاری ناقص ریشه می‌توان به افزایش غلظت شیره آوندی و کاهش هدایت روزنه‌ای (Sepaskhah and Ahmadi, 2010)، افزایش کارایی مصرف آب (Romero et al., 2015) و عدم کاهش در کمیت و کیفیت محصول (Lima et al., 2015) اشاره نمود. این در حالی است که تأثیر آبیاری ناقص ریشه در بهبود کیفیت عملکرد محصول با افزایش در میزان قند، در مطالعات متعددی به اثبات رسیده است (Shao et al., 2008; Ghrab et al., 2013; Shahnazari et al., 2007 and Parvizi et al., 2014)

مطالعات انجام شده، آبیاری ناقص ریشه را به‌عنوان یک روش نوین توسعه یافته معرفی نموده‌اند و از این روش برای آبیاری گیاهان زراعی و باغی در تحقیقات مختلفی استفاده شده که نتایج پژوهش‌ها نشانگر ارتقاء بهره‌وری آب بدون کاهش معنی‌دار در عملکرد گیاه و همچنین در بسیاری از موارد همراه با افزایش کیفیت محصول است (خالقی و همکاران، ۱۳۹۵؛ شاهنظری و رضائیان، ۱۳۹۴؛ قدمی فیروزآبادی و همکاران، ۱۳۹۴ و میری و همکاران، ۱۳۹۳). نتایج مطالعه‌ای نشان داد که روش آبیاری ناقص ریشه با تغییر پتانسیل اسمزی، میزان آماس سلول‌های برگ را در حد بالاتر از معمول حفظ کرد و میزان مقاومت گیاه در شرایط کم‌آبیاری را افزایش داد (Zho et al. 2009; Sarai et al. 2011). در تحقیقی دیگر، بررسی اثرات آبیاری ناقص ریشه و کم‌آبیاری معمولی حاکی از آن بود که در روش آبیاری ناقص ریشه، غلظت کلسیم و منیزیم، گلوکز، فروکتوز، پتاسیم و فسفر موجود در گوجه‌فرنگی به طور معنی‌داری نسبت به کم‌آبیاری معمولی افزایش یافت. در نهایت، به منظور بهبود کیفیت میوه، روش آبیاری ناقص ریشه بهتر از روش کم‌آبیاری معمولی عنوان شد (Son et al., 2014). در مطالعه‌ای، به‌منظور مقایسه اثرات آبیاری ناقص ریشه و آبیاری کامل بر عملکرد و اجرای عملکرد گوجه‌فرنگی در محیط باز، شش تیمار آبیاری ثابت و متناوب شیارها (یک طرف گیاه) در دو سطح ۱۰۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی با آبیاری تمام شیارها (دو طرف گیاه) مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که در آبیاری ثابت و متناوب شیارها بیش از ۳۸ درصد در مصرف آب نسبت به آبیاری تمام شیارها صرفه‌جویی شد. همچنین، در آبیاری متناوب شیارها، در حالی کارایی مصرف آب ۴۰ درصد افزایش یافت که هیچ کاهش محصولی نسبت به آبیاری تمام شیارها ایجاد نشد. لازم به ذکر است که محصول تولید شده در آبیاری متناوب شیارها (یک طرف گیاه) نسبت به آبیاری تمام شیارها و آبیاری ثابت شیارها (یک طرف گیاه) از کیفیت بالاتری برخوردار بود (Sarkar et al. 2016).

خیار (*Cucumis sativus*) جزء خانواده کدوئیان (Cucurbitaceae) بوده و یکی از صیفی‌جات قدیمی جهان است که در بسیاری از کشورها بعد از گوجه‌فرنگی و کلم مهم‌ترین صیفی و از نظر هزینه از سبزی‌های پُر هزینه می‌باشد (افراسیاب و همکاران، ۱۳۹۴). از آنجایی‌که خیار تولید شده به‌عنوان محصول نهایی در بازار عرضه شده و دوره زمانی بازگشت سرمایه آن کوتاه است، لذا در طبقه‌بندی محصولات کشاورزی، در گروه محصولات نقدی قرار دارد (کریمی و همکاران، ۱۳۸۶). این در حالی است که با توجه به امکانات وسیع تولید و فرآوری این محصول در ایران، اهمیت اقتصادی زیادی دارد و با ارزآوری مناسب، مورد توجه بسیاری از متولیان کشاورزی قرار گرفته است (مهرابی، ۱۳۸۷). سطح زیرکشت این گیاه در کشور ایران در حدود ۸۰ هزار هکتار و میزان تولید آن با توجه به قابلیت کشت گلخانه‌ای و غیرگلخانه ای، بطور متوسط ۵۵ تن در هکتار است (ذونعمت و اسدی، ۱۳۹۳). سطح زیر کشت محصولات گلخانه‌ای در استان کرمان در سال ۱۳۹۴ در حدود ۱۶۵۱ هکتار بوده که ۱۲۵۰ هکتار آن زیرکشت خیار می‌باشد (اسدی و کاراندیش، ۱۳۹۵).

با توجه به محدودیت منابع آب کشور، جهت صرفه‌جویی بیشتر آب و افزایش عملکرد، می‌توان به اصلاح الگوی مصرف در بخش کشاورزی با بهره‌گیری از روش‌های مناسب آبیاری و مدیریت صحیح آبیاری در مزرعه اشاره کرد. از آنجا که پژوهش‌های صورت گرفته در راستای استفاده از استراتژی‌های نوین آبیاری نظیر آبیاری ناقص ریشه غالباً معطوف به محصولات باغی و زراعی بوده و تاکنون در راستای افزایش بهره‌وری آب و عملکرد خیار، از این روش کارآمد استفاده نشده است و با توجه به اینکه شهرستان جیرفت یکی از عمده‌ترین

مراکز تولید خیار گلخانه‌ای ایران محسوب می‌شود، لذا انجام تحقیقی در خصوص ارزیابی اثرات آبیاری ناقص ریشه بر عملکرد، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب خیار گلخانه‌ای در منطقه جیرفت می‌تواند بسیار مفید باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی تأثیر کم‌آبیاری تنظیم شده و آبیاری ناقص ریشه بر خصوصیات گیاهی خیار گلخانه‌ای، آزمایشی در گلخانه‌ای که دارای چهار دهانه با ارتفاع ۳/۵ متر، عرض هر دهانه ۴ متر، مجهز به سقف باز شو، سیستم گرمایش و سرمایش و پوشش پلی‌اتیلن UV دار ۴/۵ درصد بود، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۶ در گلخانه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان جیرفت، به اجرا در آمد. در این آزمایش، پنج تیمار آبیاری کامل (FI)، کم‌آبیاری تنظیم شده در دو سطح ۷۵ درصد (RDI_{75}) و ۵۵ درصد (RDI_{55}) آبیاری کامل و آبیاری ناقص ریشه در دو سطح ۷۵ درصد (PRD_{75}) و ۵۵ درصد (PRD_{55}) آبیاری کامل، مورد ارزیابی قرار گرفتند. تیمارها در کرت‌هایی به عرض و طول سه متر (شامل ۴ ردیف کشت به‌فاصلهٔ ۰/۷۵ متر و فاصله بوته ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر) اجرا شدند. همچنین، برای سهولت در اندازه‌گیری صفات، بین هر تیمار و هر تکرار، یک متر فاصله در نظر گرفته شد.

در این آزمایش، جهت تأمین دمای مورد نیاز، از دستگاه گرمایش مشعل‌دار گازوئیلی استفاده شد. سیستم پخش گرما در وسط گلخانه و در زیر سقف قرار داده شده بود که گرما را از قسمت بالا به پایین پخش می‌کرد. به‌طوری‌که در طول دورهٔ رشد گیاه، دمای روزانه بین ۳۰ تا ۴۵ و دمای شبانه بین ۲۲ تا ۲۸ درجهٔ سلسیوس و رطوبت نسبی بین ۳۵ تا ۶۵ درصد بود. همچنین، قبل از عملیات کشت، نمونه‌برداری از آب و خاک مورد استفاده انجام شد که تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها در جداول ۱ الی ۳ آمده است. از آنجا که رقم نگین یکی از ارقام رایج کشت خیار در گلخانه‌های منطقه جیرفت است، لذا در این تحقیق نشاء بذر نگین در اواسط مرداد کشت شد. همچنین، بر اساس نیاز کودی خیار و توصیه آزمایشگاه خاک و آب در طول دوره کشت عناصر روی، گوگرد، مس، پتاسیم، کلسیم، ازت، فسفر، منگنز، آهن و بر از منابع مختلف و به مقادیر به‌ترتیب ۱/۶، ۱۴، ۰/۷، ۱۱۰، ۷، ۱۳۰، ۱۰۰، ۱/۱، ۱۳ و ۱/۴ کیلوگرم در هکتار به زمین تزریق شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه برخی از خصوصیات فیزیکی خاک محل انجام تحقیق در اعماق مختلف

عمق خاک (cm)	درصد ذرات تشکیل دهنده			بافت خاک	درصد وزنی رطوبت		وزن مخصوص ظاهری (g/cm^3)
	شن	سیلت	رس		ظرفیت زراعی	پژمردگی دائم	
۰-۱۰	۱۴/۹	۴۱/۷	۴۳/۴	رس سیلتی	۲۲/۴۲	۸/۶۳	۱/۳۹
۱۰-۲۰	۱۵/۲	۴۱/۱	۴۳/۷	رس سیلتی	۲۲/۳۹	۸/۷۱	۱/۴۲
۲۰-۳۰	۱۴/۹	۴۱/۷	۴۳/۴	رس سیلتی	۲۳/۴۲	۹/۴۳	۱/۴۱
۳۰-۵۰	۱۴/۵	۴۲/۲	۴۳/۳	رس سیلتی	۲۳/۷۵	۹/۷۴	۱/۴۲
۵۰-۷۰	۱۲/۷	۴۲/۷	۴۴/۶	رس سیلتی	۲۳/۵۴	۹/۴۹	۱/۴۲
۷۰-۹۰	۱۲/۵	۴۳/۴	۴۴/۱	رس سیلتی	۲۲/۹۶	۹/۱۱	۱/۴۴

جدول ۲- نتایج تجزیه برخی از خصوصیات شیمیایی خاک محل انجام تحقیق در اعماق مختلف

عمق خاک (cm)	اسیدیته	شوری (dS/m)	نیتروژن کل (٪)	فسفات (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)
۰-۱۰	۷/۹۲	۰/۴	۰/۱۲	۰/۹	۱۰۴/۲
۱۰-۲۰	۷/۹۴	۰/۴	۰/۱۲	۱/۲	۱۱۸/۹
۲۰-۳۰	۷/۹۶	۰/۳	۰/۱۱	۰/۹	۹۱/۹
۳۰-۵۰	۷/۹۶	۰/۳	۰/۱۱	۰/۹	۹۱/۹
۵۰-۷۰	۷/۹۶	۰/۳	۰/۰۹	۰/۶	۷۵/۲
۷۰-۹۰	۷/۹۷	۰/۳	۰/۰۶	۰/۶	۶۶/۷

جدول ۳- نتایج تجزیه برخی ویژگی‌های شیمیایی آب مورد استفاده

آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول (mg/L)							شوری (dS/m)	اسیدیته
سدیم	پتاسیم	کلسیم	منگنز	سولفات	کلر	بی‌کربنات		
۲/۵	۴/۵	۴/۵	۶/۳	-	۹	۴/۶	۰/۹	۶/۹

در این آزمایش، جهت آبیاری بوته‌ها از نوارهای تیپ با ضخامت ۲۰۰ میکرون، فاصلهٔ مجاری آبده ۳۰ سانتی‌متر و دبی ۴ لیتر در ساعت در هر متر از طول لوله، استفاده شد. این در حالی بود که برای هر ردیف کشت، دو لوله آبرسان با فاصله حدوداً ۱۵ سانتی‌متری نسبت به ردیف کشت اجرا گردید و در تیمارهای آبیاری کامل و کم‌آبیاری تنظیم شده، در هر نوبت آبیاری، دو طرف ردیف کشت آبیاری شد. اما در تیمارهای آبیاری ناقص ریشه، در هر نوبت آبیاری، به‌صورت متناوب، فقط یک طرف ردیف کشت، آبیاری شد. همچنین به‌منظور اطمینان از خشک بودن نیمی از ریشه به‌هنگام آبیاری نیمه دیگر، در تیمارهای روش آبیاری ناقص ریشه، در هر سه نوبت آبیاری نسبت به تعویض محل آبیاری از یک سمت ریشه به سمت دیگر اقدام شد.

با توجه به اینکه دور آبیاری برای تمامی تیمارها ثابت و هر سه روز یک مرتبه بود، لذا به‌منظور تعیین عمق آب آبیاری، قبل از هر نوبت آبیاری، با نمونه‌برداری از اعماق صفر تا ۱۰، ۱۰ تا ۲۰، ۲۰ تا ۳۰، ۳۰ تا ۵۰، ۵۰ تا ۷۰ و ۷۰ تا ۹۰ سانتی‌متری خاک، رطوبت موجود در تیمار شاهد (آبیاری کامل) اندازه‌گیری و میزان عمق آب آبیاری با استفاده از رابطه زیر به‌دست آمد (Gheysari et al., 2009).

$$D_I = \sum_{j=1}^{6}\left(\left(\theta_{FCj} - \theta_{BIj}\right) \times D_j\right) \quad (۱)$$

که در آن، D_I: عمق آب آبیاری (میلی‌متر)، Θ_{FCi}: درصد رطوبت وزنی ظرفیت زراعی در لایه iام، Θ_{BIj}: درصد رطوبت وزنی قبل از آبیاری در لایه iام و D_j: ضخامت هر لایه است. حجم آب آبیاری در هر نوبت آبیاری در تیمار آبیاری کامل در کل فصل رشد و در تیمارهای آبیاری ناقص ریشه و کم‌آبیاری تنظیم شده نیز تا ۴۰ روز بعد از عملیات کاشت (پس از استقرار گیاه)، با ضرب نمودن عمق آب آبیاری (رابطه ۱) در مساحت هر کرت، به‌دست آمد (Gheysari et al., 2009). همچنین، پس از استقرار گیاه و از زمان شروع اعمال تیمارها تا انتهای فصل کشت، تیمارهای RDI_{75} و PRD_{75}، ۷۵ درصد و تیمارهای RDI_{55} و PRD_{55}، ۵۵ درصد از حجم آب آبیاری محاسبه شده در تیمار آبیاری کامل را در طول دوره اعمال تیمار دریافت کردند.

در این مطالعه برای مقایسه تیمارها علاوه بر در نظر گرفتن عملکرد و بهره‌وری آب، شاخص‌های رشد گیاه از جمله ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. بر این اساس، برای اندازه‌گیری این شاخص‌ها در زمان برداشت، با حذف ردیف‌های کناری در هر تکرار، به‌منزله اثر حاشیه، نمونه‌برداری فقط از دو ردیف وسط انجام شد. جهت بررسی روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول فصل رشد، از زمان اعمال تیمار هر ۳۰ روز یک مرتبه، از هر تکرار هر تیمار سه بوته به‌صورت تصادفی انتخاب شد. سپس با اندازه‌گیری مساحت برگ‌های هر بوته با استفاده از دستگاه مساحت سنج و میانگین‌گیری از آن‌ها، با در دست داشتن سطح زمین اختصاص یافته به هر بوته (۷۵×۳۰ سانتی‌متر)، شاخص سطح برگ از رابطه زیر محاسبه شد (Karandish. 2016).

$$LAI=A_i/A_T \quad (۲)$$

در این رابطه، LAI: شاخص سطح برگ، A_i: مجموع مساحت برگ‌های هر بوته (سانتی‌مترمربع) و A_T: سطح زمین اختصاص یافته به هر بوته (سانتی‌متر مربع) است. همچنین برای تعیین بهره‌وری آب از رابطه (۳) استفاده شد. در نهایت داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن (در سطح احتمال یک درصد) انجام شد.

$$WP=Y_T/V_T \quad (۳)$$

در این رابطه، WP: بهره‌وری آب (کیلوگرم بر متر مکعب)، Y_T: عملکرد قابل ارائه به بازار (کیلوگرم در هکتار) و V_T: حجم آب آبیاری (متر مکعب) می‌باشد.

نتایج و بحث

در جدول ۴ میزان عمق آبیاری در تیمار آبیاری کامل، کم آبیاری تنظیم شده و آبیاری ناقص ریشه ارائه شده است.

میزان آب مصرفی

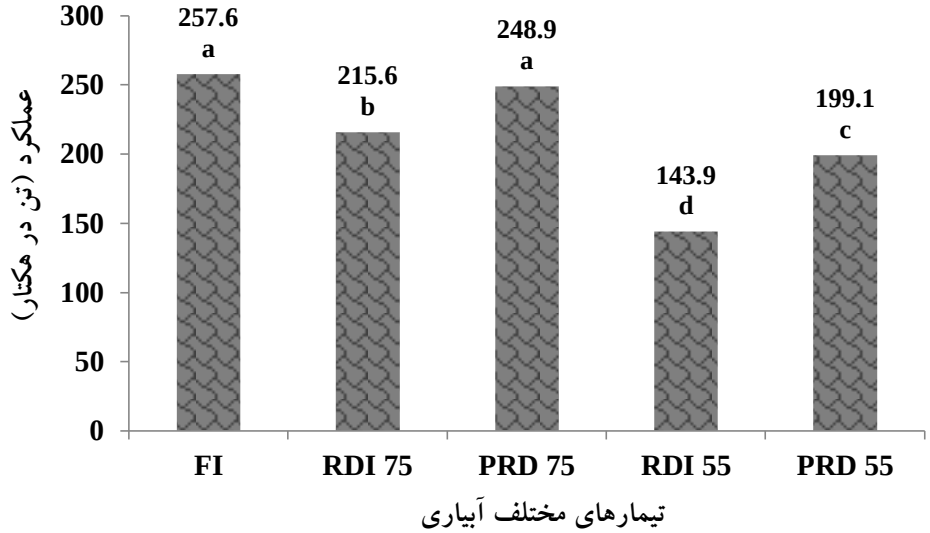
بررسی‌های صورت گرفته نشان داد که مدیریت آبیاری خیار گلخانه‌ای به‌دلیل تأثیر قابل ملاحظه‌ای که بر شاخص‌های رشد گیاه دارد، از اهمیت بالایی برخوردار است (آمر و همکاران، ۲۰۰۹). در این مطالعه، اعمال تیمارها از ۴۰ روز پس از کشت نشاء صورت گرفت. لذا هر تیمار تا زمان اطمینان از استقرار کامل بوته، ده مرتبه با مجموع ۶۰ میلی‌متر، آبیاری شد. همان‌طور که در جدول ۴ مشخص است، اعمال تیمارهای RDI_{75} و PRD_{75}، منتج به صرفه‌جویی ۲۵ درصدی در مصرف آب در طول دوره اعمال تیمار شد. این در حالی بود که اعمال تیمارهای یاد شده صرفه‌جویی ۱۵/۹ درصدی را در کل دوره رشد نسبت به تیمار کامل آبیاری در پی داشت. همچنین صرفه‌جویی در تیمارهای RDI_{55} و PRD_{55}، نسبت به تیمار آبیاری کامل در طول

دوره اعمال تیمار ۴۵ درصد و در کل دوره رشد گیاه ۳۱/۴ درصد بود. پژوهش‌های صورت گرفته نشان داد که اگرچه میزان آب داده شده در تیمارهای کم‌آبیاری تنظیم شده و آبیاری ناقص ریشه در سطوح مشابه، یکسان است، اما مقادیر متفاوت در جذب رطوبت خاک به‌وسیله ریشه در این دو روش، می‌تواند زمینه لازم برای ایجاد اختلاف بین مقادیر عملکرد و اجزای رشد گیاه در این تیمارها را فراهم آورد (Wang et al., 2012; Topak et al., 2016، سرائی تبریزی و همکاران، ۱۳۸۹). این در حالی است که به‌ازای عمق آب آبیاری ثابت (جدول ۴)، همان‌طور که در شکل ۱ مشخص است، میزان عملکرد محصول در تیمارهای آبیاری ناقص ریشه بیشتر از عملکرد به‌دست آمده در تیمارهای کم‌آبیاری تنظیم شده در سطوح آبیاری مشابه، بود. به‌طوری که میزان عملکرد محصول در سطوح ۷۵ و ۵۵ درصد جبران کمبود رطوبت خاک اعمال شده در آبیاری ناقص (PRD_{75} و PRD_{55}) نسبت به سطوح مشابه در کم‌آبیاری تنظیم شده (RDI_{75} و RDI_{55}) به‌ترتیب ۱۳/۴ و ۲۷/۷ درصد بیشتر بود.

جدول ٤- عمق آب آبیاری در تیمارهای آبیاری کامل (FI)، کم‌آبیاری تنظیم شده (RDI) و آبیاری ناقص ریشه (PRD)

تیمار	حجم آب مصرفی در کل فصل رشد (میلی‌متر)	میزان کاهش مصرف آب در مقایسه با آبیاری کامل (درصد)	حجم آب مصرفی در زمان اعمال تیمار (میلی‌متر)	میزان کاهش مصرف آب در مقایسه با آبیاری کامل (درصد)
FI	۵۲۴/۷	–	۴۶۴/۵	–
RDI_{75}	۴۴۱/۳	۱۵/۹	۳۴۸/۳	۲۵
RDI_{55}	۳۵۹/۹	۳۱/۴	۲۵۵/۴	۴۵
PRD_{75}	۴۴۱/۳	۱۵/۹	۳۴۸/۳	۲۵
PRD_{55}	۳۵۹/۹	۳۱/۴	۲۵۵/۴	۴۵

پژوهش‌های صورت گرفته نشان داد که بیشتر بودن شاخص سطح برگ در تیمارهای آبیاری ناقص ریشه و رابطه مستقیم بین میزان فتوسنتز و شاخص سطح برگ می‌تواند دلیل بیشتر بودن عملکرد محصول در تیمارهای آبیاری ناقص ریشه نسبت به کم‌آبیاری تنظیم شده در سطوح مشابه باشد که با نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر هم‌سو است (Sepaskhah and Ahmadi. 2010; Parviz et al., 2014; Sarker et al., 2016; Karandish et al., 2016)



شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد محصول تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری

حروف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد است.

شاخص‌های رشد گیاه

با توجه به اینکه در این مطالعه برداشت محصول در پنج چین و با فاصله زمانی یک هفته صورت گرفت، لذا در هر چین وزن میوه هر تیمار بصورت جداگانه اندازه‌گیری شد و مورد بررسی قرار گرفت. در این راستا جدول ۵ نشان دهنده مقایسه میانگین وزن میوه تحت تأثیر تیمارهای آبیاری که توسط آزمون دانکن به‌دست آمده است، می‌باشد.

با توجه به این جدول می‌توان گفت که سطح ۷۵ درصد جبران کمبود رطوبت خاک اعمال شده در آبیاری ناقص ریشه (PRD_{75}) با وجود ۲۵ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب نسبت به تیمار آبیاری کامل (FI)، از لحاظ صفت وزن میوه اختلاف ناچیزی (در حدود ۵ درصد در هر چین) داشت و از لحاظ آماری نیز در یک گروه قرار گرفتند. این در حالی است که سطح ۷۵ درصد جبران کمبود رطوبت خاک اعمال شده در کم‌آبیاری تنظیم شده (RDI_{75}) بجز در چین اول، در سایر چین‌ها اختلافی بیش از ۱۵ درصد نسبت به تیمار آبیاری کامل (FI) داشت. همچنین همان‌طور که از مقایسه میانگین وزن میوه مشاهده می‌شود (جدول ۵)، سطح ۵۵ درصد جبران کمبود رطوبت خاک اعمال شده در آبیاری ناقص ریشه (PRD_{55}) با وجود ۲۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب نسبت به سطح ۷۵ درصد جبران کمبود رطوبت خاک اعمال شده در کم‌آبیاری تنظیم شده (RDI_{75})، اختلاف ناچیزی (در حدود ۷ درصد در هر چین) داشت. مطالعات صورت گرفته نشان داد که کاهش فتوسنتز و حجم سلول‌ها در شرایط اعمال کم‌آبیاری، می‌تواند اصلی‌ترین عامل کاهش وزن میوه باشد. به‌صورتی که کمبود آب، موجب کاهش فعالیت بیوشیمیایی فتوسنتز بوته شده و با در اختیار دادن مقدار کمی کربوهیدرات به میوه، حتی در تنش‌های شدید می‌تواند رشد میوه را متوقف نماید (Sarker et al., 2016 and Son et al., 2014). اما در شرایط اعمال آبیاری ناقص ریشه، با افزایش حجم ریشه، تماس ریشه با خاک افزایش یافته، و لذا توانایی ریشه در جذب مواد غذایی از خاک نسبت به کم‌آبیاری تنظیم شده افزایش می‌یابد که در نهایت باعث عملکرد بهتر تیمار آبیاری ناقص ریشه می‌شود (Lima et al., 2015; Parviz et al., 2014).

جدول ۵- مقایسه میانگین وزن میوه (گرم) تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری

تیمار	چین اول	چین دوم	چین سوم	چین چهارم	چین پنجم
FI	۹۵/۵ ^{a}	۱۴۰/۱ ^{a}	۱۵۲/۴ ^{a}	۱۶۲/۹ ^{a}	۱۶۲/۴ ^{a}
PRD_{75}	۹۱/۸ ^{a}	۱۳۲/۸ ^{ab}	۱۴۳/۳ ^{a}	۱۵۵/۴ ^{a}	۱۵۳/۸ ^{a}
RDI_{75}	۷۷/۳ ^{b}	۱۱۷/۹ ^{ab}	۱۳۰/۳ ^{b}	۱۳۹/۱ ^{b}	۱۳۲/۸ ^{b}
PRD_{55}	۷۱/۶ ^{b}	۱۰۹/۶ ^{b}	۱۲۱/۸ ^{c}	۱۲۷/۱ ^{c}	۱۲۳/۳ ^{c}
RDI_{55}	۶۱/۸ ^{c}	۷۹/۴ ^{c}	۸۰/۴ ^{d}	۹۰/۶ ^{d}	۸۸/۵ ^{d}

حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال ۵ درصد است.

در این بررسی، شاخص سطح برگ در پنج مرحله، از زمان اعمال تیمار هر ۳۰ روز یک مرتبه اندازه‌گیری شد. همان‌طور که در جدول ۶ مشخص است، در دو مرحله اول به‌رغم وجود روند صعودی در شاخص سطح برگ، از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت. این در حالی بود که در سه مرحله بعد بین تیمارها از لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار بود. پژوهش‌های صورت گرفته نشان داده که رشد برگ جزء اولین فرآیندهایی است که به کمبود آب واکنش نشان می‌دهد و تنش رطوبتی در طول دوره رشد گیاه، منجر به کوچک شدن برگ‌ها و ریزش آن‌ها می‌شود (Pakter et al., 2005). همچنین، از آنجا که رشد سطح برگ گیاه به‌طور مستقیم با فتوسنتز مرتبط است، بنابراین هر عاملی که سبب کاهش تولید ماده فتوسنتزی شود، در افزایش سطح برگ محدودیت ایجاد می‌کند (Ram et al., 2006) در این مطالعه نیز با ایجاد تفاوت در حجم آب آبیاری (تأمین ۱۰۰، ۷۵ و ۵۵ درصد کمبود رطوبت خاک)، شاخص سطح برگ متغیر بود. به‌طوری که بیشترین و کم‌ترین شاخص سطح برگ در مراحل مختلف به‌ترتیب در شرایط تأمین کامل کمبود رطوبت خاک (FI) و کم‌آبیاری تنظیم شده در سطح ۵۵ درصد (RDI_{55}) ایجاد شد. با توجه به این‌که در تنش آبی به‌دلیل کاهش میزان آب گیاه، باعث ایجاد سلول‌ها چروکیده و سست شدن دیواره سلولی شده و از آنجا که تا زمانی سلول به اندازه کافی رشد نکند، فرآیند تقسیم انجام نخواهد شد، لذا تأثیر کمبود آب بر رشد سلول بیشتر است که در نهایت ممانعت از رشد سلول، منجر به کاهش سطح برگ می‌شود (Tiaz and Ziger. 1991). در مطالعات متعددی بر محصولات مختلفی نشان داده شده که یکی از مهم‌ترین اثرات تنش آبی، کاهش سطح فتوسنتز کننده گیاه است (Colak et al., 2017; Karandish. 2016) که با نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر هم‌خوانی دارند.

همان‌طور که در جدول ۶ مشخص است سیر نزولی شاخص سطح برگ در تیمارهای کم‌آبیاری تنظیم شده با سرعت بیشتری نسبت به تیمارهای آبیاری ناقص ریشه و آبیاری کامل، انجام شد. پژوهشگران نشان داده‌اند که پیری زودرس برگ‌ها به‌دلیل کمبودهای ناشی از کم‌آبیاری، باعث تسریع در ایجاد سیر نزولی شاخص سطح برگ تیمارهای تحت کم‌آبیاری تنظیم شده، می‌شود (Sarker et al., 2016; Romero et al., 2015). همچنین، مقایسه میانگین شاخص سطح برگ (جدول ۶) نشان داد که روند تغییرات شاخص سطح برگ در سطح ۷۵ درصد اعمال شده در آبیاری ناقص ریشه (PRD_{75}) با تیمار آبیاری کامل (FI) مشابه بود و با اختلافی کمی از آن نسبت به سایر تیمارها تغییر کرد. نتایج به‌دست آمده از سایر پژوهش‌ها نشان داده که کاهش میزان بازشدگی روزنه‌ها و جلوگیری از هدر رفت آب جذب شده، می‌تواند زمینه لازم را برای شادابی و فتوسنتز و در نتیجه عدم تغییر معنی‌دار سطح برگ در تیمار آبیاری ناقص ریشه نسبت به

آبیاری کامل را فراهم آورد (Consoli et al., 2017 and Karandish. 2016). کاهش سطح برگ در تیمارهای آبیاری ناقص ریشه نسبت به آبیاری کامل، یک عکس‌العمل فیزیولوژیک مهم در شرایط تنش رطوبتی در بخش خشک ریشه است که به دلیل تولید آبسزیک اسید در ریشه و انتقال آن به اندام هوایی به‌وجود آمده است. در مقابله با اثرات منفی کاهش سطح برگ، گیاه روزنه‌های خود را به‌طور نسبی بسته و زمینه لازم برای حفظ فتوسنتز و در نتیجه کاهش معنی‌دار عملکرد را فرآهم می‌آورد (Davis et al., 2000).

جدول ٦- مقایسه میانگین شاخص سطح برگ تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری

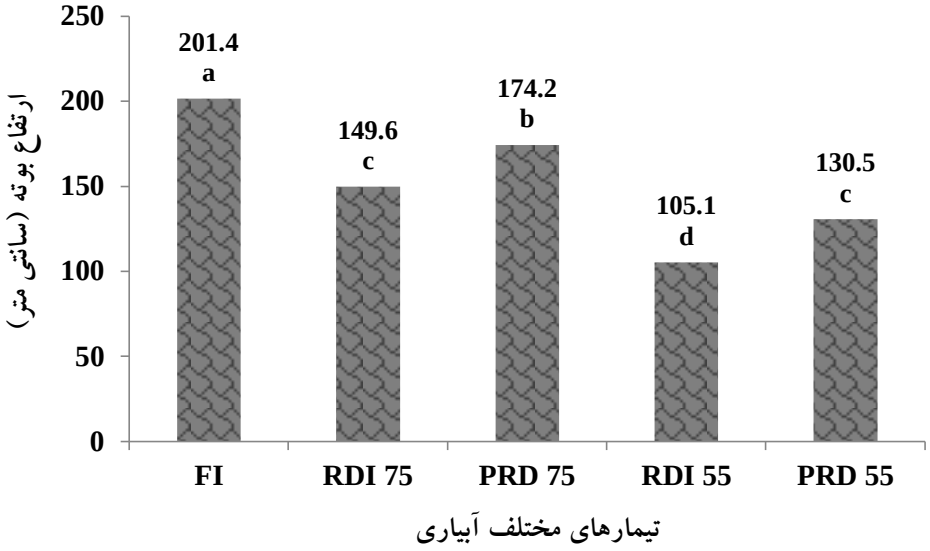
تیمار	مرحله اول	مرحله دوم	مرحله سوم	مرحله چهارم	مرحله پنجم
FI	۲/۳۲ a	۴/۴۵ a	۶/۰۷ a	۴/۵۲ a	۳/۱۸ a
PRD_{75}	۲/۳۳ a	۴/۳۲ a	۵/۹۳ a	۴/۴۹ a	۳/۰۵ a
RDI_{75}	۲/۳۲ a	۴/۱۹ a	۵/۴۶ b	۴/۰۹ b	۲/۷۵ b
PRD_{55}	۲/۳۲ a	۴/۱۱ a	۵/۵۹ b	۴/۲۷ b	۲/۷۶ b
RDI_{55}	۲/۳۳ a	۴/۰۲ a	۵/۰۵ c	۳/۸۴ c	۲/۰۵ c

حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتما ۵ درصد است

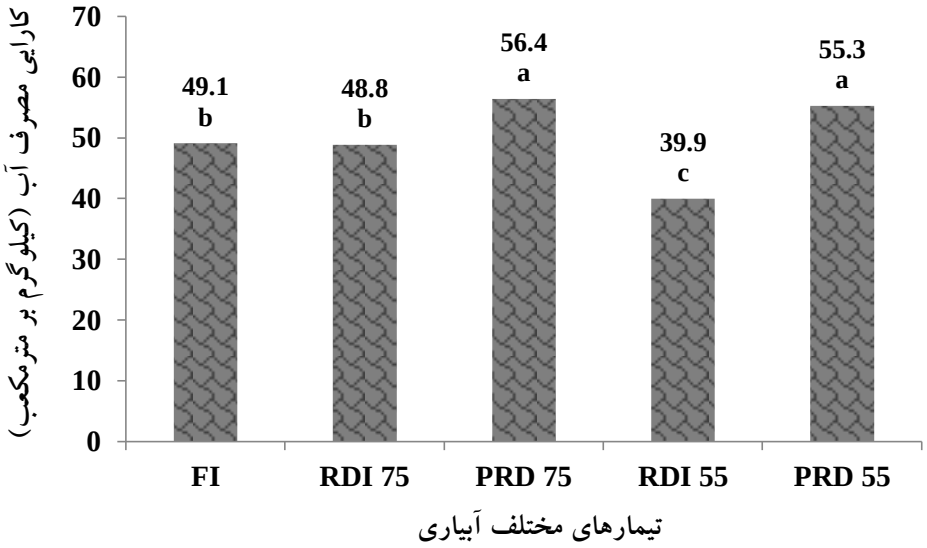
مقایسه میانگین ارتفاع بوته نشان داد (شکل ۲) که تأمین کامل نیاز آبی گیاه، باعث ایجاد بیشترین ارتفاع بوته (۲۰۱/۴ سانتی‌متر) در انتهای فصل رشد شد. اعمال سطح ۷۵ درصد جبران کمبود رطوبت خاک در آبیاری ناقص ریشه (PRD_{75})، باعث ایجاد اختلاف ۱۳/۵ درصدی در صفت ارتفاع بوته نسبت به تیمار آبیاری کامل (FI) شد. این در حالی است که سطح ۷۵ درصد جبران کمبود رطوبت خاک اعمال شده در کم‌آبیاری تنظیم شده (RDI_{75}) در این صفت اختلاف ۲۵/۷ درصدی نسبت به تیمار آبیاری کامل (FI) داشت. همچنین، سطح ۵۵ درصد جبران کمبود رطوبت خاک اعمال شده در آبیاری ناقص ریشه (PRD_{55}) با وجود ۲۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب و به‌رغم اختلاف ۱۲/۷ درصدی در صفت ارتفاع بوته نسبت به سطح ۷۵ درصد جبران کمبود رطوبت خاک اعمال شده در کم‌آبیاری تنظیم شده (RDI_{75})، از لحاظ آماری در جایگاه یکسانی قرار داشت که نشان از برتری مطلق اعمال آبیاری ناقص ریشه نسبت به کم‌آبیاری تنظیم شده است. مطالعات صورت گرفته نشان داد که شرایط محیطی از جمله تنش خشکی، به میزان زیادی ارتفاع بوته خیار گلخانه‌ای را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Dueh et al., 2013 and Amer et al., 2009). به‌طوری که طی بروز تنش خشکی، کاهش پتانسیل آب بافت‌های مریستمی موجب نقصان پتانسیل فشاری به حدی کمتر از میزان لازم برای بزرگ شدن سلول‌ها می‌شود (Marjanovic et al., 2015 and Yazar et al., 2009). این در حالی است که هر گونه کمبود رطوبت خاک موجب تقلیل بیشتر آماس سلولی، کاهش تقسیم و کاهش توسعه سلولی به خصوص در ساقه و برگ می‌شود (Servali et al., 2001). اما در شرایط اعمال آبیاری ناقص ریشه، با افزایش حجم ریشه، تماس ریشه با خاک افزایش یافته، لذا توانایی ریشه در جذب مواد غذایی از خاک نسبت به کم‌آبیاری تنظیم شده افزایش می‌یابد که در نهایت باعث عملکرد بهتر تیمار آبیاری ناقص ریشه می‌شود (Lima et al., 2015; Parviz et al., 2014; Son et al., 2014).

تحلیل بهره‌وری آب

مقایسه میانگین بهره‌وری آب تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری (شکل ۳) نشان داد که تیمار آبیاری کامل با بهره‌وری آب ۴۹/۱ کیلوگرم بر متر مکعب و با اختلاف ۱۲/۹ درصدی و به‌رغم مصرف ۲۵ درصد آب بیشتر نسبت به سطح ۷۵ درصد جبران کمبود رطوبت خاک اعمال شده در آبیاری ناقص ریشه (PRD_{75}) از لحاظ آماری در جایگاه b قرار گرفت. این در حالی است که بیشترین و کم‌ترین میزان بهره‌وری آب به‌ترتیب متعلق به سطوح ۷۵ درصد جبران کمبود رطوبت خاک اعمال شده در آبیاری ناقص ریشه (PRD_{75}) و ۵۵ درصد جبران کمبود رطوبت خاک اعمال شده در کم‌آبیاری تنظیم شده (RDI_{55}) به‌ترتیب با بهره‌وری ۵۶/۴ و ۳۹/۹ کیلوگرم بر متر مکعب بود. همچنین سطح ۵۵ درصد جبران کمبود رطوبت خاک اعمال شده در آبیاری ناقص ریشه (PRD_{55}) با وجود صرفه‌جویی ۸۱۴ متر مکعب آب در هکتار نسبت به سطوح ۷۵ درصد جبران کمبود رطوبت خاک اعمال شده در کم‌آبیاری تنظیم شده (RDI_{75})، رشد ۱۱/۷ درصدی در این صفت را نسبت به سطح مذکور دارد که نشان از برتری مطلق آبیاری ناقص ریشه نسبت به کم‌آبیاری تنظیم شده در صفت بهره‌وری آب است. مطالعات صورت گرفته نشان داد که در روش آبیاری ناقص ریشه، درک کم‌آبی توسط سمت خشک ریشه، سبب تولید اسید آبسزیک در گیاه و بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تنفس گیاه می‌گردد. از سوی دیگر، جذب آب توسط سمت مرطوب ریشه سبب حفظ آب گیاه در سطح مطلوب و ادامه رشد آن می‌شود که این امر بهبود بهره‌وری آب در تیمارهای تحت اعمال آبیاری ناقص ریشه را در پی دارد (Consoli et al., 2017; dueh et al., 2017; Lima et al., 2015 and Marjanovic et al., 2015)



شکل ۲- مقایسه میانگین صفت ارتفاع بوته تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری



شکل ۳- مقایسه میانگین بهره‌وری آب تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری

نتیجه‌گیری

مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین حجم آب مصرفی در شرایط تأمین کامل نیاز آبی گیاه ایجاد شد. این در حالی بود که اعمال سطوح ۷۵ و ۵۵ درصد نیاز آبی در هر دو سیستم کم-آبیاری به‌ترتیب صرفه‌جویی ۱۵/۹ و ۳۱/۴ درصدی را در طول فصل رشد گیاه در پی داشت. همچنین، بیشترین عملکرد خیار گلخانه‌ای زمانی حاصل شد که گیاه آب مورد نیاز خود را به‌طور کامل دریافت کرد. اعمال سطح ۷۵ درصد جبران کمبود رطوبت خاک در آبیاری ناقص ریشه به‌رغم کاهش ۳/۴ درصد عملکرد محصول، از لحاظ آماری این سطح را با تأمین کامل نیاز آبی گیاه، در یک گروه قرار داد. این در حالی بود که بهره‌وری آب این تیمار از افزایش بیش از ۱۲۴/۱۹ درصدی نسبت به تیمار آبیاری کامل، برخوردار بود. همچنین، از آنجا که شاخص سطح برگ به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مولفه‌های فیزیولوژیک گیاه محسوب می‌شود، لذا با وجود صرفه‌جویی ۲۵ درصدی در مصرف آب در دوره اعمال تیمار سطح ۷۵ درصد جبران کمبود رطوبت خاک اعمال شده در آبیاری ناقص ریشه نسبت به تیمار آبیاری کامل، مقایسه میانگین شاخص سطح برگ نشان از

عدم تفاوت معنی‌دار این تیمار با تیمار آبیاری کامل داشت. این در حالی بود که علی‌رغم مصرف یکسان آب سطح ۷۵ درصد جبران کمبود رطوبت خاک در سیستم آبیاری ناقص ریشه و کم‌آبیاری تنظیم شده، صفات بهره‌وری آب، ارتفاع بوته و عملکرد از افزایش به‌ترتیب ۱۳/۵، ۱۴/۱ و ۱۳/۴ درصدی در آبیاری ناقص ریشه برخوردار بودند. لذا با در نظر گرفتن مسائل مربوط به کمبود آب، می‌توان سطح ۷۵ درصد جبران کمبود رطوبت خاک اعمال شده در آبیاری ناقص ریشه را به‌عنوان تیمار برتر و راهکار مناسب برای مقابله با بحران آب، جهت حرکت به سمت یک سیستم کشاورزی پایدار توصیه نمود.

منابع

اسدی، ر. و کاراندیش، ف. ۱۳۹۵. تأثیر مدیریت آبیاری و آرایش لوله آبده آبیاری قطره‌ای بر عملکرد، بهره‌وری آب و سود خالص در کشت خیار گلخانه‌ای. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. ۴۷ (۱): ۱۳-۲۴.

افراسیاب، پ.، دلبری، م. و اسدی، ر. ۱۳۹۴. برنامه‌ریزی آبیاری خیار گلخانه‌ای با استفاده از پتانسیل آب در خاک. مجله پژوهش آب در کشاورزی، ۲۹ (۴): ۵۰۷-۴۹۷.

خالقی، م.، حسن‌پور، ف.، شاهنظری، ع. و کاراندیش، ف. ۱۳۹۵. تأثیر مدیریت آبیاری ناقص ریشه با کاربرد آب تلفیقی دریا بر بهره‌وری آب و عملکرد گیاه آفتابگردان. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۷ (۳): ۶۱۳-۶۲۳.

ذونعمت، م. و اسدی، ر. ۱۳۹۳. تأثیر پتانسیل ماتریک خاک و الگوی کارگزاری لوله آبده بر عملکرد و کارایی مصرف آب خیار گلخانه‌ای. مجله مدیریت آب و آبیاری. ۴: ۲۰۴-۲۱۶.

سرایی تبریزی م.، بابازاده ح.، پارسی نژاد م.، مدرس ثانوی ع. ۱۳۸۹، بهبود کارایی مصرف آب سویا با استفاده از آبیاری بخشی منطقه ریشه (Partial Root Drying) ، نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، ۲(۵۲): ۱-۱۴

شاهنظری، ع. و رضائیان، م. ۱۳۹۴. تأثیر کم‌آبیاری تنظیم شده و کم‌آبیاری ناقص ریشه بر خصوصیات کمی و کیفی توت‌فرنگی. نشریه آب و خاک، ۲۹ (۴): ۸۲۰-۸۲۷.

قدمی فیروزآبادی، ع.، رائینی، م.، شاه‌نظری، ع. و زارع‌ابیانه، ح. ۱۳۹۴. تأثیر کم‌آبیاری تنظیم شده و کم‌آبیاری ناقص ریشه بر عملکرد، فلورسانس کلروفیل و پارامترهای رشد آفتابگردان. محله پژوهش آب در کشاورزی، ۲۹ (۲): ۱۵۷-۱۶۷.

کریمی، ن.، ح.، ناظمی، ع.، اشرف صدرالدینی، د.، فرسادی‌زاده، ع.، حسین‌زاده دلیر و ف. دهقانی. ۱۳۸۶. نیاز آبی خیار گلخانه‌ای در شرایط اقلیمی یزد. مجله پژوهش آب، خاک و گیاه در کشاورزی. ۴: ۱۵۱-۱۶۰.

مهرابی، ح. ۱۳۸۷. بررسی اقتصادی تولید محصولات گلخانه‌ای در استان کرمان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۴۸: ۳۷۳-۳۸۵.

میری، ف.، شاهنظری، ع.، ضیاتباراحمدی، م. و زبردست رستمی، ح. ۱۳۹۳. اثر کم آبیاری تنظیم شده و آبیاری ناقص ریشه بر عملکرد کمی و کیفی میوه پرتقال.. نشریه علوم باغبانی، ۲۸ (۱): ۸۰-۸۶.

Amer, K., Midan, S., and Hatfield, J. 2009. Effect of deficit irrigation and fertilization on cucumber. Agronomy Journal 101(8): 1556-1564.

Colak, 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. Scientia Horticulture 219: 10-21.

Consoli, S., Stango, F., Vanella, D., Boaga, J., Cassiani, G. and Roccuzzo, G. 2017. Partial root-zone drying irrigation in orange orchards: Effects on water use and crop production characteristics. European Journal of Agronomy. 82: 190-202.

Consoli, S., Stango, F., Vanella, D., Boaga, J., Cassiani, G. and Roccuzzo, G. 2017. Partial root-zone drying irrigation in orange orchards: Effects on water use and crop production characteristics. European Journal of Agronomy 82: 190-202.

Davies, W.J., Bacon, M.A., Thompson, D.S., Sobeih, W., and Rodriguez, L.G. 2000. Regulation of leaf and fruit growth in plants growing in drying soil: Exploitation of the plant's chemical signaling system and hydraulic architecture to increase the efficiency of water use in agriculture. Experimental Botany 51:1617-1626.

Douh, B., Mguidiche, A., Bhouri-Khila, S., Mansour, M., Harrabi, R. and Boujlben, A. 2013.Yield and water use efficiency of cucumber (*Cucumis sativus* L.) conducted under subsurface drip irrigation system in a Mediterranean climate. Journal of Environmental Science. Toxicology and Food Technology 2(4): 46–51.

Dry, P.R., and Loveys, B.R. 1998. Factors influencing grapevine vigor and the potential for control with partial root zone drying. Australian Journal of Grape and Wine Research 4: 140-148.

Du, S., Kang, S., Li, F., and Du, T. 2017. Water use efficiency is improved by alternate partial root-zone irrigation of apple in arid northwest China. Agricultural Water Management 179: 184-192.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2002. Crops and drops: making the best use of water for agriculture. p. 28. Rome. Italy:

Sarai-Tabrizi, M., Parsinejad, M. and Babazadeh, H. 2011. Efficacy of partial root drying technique for optimizing soybean crop production in semi-arid regions. Irrigation and Drainage 61(1). 80-88

Sarker, KK., Akanda, MA., Biswas, S.H., Roy, D.K., Khatun, A., and Goftar, M.A. 2016. Field performance of alternate wetting and drying furrow irrigation on tomato crop growth, yield, water use efficiency, quality and profitability. Integrative Agriculture 15(10): 2380–2392.

Sepaskhah, A.R., and Ahmadi, SH. 2010. A review on partial root-zone drying irrigation. Plant Production 4(4): 241-258.

Shahnazari, A., Liu, F., Andersen, MN., Jacobsen, SE., and Jensen, CR. 2007. Effects of partial root-zone drying on yield, tuber size and water use efficiency in potato under field conditions. Field Crops Research 100: 117-124.

Shahrokhnia, M.H. and Sepaskhah, A.L. 2017. Physiologic and agronomic traits in safflower under various irrigation strategies, planting methods and nitrogen fertilization. Industrial Crops and Products 95: 126-139.

Shao, G.C., Zhang, Z.Y., Liu, N., Yu, S.E. and Xing, W.G. 2008. Comparative effects of deficit irrigation (DI) and partial rootzone drying (PRD) on soil water distribution, water use, growth and yield in greenhouse grown hot pepper. Scientia Horticulture 119: 11-16.

Sreevalli, Y. Baskaran, K., Chandrashekara, R. and Kuikkarni, R. 2001. Preliminary observations on the effect of irrigation frequency and genotypes on yield and alkaloid concentration in periwinkle. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Science 22: 356-358.

Sun, Y., Holm, PE. and Liu, F. 2014. Alternate partial root-zone drying irrigation improves fruit quality in tomatoes. Horticultural Science 41(4): 185–191.

Suojala, T. and Salo, T. 2005. Growth and yield of pickling cucumber in different soil moisture circumstances. Scientia Horticulture 107. 11-16.

Taiz, L. and Ziger E. 1991. Plant Physiology. Benjamin Publication. p. 346-356.

Topak, R., Acar, B., Uyanoz, R. and Ceyhan, E. 2016. Performance of partial root-zone drip irrigation for sugar beet production in a semi-arid area. Agricultural Water Management. 176: 180-190.

Topak, R., Acar, B., Uyanoz, R. and Ceyhan, E. 2016. Performance of partial root-zone drip irrigation for sugar beet production in a semi-arid area. Agricultural Water Management 176: 180-190.

Wang, Z., Liu, F., Kang, SH. and Jensen, CR. 2012 Alternate partial root zone drying irrigation improves nitrogen nutrition in maize (*Zea mays*) leaves. Environmental Experimental Botany 75: 36-

FAO. Information brochure.

Gheysari, M., Mirlatif, S.M., Homaee, M. Asadi, M.E. Hoogenboom, G. 2009. Nitrate leaching in a silage maize field under different irrigation and nitrogen fertilizer rates. Agricultural Water Management 96 (6): 946-954.

Ghrab, M., Gargouri, K., Bentaher, H., Chartzoulakisc, K., Ayadia, M., Mimound, M.B., Masmoudid, M.M., Mechliad, N.B. and Psarrasc, G. 2013. Water relations and yield of olive tree (cv. Chemlali) in response to partial root-zone drying (PRD) irrigation technique and salinity under arid climate. Agricultural Water Management. 123: 1– 11.

Karandish, F. 2016. Improved soil-plant water dynamics and economic water use efficiency in a maize field under locally water stress. Agronomy and Soil Science 62(9): 1311-1323.

Lima, R.S.N. Assis Figueiredoa FAMM. Martinsa AO. Deusa BCS. Ferraza TM. Assis Gomesa MM. Sousab EF. Glennc DM. Campostrini E. 2015. Partial rootzone drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) effects on stomatal conductance. Growth, photosynthetic capacity and water-use efficiency of papaya. Scientia Horticulture 183: 13–22.

Mao, X., Liu, M., Wang, X., Liu, C., Hou, Z. and Shi, J. 2003. Effects of deficit irrigation on yield and water use of greenhouse grown cucumber in the North China Plain. Agricultural Water Management 61: 219-228.

Marjanović. M. Jovanović. Z. Stikić. R. Radović. B. 2015. The Effect of partial root-zone drying on tomato fruit growth. Procedia Environmental Sciences 29: 87-98.

Pagter, M., Bragato, C. and Brix, H. 2005. Tolerance and physiological responses of (*Phragmites Australis*) to water deficit. Aquatic Botany Journal 81: 285-299.

Parvizi, H., Sepaskhah, A.R. and Ahmadi, S.H. 2014. Effect of drip irrigation and fertilizer regimes on fruit yields and water productivity of a pomegranate (*Punica granatum* (L.) *cv. Rabab*) orchard. Agricultural Water Management 146. 45–56.

Ram, D., Ram, M. and Singh, R. 2006. Optimization of water and nitrogen application to menthol mint (*Mentha arvensis* L.) through sugarcane trash mulch in a sandy loam soil of semi-arid subtropical climate. Bioresource Technology 97: 886- 893.

Romero, P., Gil Munoza, R., Fernández-Fernández, I., Del Amorb, F., Martínez-Cutillasa, A. and García-García, J. 2015. Improvement of yield and grape and wine composition in field-grown monastrell grapevines by partial root zone irrigation, in comparison with regulated deficit irrigation. Agricultural Water Management 149: 55–73.

Agriculture and Environment 7: 981- 988.

Yazar, A., Gökçel, F. and Sezen, M. 2009. Corn yield response to partial root zone drying and deficit irrigation strategies applied with drip system. Plant Soil Environment 55: 494-503.

40.

Xu, H., Qin, F., Wang, F., Xu, Q., Wang, R., Shah, S., Zhao, A. and Li, F. 2009. Applications of xerophytophysiology in plant production-Partial root drying improves tomato crops. Journal of Food.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 14, Agu.-Sept. 2020, p. 817-828

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۳، جلد ۱۴، مرداد - شهریور ۱۳۹۹، ص. ۸۲۸-۸۱۷

Evaluation of Yield and Yield Components of Greenhouse Cucumber under Different Levels and Methods of Irrigation

A. Hajipour[1], H. Babazadeh[2]*, N. Yazdanpanah[3], E. Pazira[4]
Recived: Feb.20, 2020 Accepted: Apr.18, 2020

Abstract

Restrictions on water resources in agriculture highlight the need for effective and efficient irrigation methods. On the other hand, deficit irrigation as a limiting factor to affects plant growth. In order to study the effects of regulated deficit irrigation and partial root zone drying on yield and yield components of greenhouse cucumber, an experiment was conducted in Jiroft. The experiment treatments were arranged as randomized complete block design with three replications. The irrigation regimes consisted of full irrigation, regulated deficit and partial root zone drying irrigation (RDI_{75}. RDI_{55}). The results showed that deficit irrigation resulted in water saving at the rates of 15.9-31.4 percent. The highest yield (257.6 ton/ha) was produced by full irrigation. There was no significant difference between yield of full irrigation treatment and 75 percent water replacement in partial root zone drying. The highest water use efficiency was 56.4 kg/m^3 was obtained in 75 percent water replacement in partial root zone drying. Also, despite the same water consumption of 75 percent water replacement in partial root zone drying and regulated deficit. Yield was decrease 13.4 percent. Therefore. it can be concluded that 75 percent water replacement in partial root zone drying, which resulted in a non-significant decrease of yield and while resulting in a 25 percent decrease in water use and increased 12.9 percent of water use efficiency, which can be considered as a superior treatment and a suitable strategy to cope with the water crisis and increasing irrigation efficiency in greenhouse cucumber cultivation in Jiroft area, to move towards a sustainable agricultural system.

Keywords: Drought Stress, Jiroft, Leaf Area Index, Regulated Deficit Irrigation, Water Productivity

1- Ph.D. Candidate, Department of Agricultural Engineering System, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Associate Professor, Department of Agricultural Engineering System, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3- Associate Professor, Department of Water Engineering, Kerman Branch, Islamic Azad University, Kerman, Iran
4- Professor, Department of Soil Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran
(*- Corresponding Author Email: h_babazadeh@hotmail.com)