



مدیریت آب و آبیاری

دوره ۴ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۳

صفحه‌های ۲۱۴-۲۰۳

تأثیر پتانسیل ماتریک خاک و الگوی کارگذاری لوله آبدۀ بر عملکرد و کارایی مصرف آب خیار گلخانه‌ای

محمد ذونعمت کرمانی^۱ و رسول اسدی^{۲*}

۱. استادیار بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
۲. مدرس گروه کشاورزی دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۶/۱۵

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۴/۱۴

چکیده

به منظور ارزیابی تأثیر پتانسیل ماتریک خاک و الگوی کارگذاری لوله آبدۀ بر عملکرد و کارایی مصرف آب خیار گلخانه‌ای، آزمایشی در قالب طرح کرت‌های نواری دوبار خردشده (استریپ اسپلیت پلات) با سه تکرار در منطقه جیرفت استان کرمان طی دو سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ اجرا شد. در این آزمایش، چهار آستانه پتانسیل ($I_1=45$ ، $I_2=55$ ، $I_3=65$ و $I_4=75$ سانتی‌بار برای شروع آبیاری) به عنوان عامل اصلی، و چهار الگوی کارگذاری لوله آبدۀ، شامل دو سیستم آبیاری قطره‌ای (سطحی S_1 و زیرسطحی S_2) و دو آرایش لوله آبدۀ (برای هر ردیف کاشت روی پشته (معمولی L_1) و یک‌درمیان بین دو ردیف کاشت L_2) به عنوان عوامل فرعی مقایسه شدند. نتایج نشان داد شاخص‌های عملکرد، سطح برگ، ارتفاع بوته، طول و قطر میوه در آستانه پتانسیل ۵۵ سانتی‌بار در مقایسه با نقطه پتانسیلی ۴۵ سانتی‌بار، به ترتیب ۱/۲، ۱/۹، ۰/۳۵، ۰/۷۳ و ۱/۲ درصد کاهش داشت و با وجود این، صرفه‌جویی ۷۰۰ متر مکعب آب در هکتار و افزایش ۱۰/۶ درصدی کارایی مصرف آب حاصل شد. از طرف دیگر صفات عملکرد و کارایی مصرف آب در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به ترتیب ۶ و ۶/۱۳ درصد نسبت به سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و همچنین در آرایش لوله آبدۀ به صورت معمولی (L_1) به ترتیب ۷/۵ و ۷/۷ درصد نسبت به آرایش لوله آبدۀ به صورت یک‌درمیان (L_2) بیشتر بود.

کلیدواژه‌ها: اجزای عملکرد، آرایش لوله آبدۀ، آستانه پتانسیل، جیرفت، سیستم آبیاری.

۱. مقدمه

از طرف دیگر، بهره‌برداری از سیستم‌های آبیاری تحت فشار در زمینه مدیریت آبیاری با نارسایی‌هایی روبه‌رو است که یکی از دلایل آن نداشتن دانش و اطلاعات کافی بهره‌برداران از مقدار دقیق آب مورد نیاز گیاه است. تنظیم برنامه آبیاری فرایندی است که در آن زمان مناسب آبیاری و مقدار آب مورد نیاز گیاه مشخص می‌شود. آبیاری کمتر یا بیشتر از حد معمول و در زمان نامناسب، سبب کاهش عملکرد می‌شود (۴). از این‌رو تنظیم برنامه آبیاری را می‌توان از طریق کنترل وضعیت آب موجود در خاک توسط تانسومتر انجام داد.

با توجه به اینکه خیار به وضعیت نامساعد، به‌ویژه تنش آبی حساسیت زیاد دارد، تعیین و تأمین نیاز آبی این گیاه بسیار ضروری است (۵). در این خصوص سوچالا و سالو به‌منظور تعیین نقطه بهینه برای شروع آبیاری در خیار گلخانه‌ای با استفاده از تانسومتر آزمایشی را انجام دادند. آنها دریافتند که آستانه بهینه برای شروع آبیاری در خیار گلخانه‌ای بین ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌بار است (۱۲). همچنین فرارمزپور و همکاران به بررسی رشد، عملکرد و کارایی مصرف آب در خیار گلخانه‌ای در وضعیت‌های مختلف رطوبت خاک با استفاده از تانسومتر پرداختند (۳). در این آزمایش سه آستانه پتانسیل ۲۵، ۴۵ و ۶۵ سانتی‌بار برای شروع آبیاری ارزیابی شد. از نتایج این تحقیق می‌توان به این مورد اشاره کرد که در بین سه آستانه بررسی شده برای شروع آبیاری، نقطه پتانسیلی ۴۵ سانتی‌بار نسبت به دو نقطه دیگر، عملکرد و کارایی مصرف آب بیشتری داشت.

از آنجا که بیشترین تلفات آب آبیاری، در داخل مزرعه است (۹)، عدم تعیین آستانه پتانسیل شروع آبیاری و ارزیابی نشدن الگوی کارگذاری لوله آبد در کشت خیار گلخانه‌ای از یک سو و موقعیت مناسب منطقه مورد مطالعه از نظر کشت خیار از سوی دیگر، اجرای تحقیقی در زمینه ارزیابی تأثیر پتانسیل ماتریک خاک و الگوی کارگذاری

در طبقه‌بندی محصولات کشاورزی، محصولات گروه صیفی از جمله خیار که یکی از میوه‌های باارزش، لذیذ و بسیار مفید به حساب می‌آید (۷)، در گروه محصولات نقدی قرار دارد. خیار تولیدشده به‌عنوان محصول نهایی در بازار عرضه می‌شود و دوره زمانی بازگشت سرمایه در آن بسیار کوتاه است (۱). این محصول با توجه به امکانات وسیع تولید و فرآوری در ایران، اهمیت اقتصادی زیادی یافته و با ارزآوری مناسب مورد توجه بسیاری از متولیان کشاورزی قرار گرفته است (۷).

افزایش تولید محصولات کشاورزی با هدف فایده‌آوردن بر تقاضای روزافزون به غذا از دو طریق - افزایش عملکرد در واحد سطح و افزایش سطح زیر کشت - امکان‌پذیر است. از این‌رو بهره‌گیری از هر یک از این روش‌ها، مسائل و مشکلات خاصی دارد، به‌طوری‌که محدودیت منابع آب، افزایش تولید از طریق افزایش سطح زیر کشت را محدود می‌کند (۱). در این وضعیت، افزایش آب‌بها، کشاورزان را به استفاده بهینه از آب واداشته است و کاربرد صحیح آب، افزایش تولید در واحد سطح را در پی خواهد داشت. کاربرد سیستم‌های نوین آبیاری در جهت استفاده مناسب‌تر از آب، علاوه بر کاهش مصرف آب، افزایش سطح زیر کشت و عملکرد را در پی دارد (۱۳). در همین راستا صدرقاین (۱)، به بررسی اثر سه روش آبیاری میکرو بر عملکرد و کارایی مصرف آب در زراعت خیار پرداخت. از نتایج این تحقیق می‌توان به این نکته اشاره کرد که بیشترین عملکرد محصول در روش آبیاری با استفاده از نوارهای آبد تپ در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک و کمترین آن با استفاده از لوله‌های قطره‌چکان در سطح خاک به‌دست آمد. ملایی و ریاحی نیز در مطالعه‌ای با عنوان «تعیین آب مصرفی خیار گلخانه‌ای تحت روش‌های آبیاری میکرو» به نتایج مشابهی رسیدند (۶).

مدیریت آب و آبیاری

لوله آبدۀ بر عملکرد و کارایی مصرف آب خیار در منطقه جیرفت را ضرورت بخشیده است.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. منطقه تحقیق

منطقه جیرفت با وسعتی حدود ۵۰ هزار کیلومتر مربع در فاصله ۲۴۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر کرمان واقع شده است. این منطقه با آب و هوای نیمه گرم، ۶۵۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد و دارای طول جغرافیایی 25° شمالی و عرض جغرافیایی 30° شرقی است. در جیرفت متوسط بارندگی سالانه ۱۵۰ میلی‌متر، و حداکثر و حداقل درجه حرارت سالانه به ترتیب ۴۸ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (۱۱).

۲.۲. قالب طرح و روش اجرا

به منظور ارزیابی تأثیر پتانسیل ماتریک خاک و الگوی کارگذاری لوله آبدۀ بر عملکرد و کارایی مصرف آب خیار گلخانه‌ای، آزمایشی در زمینی به مساحت ۱۰۹۰ متر مربع در قالب طرح کرت‌های نواری دوبار خردشده (استریپ اسپلیت پلات) در سه تکرار طی دو سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ به اجرا در آمد. در این آزمایش چهار آستانه پتانسیل ($I_1=45$ ، $I_2=55$ ، $I_3=65$ و $I_4=75$ سانتی‌بار برای شروع آبیاری) و چهار الگوی کارگذاری لوله آبدۀ شامل دو سیستم آبیاری قطره‌ای (سطحی S_1 و زیرسطحی S_2) و دو آرایش لوله آبدۀ (برای هر ردیف کاشت روی پشته (معمولی) L_1 و یک‌درمیان بین دو ردیف کاشت L_2) به ترتیب به عنوان عوامل اصلی و عوامل فرعی، در نظر گرفته شد. تیمارها در کرت‌هایی به عرض ۴ و طول ۵ متر (شامل ۴ ردیف کاشت به فاصله ۱ متر از یکدیگر) قرار گرفتند. تعداد کرت‌های بررسی شده با احتساب تکرارهای انجام گرفته برابر با ۴۸ بود.

گلخانه مورد استفاده دارای ارتفاع ۳/۵ متر، عرض دهانه ۵/۵ متر، مجهز به سقف بازشو، سیستم گرمایش و سرمایش و پوشش پلی‌اتیلن UV دار ۴/۵ درصد بود. برای تأمین حرارت مورد نیاز از دستگاه گرمایش مشعل‌دار گازوئیلی استفاده شد. سیستم پخش حرارت در وسط گلخانه و در زیر سقف قرار داده شده بود که حرارت را از قسمت بالا به پایین پخش می‌کرد، به طوری که در طول دوره رشد گیاه، دمای روزانه بین ۳۰ تا ۴۵ و دمای شبانه بین ۲۲ تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی بین ۳۵ تا ۶۵ درصد بود.

در این تحقیق نوارهای تیپ استفاده شده، ساخت شرکت آب حیاط کرمان، دارای ضخامت ۲۰۰ میکرون، فاصله مجاری آبدۀ ۳۰ سانتی‌متر و دبی ۴ لیتر در ساعت در هر متر از طول لوله بودند. در آبیاری قطره‌ای سطحی، نوارهای آبرسان بر روی سطح خاک و در کنار ساقه گیاه قرار گرفتند، ولی در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، نوارهای مزبور در عمق ۳۰ سانتی‌متری از سطح خاک قرار داده شدند. همچنین در آرایش لوله آبدۀ به صورت معمولی (L_1)، نوارهای آبدۀ برای هر ردیف کاشت روی پشته؛ و در آرایش لوله آبدۀ به صورت یک‌درمیان (L_2)، نوارها به صورت یک‌درمیان بین دو ردیف کاشت قرار گرفتند.

در این تحقیق برای تعیین زمان آبیاری از تانسیمترهای فلزی استفاده شد. این تانسیمترها در دو عمق ۲۰ و ۴۵ سانتی‌متری خاک و در وسط هر کرت، در بین دو خط کشت نصب شدند و در طول فصل رشد ثابت بودند. از تانسیمتری که در عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک نصب شده بود، برای قرائت در مرحله اولیه رشد، و از تانسیمتر نصب شده در عمق ۴۵ سانتی‌متری خاک، برای قرائت در مراحل میانی و پایانی رشد استفاده شد. برای آبیاری در نقطه پتانسیلی مدنظر، تانسیمترها به طور کامل کنترل می‌شدند و زمانی که صفحه مدرج تانسیمتر، نقطه پتانسیلی

بود. همچنین با توجه به کشت غالب منطقه، در این آزمایش از بذر رقم نگین استفاده شد. مراحل واکاری پس از بازدید از مزرعه و بررسی مقدار رشد بذر، در هر چهار الگوی کارگذاری لوله‌های آبدار صورت گرفت. با توجه به حساسیت بذر خیار به سله ایجادشده در سطح خاک (۱)، در تیمارهای الگوی کارگذاری لوله آبدار به صورت سطحی (S_۱)، مقدار رشد و جوانه‌زنی بذر نسبت به تیمارهای زیرسطحی (S_۲)، کمتر بود. از این رو کشت مجدد بذر یا واکاری در تیمارهای الگوی کارگذاری به صورت سطحی، بیشتر انجام گرفت.

جدول‌های ۱ تا ۳ برخی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک و آب عرصه مطالعه شده را نشان می‌دهد. همچنین براساس توصیه کودی آزمایشگاه خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی جیرفت، در این تحقیق ۲۰۰ کیلوگرم کود آمونیوم، ۲۵۰ کیلوگرم کود ازته و ۱۰۰ کیلوگرم کود سولفات دو پتاس در هکتار، برای تمامی تیمارها به مقدار یکسان استفاده شد. کودهای آمونیوم و سولفات دو پتاس در یک مرحله (قبل از کشت) و کود ازته به صورت تقسیطی، ۱۰۰ کیلوگرم قبل از کشت و ۷۵ کیلوگرم به صورت سرک یک ماه بعد از نشاکاری و ۷۵ کیلوگرم سه هفته بعد از سرک اول به زمین داده شد.

مورد نظر را نشان می‌داد آبیاری انجام می‌گرفت. به منظور مشخص کردن حجم آبیاری از تانسومتر و منحنی رطوبتی خاک استفاده شد، به طوری که رطوبت حجمی متناسب با نقاط پتانسیلی مورد نظر به دست آید. سپس رطوبت خاک در نقاط پتانسیلی ۴۵، ۵۵، ۶۵ و ۷۵ سانتی‌بار به منظور شروع آبیاری به ترتیب به رطوبت در حد ظرفیت زراعی، ۸۰ درصد حد ظرفیت زراعی، ۶۰ درصد حد ظرفیت زراعی و ۴۰ درصد حد ظرفیت زراعی، رسانده شد تا عمق آبیاری به دست آید (رابطه ۱). حجم آبیاری نیز از حاصل ضرب عمق آبیاری در سطح کرت به دست آمد. شایان ذکر است که حجم آب آبیاری برای هر تیمار به وسیله کتور حجمی اندازه‌گیری می‌شد.

$$d_i = d_r (\theta_{Fc} - \theta_i) MAD \quad (1)$$

در این رابطه d_i : نیاز آبیاری، d_r : عمق توسعه ریشه؛ θ_{Fc} : درصد رطوبت حجمی خاک در نقطه ظرفیت مزرعه؛ θ_i : درصد رطوبت حجمی در نقاط پتانسیلی؛ و MAD : حد مجاز تخلیه رطوبت از خاک است.

مقدار آب مصرفی تیمارهای فرعی اعمال شده در هر تیمار اصلی یکسان در نظر گرفته شد، به طوری که مقدار آب مصرفی در نقاط پتانسیلی ۴۵، ۵۵، ۶۵ و ۷۵ سانتی‌بار به ترتیب ۶۰۰۰، ۵۳۰۰، ۴۰۷۰ و ۲۵۵۰ متر مکعب در هکتار

جدول ۱. بافت خاک محل تحقیق

عمق خاک (سانتی‌متر)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	بافت خاک	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	درصد رطوبت وزنی در نقطه پژمردگی	درصد رطوبت وزنی در نقطه پژمردگی
۵۰-۰	۳۳	۳۹	۲۸	لوم رسی	۱/۴۴	۲۱	۸
۱۰۰-۵۰	۳۹	۲۹	۳۲	لوم رسی	۱/۵۳	۲۴	۱۰

تأثیر پتانسیل ماتریک خاک و الگوی کارگذاری لوله آبد به عملکرد و کارایی مصرف آب خیار گلخانه‌ای

جدول ۲. نتایج تجزیه شیمیایی خاک منطقه

EC (ds/m)	PH	SAR	آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول (میلی‌گرم در لیتر)							عمق خاک (سانتی‌متر)	
۱/۲	۸/۲	۱/۲۳	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	سدیم	آهن	روی	منگنز	۵۰-۰
			۳۱/۴	۵۷۴	۱۶۰	۱۷	۶۱	۵/۸	۲/۶۴	۸/۵	
۱/۱	۸	۱/۴	۳۰/۳	۵۶۲	۱۵۲	۱۵	۶۴	۴/۹	۳/۱	۷/۶	۱۰۰-۵۰

جدول ۳. برخی خصوصیات شیمیایی آب بررسی شده

pH	EC (dS/m)	آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول (میلی‌گرم در لیتر)					
		HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Mg ²⁺ +Ca ²⁺	K ⁺	Na ⁺
۷/۱	۰/۷	۴/۲	۲	۲/۲	۷	۴/۵	۰/۹

صفات تحت بررسی در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنادار است و از بین اثر متقابل‌ها، اثر متقابل آستانه پتانسیل در سیستم آبیاری تنها بر صفت کارایی مصرف آب در سطح اعتماد ۹۵ درصد و اثر متقابل آستانه پتانسیل در آرایش فاصله لوله آبد به دو صفت کارایی مصرف آب و طول میوه در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنادار و سایر اثرهای متقابل بر صفات تحت بررسی غیر معنادار است.

۳.۱. عملکرد

نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین عملکرد خیار حاصل از اثر تیمار عامل اصلی، در شکل ۱ نشان داده شده است. در این شکل مشخص است که با وجود تنها اختلاف ۱/۲ درصدی در عملکرد، دو آستانه پتانسیل ۴۵ و ۵۵ سانتی‌بار، در گروه‌های مختلف آماری قرار گرفته‌اند، به طوری که نقطه پتانسیلی ۴۵ سانتی‌بار در گروه آماری (a) و نقطه پتانسیلی ۵۵ سانتی‌بار در گروه آماری (b) قرار دارند. عملکرد خوب نقطه پتانسیلی ۵۵ سانتی‌بار را می‌توان احتمالاً در راستای تأثیرات مثبت تنش جزئی در طول فصل رشد بر اجزای عملکرد و همچنین اثرپذیری سایر اندام‌های گیاهی مرتبط با اجزای عملکرد دانست که سبب عملکرد خوب تیمارهای اعمال شده تحت تنش خفیف شده است (۵).

پارامترهای اندازه‌گیری شده در این آزمایش عبارت بودند از وزن میوه، قطر میوه، طول میوه، ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ. برای اندازه‌گیری این پارامترها در هر تیمار و در هر تکرار، ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و از میانگین آنها استفاده شد. شایان ذکر است که کارایی مصرف آب از رابطه ۲ محاسبه شد. در نهایت داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن (در سطح اعتماد ۹۹ و ۹۵ درصد) انجام گرفت.

$$WUE = \frac{Y_T}{V_T} \quad (2)$$

WUE: کارایی مصرف آب $\frac{kg}{m^3.hec}$ ؛ Y_T : عملکرد قابل ارائه به بازار $(\frac{Kg}{hec})$ ؛ و V_T : حجم آب آبیاری (m^3) است.

۳. نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای اعمال شده بر صفات بررسی شده در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج حاکی از آن است که اثر تیمارهای آستانه پتانسیل برای شروع آبیاری، نوع سیستم آبیاری و آرایش لوله آبد به بر تمامی

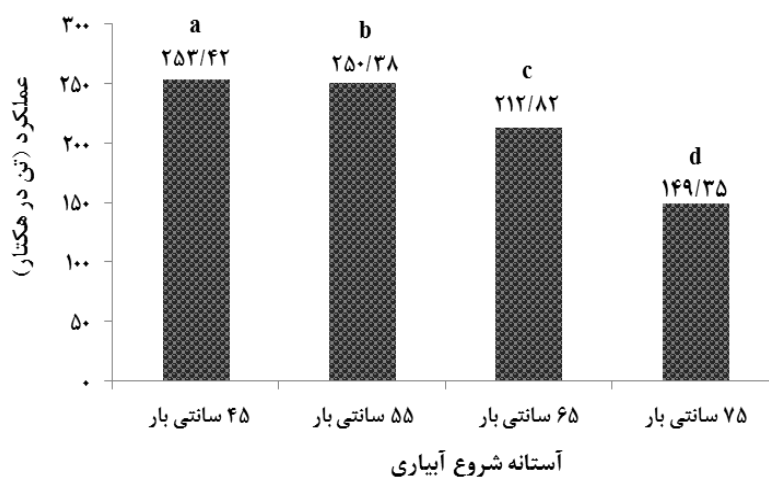
مدیریت آب و آبیاری

دوره ۴ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۳

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد	کارایی مصرف آب	شاخص سطح برگ	طول ساقه	طول میوه	قطر میوه
سال Y	۱	۰/۰۰۵ ^{ns}	۰/۰۰۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۷/۶۲ ^{ns}	۰/۰۱۲ ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{ns}
خطا (E ₁)	۴	۷۸۳/۰۱	۳۵/۷۸	۰/۰۰۴	۲۰۸/۷۲	۱/۹۱	۱/۳۹۳
آستانه پتانسیل A	۳	۵۶۲۶۶/۳۷ ^{**}	۱۸۵۰/۷۸ ^{**}	۰/۴۶ ^{**}	۶۲۹۵/۹۱ ^{**}	۱۴۳/۰۹ ^{**}	۱۳۴/۳۱ ^{**}
اثر متقابل YA	۳	۱/۷۹ ^{ns}	۰/۰۶۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۲ ^{ns}	۴/۳۹ ^{ns}	۰/۰۱۴ ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{ns}
خطا (E ₂)	۱۲	۵۹۰/۴۷	۳۲/۱۹	۰/۰۰۹	۴۰۵/۵۳	۱/۴۲	۰/۹۹
سیستم آبیاری B	۱	۴۳۱۳/۵۹ ^{**}	۱۴۲/۵۳ ^{**}	۰/۰۷۹ ^{**}	۳۵۷۳/۹۹ ^{**}	۶/۸۸ ^{**}	۷/۷۱ ^{**}
اثر متقابل AB	۳	۱۱/۹۳ ^{ns}	۱/۸۹ [*]	۰/۰۰۰۸ ^{ns}	۱۸/۹۷ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۲۷ ^{ns}
اثر متقابل YB	۱	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۷ ^{ns}	۰/۸۱۶ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۴ ^{ns}
اثر متقابل YAB	۳	۰/۹۸ ^{ns}	۰/۰۴۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۲۴ ^{ns}	۰/۳۴ ^{ns}	۰/۰۰۹ ^{ns}	۰/۰۰۱۵ ^{ns}
آرایش لوله آبد C	۱	۳۷۸۵/۰۲ ^{**}	۲۳۷/۶۳ ^{**}	۰/۲۴۴ ^{**}	۶۵۳۸/۱۲ ^{**}	۱۰/۴۶ ^{**}	۸/۷۶ ^{**}
اثر متقابل AC	۳	۱۳/۰۲ ^{ns}	۷/۳۶ ^{**}	۰/۰۰۲۱ ^{ns}	۲۵/۶۹ ^{ns}	۰/۲۶ ^{**}	۰/۰۳ ^{ns}
اثر متقابل BC	۱	۱۶/۵۷ ^{ns}	۰/۹۹ ^{ns}	۰/۰۰۰۳ ^{ns}	۳/۰۶ ^{ns}	۰/۰۲۳ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}
اثر متقابل YC	۱	۰/۰۰۶ ^{ns}	۰/۰۱۴۵ ^{ns}	۰/۰۰۰۱ ^{ns}	۲/۵۵ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۱ ^{ns}
اثر متقابل YAC	۳	۳/۳۵ ^{ns}	۰/۰۸۸ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۹۸ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}
اثر متقابل YBC	۱	۱/۳۶ ^{ns}	۰/۰۲۷ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۰۰۶ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}
اثر متقابل YABC	۶	۶/۳۹ ^{ns}	۰/۴۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۳ ^{ns}	۱۲/۸۲ ^{ns}	۰/۰۹ ^{**}	۰/۰۸ ^{ns}
خطا (E ₃)	۴۸	۹/۳۸	۰/۴۵	۰/۰۰۰۷	۹/۷	۰/۰۳	۰/۰۵
% CV		۱/۴۱	۱/۴۷	۱/۵۱	۳/۱۲	۱/۴۳	۳/۱۹

** معنادار در سطح اعتماد ۹۹ درصد، * معنادار در سطح اعتماد ۹۵ درصد و ns بی معنا

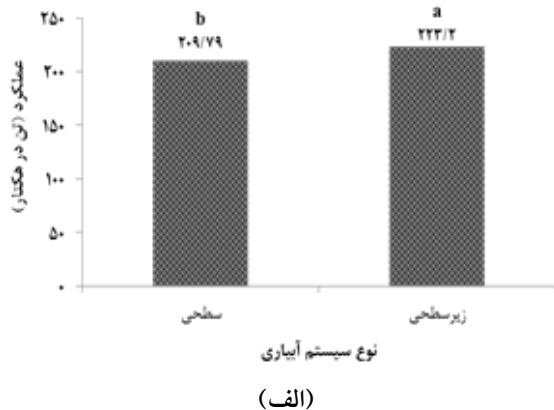


شکل ۱. مقایسه میانگین عملکرد خیار تحت تأثیر عامل اصلی

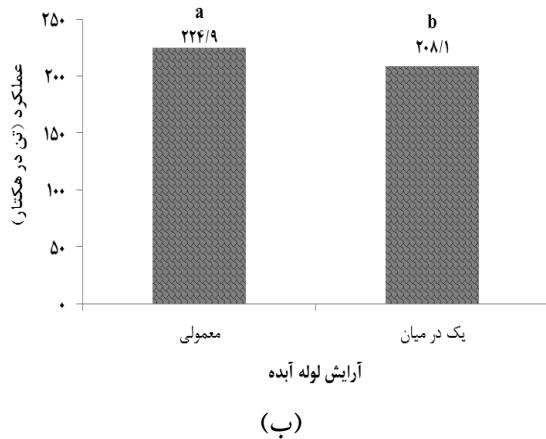
مدیریت آب و آبیاری

دوره ۴ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۳

تأثیر پتانسیل ماتریک خاک و الگوی کارگذاری لوله آبدۀ بر عملکرد و کارایی مصرف آب خیار گلخانه‌ای



(الف)



(ب)

شکل ۲. مقایسه میانگین عملکرد خیار تحت تأثیر عوامل فرعی

۲.۳. کارایی مصرف آب

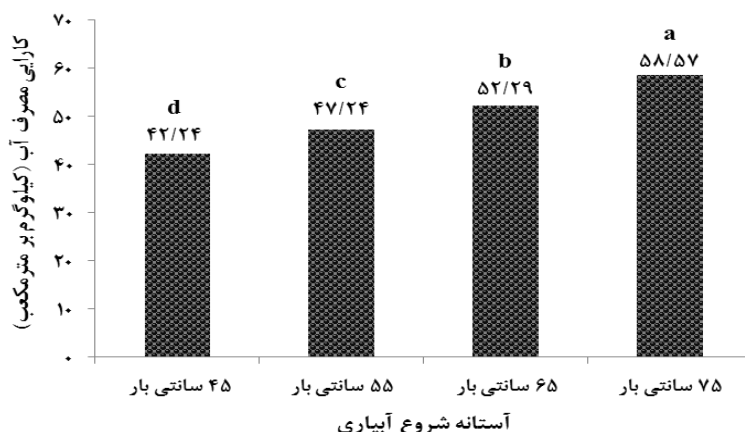
مقایسه میانگین کارایی مصرف آب نشان می‌دهد (شکل ۳) آستانه پتانسیل ۷۵ سانتی‌بار با کارایی مصرف آب ۵۸/۶ کیلوگرم بر متر مکعب و با اختلاف ۲۷/۹، ۱۹/۴ و ۱۰/۷ درصدی به ترتیب نسبت به نقاط پتانسیلی ۴۵، ۵۵ و ۶۵ سانتی‌بار دارای بهترین کارایی مصرف آب است. یعنی همان‌طور که انتظار می‌رفت تأثیر کم‌آبیاری بر کارایی مصرف آب چشمگیر است. دیگر بررسی‌ها در مورد کم‌آبیاری نیز کارامدی این روش مدیریتی در استفاده بهینه از هر واحد آب مصرفی و افزایش سود خالص را تأیید می‌کنند (۲).

در این شکل می‌توان به این نکته نیز اشاره کرد که عملکرد در دو نقطه پتانسیلی ۶۵ و ۷۵ سانتی‌بار با وجود مصرف به ترتیب ۱۹۳۰ و ۳۴۵۰ متر مکعب آب کمتر از نقطه پتانسیلی ۴۵ سانتی‌بار، به ترتیب حدود ۱۶ و ۴۱ درصد کاهش یافت. دلیل این وضعیت را می‌توان تنش آبی شدید و رقابت زیاد بین میوه‌های از قبل تشکیل شده و در حال تشکیل، در جذب مواد فتوسنتزی به سود میوه‌های از قبل تشکیل شده دانست. در واقع در چنین وضعیتی از تشکیل گل و میوه‌های جدید جلوگیری می‌شود (۱۰). از این رو کاهش شدید عملکرد در نقطه پتانسیلی ۷۵ سانتی‌بار نیز نشان‌دهنده چنین وضعیتی است.

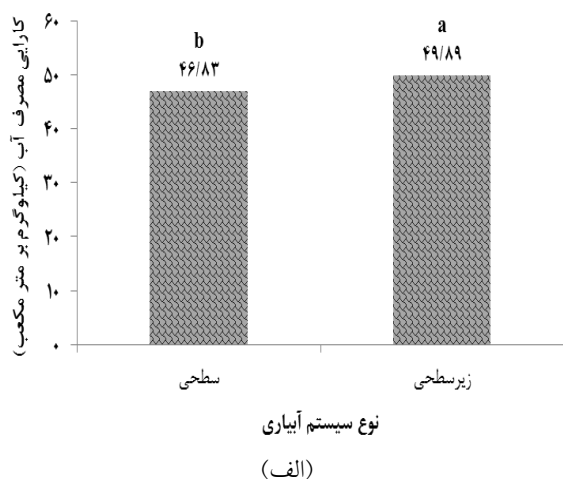
عملکرد محصول در تیمار سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی حدود ۶ درصد بیشتر بود (شکل ۲. الف). دلیل این امر را می‌توان کاهش تبخیر، کنترل بهتر علف‌های هرز و رساندن مستقیم آب به منطقه توسعه ریشه توسط سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی دانست. در همین راستا می‌توان به نتایج تحقیق صدقائن (۱) اشاره کرد. وی در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر سه روش آبیاری میکرو بر عملکرد و کارایی مصرف آب در زراعت خیار پرداخت. از نتایج تحقیق وی می‌توان به این موضوع اشاره کرد که تیمار آبیاری تیپ در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک از ۵/۵ درصد عملکرد بیشتر نسبت به تیمار آبیاری در سطح خاک برخوردار بود که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. همچنین در تحقیق حاضر، تیمار آرایش لوله آبدۀ به صورت معمولی در وضعیتی در گروه آماری (a) قرار گرفته است که دارای اختلاف ۱۶/۸ تن در هکتار نسبت به تیمار آرایش فاصله لوله آبدۀ به صورت یک‌درمیان است (شکل ۲. ب).

مدیریت آب و آبیاری

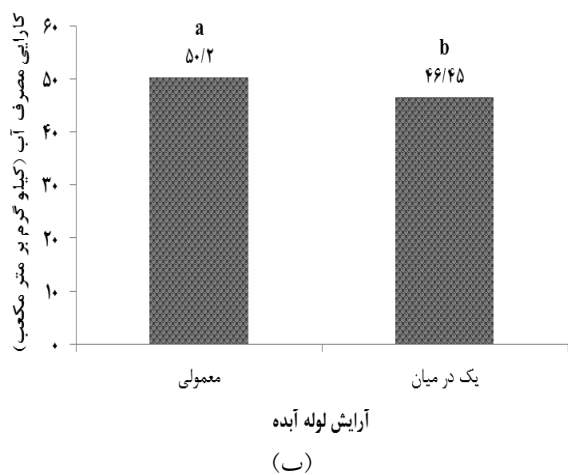
دوره ۴ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۳



شکل ۳. مقایسه میانگین کارایی مصرف آب خیار تحت تأثیر عامل اصلی



(الف)



(ب)

شکل ۴. مقایسه میانگین کارایی مصرف آب خیار تحت تأثیر

عوامل فرعی

فرامرزپور و همکاران سه آستانه پتانسیل ۲۵، ۴۵ و ۶۵ سانتی بار را در کشت خیار گلخانه‌ای مقایسه کردند (۳). این محققان اذعان داشتند که تغییر در پتانسیل آب موجود در خاک سبب تغییر کارایی مصرف آب شد و با کاهش حجم آب مصرفی، کارایی مصرف آب افزایش یافت، به طوری که کارایی مصرف آب در نقطه پتانسیلی ۶۵ سانتی بار ۲۷ درصد بیشتر از نقطه پتانسیلی ۲۵ سانتی بار بود. این نتایج با یافته‌های تحقیق حاضر همسو است.

در این تحقیق با وجود یکسان بودن مقدار آب مصرفی در تیمارهای الگوی کارگذاری لوله آبده، مقدار کارایی مصرف آب در سیستم آبیاری زیرسطحی و آرایش لوله آبده به صورت معمولی به ترتیب نسبت به سیستم آبیاری سطحی و آرایش لوله آبده به صورت یک در میان در حدود ۶/۱۳ و ۷/۷ درصد بیشتر بود (شکل ۴. الف و ب). در همین راستا ملایی و ریاحی در تعیین آب مصرفی خیار گلخانه‌ای تحت روش‌های آبیاری میکرو، سه عمق ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد تبخیر از تشت کلاس A را مقایسه کردند (۶). آنان برتری ۱۰ درصدی کارایی مصرف آب در تیمار سیستم آبیاری زیرسطحی نسبت به سیستم آبیاری سطحی را گزارش کردند.

مدیریت آب و آبیاری

تأثیر پتانسیل ماتریک خاک و الگوی کارگذاری لوله آبدۀ بر عملکرد و کارایی مصرف آب خیار گلخانه‌ای

می‌توان نتیجه گرفت که هر چه پتانسیل آب در خاک بیشتر بوده و سیستم آبیاری از نوع قطره‌ای زیرسطحی باشد، کارایی مصرف آب تا حد زیادی افزایش می‌یابد. همان‌طور که در جدول ۵ مشخص است، نقطه پتانسیلی ۷۵ سانتی‌بار اعمال‌شده در آرایش لوله آبدۀ به‌صورت معمولی با کارایی مصرف آب ۶۲/۰۱ کیلوگرم بر متر مکعب و با اختلاف ۱۱/۱ و ۱۲/۸ درصدی به‌ترتیب نسبت به نقطه پتانسیلی ۷۵ سانتی‌بار اعمال‌شده در آرایش لوله آبدۀ به‌صورت یک‌درمیان، و نقطه پتانسیلی ۶۵ سانتی‌بار اعمال‌شده در آرایش لوله آبدۀ به‌صورت معمولی، در بهترین جایگاه آماری قرار گرفته است و دو تیمار مذکور از لحاظ آماری در جایگاه (b) قرار گرفته‌اند. دو آستانه پتانسیلی ۶۵ و ۵۵ سانتی‌بار به‌ترتیب اعمال‌شده در آرایش لوله آبدۀ به‌صورت یک‌درمیان و معمولی با اختلاف به‌ترتیب ۱۸/۶ و ۲۱/۱ درصدی نسبت به تیماری که در بالاترین جایگاه آماری قرار گرفته است، از لحاظ آماری در جایگاه (c) قرار گرفته‌اند. شایان ذکر است نقطه پتانسیلی ۴۵ سانتی‌بار اعمال‌شده در آرایش لوله آبدۀ به‌صورت معمولی و یک‌درمیان در نازل‌ترین جایگاه قرار گرفته‌اند.

همان‌طور که در جدول ۴ مشخص شده است، اثر متقابل آستانه پتانسیل در سیستم آبیاری و آستانه پتانسیل در آرایش لوله آبدۀ بر صفت کارایی مصرف آب به‌ترتیب در سطح اعتماد ۹۵ و ۹۹ درصد معنادار شده‌اند. از این‌رو با توجه به جدول ۵ می‌توان اذعان داشت که تیمار آستانه پتانسیل ۷۵ سانتی‌بار اعمال‌شده در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و سطحی به‌ترتیب با کارایی مصرف آب ۶۰/۸۱ و ۵۶/۳۳ کیلوگرم بر متر مکعب و با وجود اختلاف ۷/۴ درصدی، علاوه بر قرار گرفتن در یک گروه آماری، بهترین جایگاه آماری را نیز دارند. تیمار آستانه پتانسیل ۶۵ سانتی‌بار اعمال‌شده در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و سطحی به‌ترتیب با اختلاف ۱۱/۳ و ۱۶/۷ درصدی نسبت به تیمار آستانه پتانسیل ۷۵ سانتی‌بار اعمال‌شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی از لحاظ آماری در جایگاه (b) قرار گرفته‌اند. شایان ذکر است که تیمار آستانه پتانسیل ۴۵ سانتی‌بار اعمال‌شده در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و سطحی به‌ترتیب با اختلاف ۲۸/۶ و ۳۲/۵ درصدی نسبت به تیمار آستانه پتانسیل ۷۵ سانتی‌بار اعمال‌شده در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی از لحاظ آماری در بدترین جایگاه قرار گرفته‌اند. از این‌رو

جدول ۵. مقایسه میانگین کارایی مصرف آب خیار تحت تأثیر اثر متقابل عامل اصلی در عوامل فرعی

تیمار	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)	تیمار	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)
۱S ₁ I	۴۱/۰۶ c	I ₁ L ₁	۴۳/۶۸ d
۲S ₁ I	۴۳/۴۱ c	I ₁ L ₂	۴۰/۷۹ d
۱S ₂ I	۴۵/۸۶ bc	I ₂ L ₁	۴۸/۹۲ c
۲S ₂ I	۴۸/۶۲ bc	I ₂ L ₂	۴۵/۵۷ cd
۱S ₃ I	۵۰/۶۴ b	I ₃ L ₁	۵۴/۰۹ b
۲S ₃ I	۵۳/۹۵ b	I ₃ L ₂	۵۰/۵۰ c
۱S ₄ I	۵۶/۳۳ a	I ₄ L ₁	۶۲/۰۱ a
۲S ₄ I	۶۰/۸۱ a	I ₄ L ₂	۵۵/۱۳ b

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۴ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۳

۳.۳. اجزای عملکرد

در خاک بیشتر باشد، توسعه سطح برگ و افزایش ارتفاع بوته بیشتر است (۸). روند افزایش شاخص سطح برگ و ارتفاع بوته در تیمارهای الگوی کارگذاری لوله آبدۀ نیز، بر صحت تأثیر افزایش رطوبت موجود در خاک بر افزایش صفات مذکور، قوت می‌بخشد. به طوری که افزایش شاخص سطح برگ و ارتفاع بوته در تیمارهای آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و آرایش لوله آبدۀ به صورت معمولی، نسبت به دو تیمار آبیاری قطره‌ای سطحی و آرایش لوله آبدۀ به صورت یک‌درمیان، که آب را با سهولت در اختیار گیاه قرار داده‌اند، تا حد زیادی بیشتر است. کریمی و همکاران اذعان داشتند که روند افزایش سطح برگ با روند افزایش ارتفاع بوته و کاهش کلروفیل در اثر افزایش اعمال رطوبت، مطابقت دارد، به طوری که رطوبت اضافی سبب افزایش رشد رویشی از جمله ارتفاع و سطح برگ گیاه می‌شود (۴).

در جدول ۶ مقایسه میانگین صفات شاخص سطح برگ، ارتفاع ساقه، قطر میوه و طول میوه تحت تأثیر تیمارهای مختلف که توسط آزمون دانکن به دست آمده، نشان داده شده است. با توجه به این جدول می‌توان گفت وضعیت رطوبتی خاک تأثیر فاحشی بر وضعیت گیاهان بر جای می‌گذارد که این موضوع از جنبه گسترش ارتفاع بوته، سطح برگ گیاه، سطح فتوسنتزکننده و در نتیجه عملکرد محصول حائز اهمیت است. در این تحقیق شاخص سطح برگ نقاط پتانسیلی ۵۵، ۶۵ و ۷۵ سانتی‌بار به ترتیب با اختلاف ۱/۸، ۱/۵ و ۵۰/۸ درصد، نسبت به تیمار ۴۵ سانتی‌بار کمترند و از لحاظ آماری به ترتیب در گروه‌های (b)، (b) و (c) قرار گرفتند. به عبارت دیگر می‌توان گفت افزایش رطوبت، سبب افزایش چشمگیر سطح برگ می‌شود. همچنین ارتفاع بوته خیار نیز از این روند پیروی می‌کند. گزارش‌های موجود نشان می‌دهد هر چه مقدار آب

جدول ۶. مقایسه میانگین صفات مطالعه شده تحت تأثیر آستانه پتانسیل

تیمار	شاخص سطح برگ (متر مربع)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	قطر میوه (سانتی‌متر)	طول میوه (سانتی‌متر)
۱I	۰/۶۵ ^a	۲۰۶/۲ ^a	۶/۲ ^c	۱۱/۶ ^c
۲I	۰/۵۳ ^b	۱۸۱/۸ ^b	۸/۷ ^a	۱۳/۷ ^a
۳I	۰/۵۲ ^b	۱۸۱/۱ ^b	۸/۶ ^b	۱۳/۶ ^b
۴I	۰/۳۲ ^c	۱۶۷/۳ ^c	۳/۸ ^d	۸/۵ ^d
مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر نوع سیستم				
تیمارها	شاخص سطح برگ (متر مربع)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	قطر میوه (سانتی‌متر)	طول میوه (سانتی‌متر)
۱S	۰/۴۸ ^b	۱۷۷/۹ ^b	۶/۷ ^b	۱۱/۶ ^b
۲S	۰/۵۳ ^a	۱۹۰/۲ ^a	۷/۱ ^a	۱۲/۱ ^a
مقایسه میانگین صفات مطالعه شده تحت تأثیر آرایش فاصله لوله آبدۀ				
تیمارها	شاخص سطح برگ (متر مربع)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	قطر میوه (سانتی‌متر)	طول میوه (سانتی‌متر)
۱L	۰/۵۶ ^a	۱۹۲/۴ ^a	۷/۲ ^a	۱۲/۲ ^a
۲L	۰/۴۶ ^b	۱۷۵/۸ ^b	۶/۵ ^b	۱۱/۵ ^b

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۴ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۳

همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شد، صفات قطر و طول میوه که در برگیرنده شاخص بازارپسندی گیاه خیارند، تحت تأثیر آستانه پتانسیل، نوع سیستم آبیاری و آرایش لوله آبدۀ معنادارند. مقایسه میانگین این دو صفت نشان می‌دهد که نقطه پتانسیلی ۵۵ سانتی‌بار دارای بهترین جایگاه آماری است و بعد از آن، نقاط پتانسیلی ۶۵، ۴۵ و ۷۵ سانتی‌بار به ترتیب با اختلاف ۱/۱، ۲۸/۷ و ۵۶/۳ درصد در صفت قطر میوه و ۰/۷، ۱۵/۳ و ۳۷/۹ درصد در صفت طول میوه نسبت به آن قرار گرفته‌اند (جدول ۳). مائو و همکاران در بررسی اثر کم‌آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب خیار گلخانه‌ای، به این نتیجه رسیدند که اجزای عملکرد خیار گلخانه‌ای (ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، قطر میوه)، تحت تأثیر حجم آب مصرفی، اثر معناداری دارند (۱۰) که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد.

۴. نتیجه‌گیری

به‌رغم عدم اختلاف معنادار در اثر متقابل آستانه پتانسیل با نوع سیستم و همچنین با آرایش لوله آبدۀ، عملکرد محصول در نقطه پتانسیلی ۵۵ سانتی‌بار اعمال‌شده در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی به ترتیب ۲۴۳/۱ و ۲۵۷/۷ تن در هکتار به دست آمد و آرایش لوله آبدۀ به صورت معمولی و یک‌درمیان نیز در همان نقطه پتانسیلی، به ترتیب عملکرد ۲۵۹/۳ و ۲۴۱/۵ تن در هکتار از خود به جای گذاشت که با توجه به صرفه‌جویی ۷۰۰ متر مکعب آب در هکتار (۱۱/۷ درصد) این تیمار در مقایسه با تیمارهای فرعی اعمال‌شده در نقطه پتانسیلی ۴۵ سانتی‌بار، تنها افت حدود یک‌درصدی عملکرد را نسبت به نقطه پتانسیلی ۴۵ سانتی‌بار در پی داشت. طول و قطر میوه نیز در این آستانه پتانسیل در هر چهار الگوی کارگذاری لوله آبدۀ بعد از آستانه پتانسیل ۴۵ سانتی‌بار، دارای بهترین وضعیت بودند. این در صورتی است که

کارایی مصرف آب در نقطه پتانسیلی ۵۵ سانتی‌بار در حدود ۱۰/۵ درصد در هر چهار الگوی کارگذاری لوله آبدۀ بیشتر از کارایی مصرف آب در نقطه پتانسیلی ۴۵ سانتی‌بار است. اما به دلیل تأثیر مثبت افزایش رطوبت بر رشد دو صفت شاخص سطح برگ و ارتفاع بوته، بهترین بهره‌وری در این دو صفت در آستانه پتانسیل ۴۵ سانتی‌بار ایجاد شد. عملکرد خیار در تیمار سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به مقدار ۱۳/۴ تن در هکتار بیشتر از سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی، و در تیمار آرایش لوله آبدۀ به صورت معمولی به مقدار ۱۶/۸ تن در هکتار بیشتر از آرایش لوله آبدۀ به صورت یک‌درمیان بود. همچنین با وجود یکسان بودن مقدار آب مصرفی در تیمارهای فرعی، کارایی مصرف آب در تیمار سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی حدود ۶ درصد بیشتر از سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی، و در آرایش لوله آبدۀ به صورت معمولی، ۷/۷ درصد بیشتر از آرایش لوله آبدۀ به صورت یک‌درمیان بود. صفات شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، طول و قطر میوه در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به ترتیب ۹/۴، ۶/۴، ۴/۴ و ۶/۶ درصد نسبت به سیستم آبیاری سطحی و در آرایش لوله آبدۀ به صورت معمولی به ترتیب ۱۴/۸، ۸/۶، ۵/۴ و ۸/۴ درصد نسبت به آرایش لوله آبدۀ به صورت یک‌درمیان بیشتر بود.

با توجه به نتایج به دست آمده، می‌توان ادعان داشت که تغییر سیستم‌های آبیاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور و ترویج و توسعه روش‌های نوین و سازگار با محیط، نقش بسزایی در صرفه‌جویی آب و در نتیجه افزایش سطح زیر کشت خواهد داشت. از این رو اعمال نقطه پتانسیلی ۵۵ سانتی‌بار در سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در وضعیت کارگذاری لوله آبدۀ به صورت معمولی می‌تواند در افزایش عملکرد، کارایی مصرف آب و سطح زیر کشت خیار گلخانه‌ای تأثیر زیادی داشته باشد.

مدیریت آب و آبیاری

- منابع**
8. Amer K, Midan S and Hatfield J (2009) Effect of deficit irrigation and fertilization on cucumber. *Agronomy Journal*. 101 (8): 1556-1564.
 9. Bozkurt S and Mansuroğlu G (2011) The effects of drip line depths and irrigation levels on yield, quality and water use characteristics of lettuce under greenhouse condition. *African Journal of Biotechnology*. 10 (17): 3370-3379.
 10. 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.
 11. Mirzaei E. and Khodadadi M (2008) The survey of production methods effects on the some traits in onion cultivars at continued production design in Jiroft region. *Journal of Pajouhesh and Sazandegi*. 80: 69-76.
 12. Suojala T and Salo T (2005) Growth and yield of pickling cucumber in different soil moisture circumstances. *Scientia Horticulturae*, 107, 11-16.
 13. Wang D, Kang Y and Wan S (2007) Effect of soil matric potential on tomato yield and water use under drip irrigation condition. *Agricultural Water Management*, 87, 180-186.
۱. صدرقاین ح (۱۳۹۱) اثر سه روش آبیاری میکرو بر عملکرد و کارایی مصرف آب در خیار. نشریه آب و خاک. ۲۶ (۲): ۵۱۵-۵۲۲.
 ۲. فتحعلیان ف.، موذنزاده ر. و نوری م (۱۳۸۸) ارزیابی و برآورد تبخیر و تعرق خیار گلخانه‌ای در مراحل مختلف. نشریه آب و خاک. ۲۳ (۴): ۱۶-۲۷.
 ۳. فرامرزیپور ع.، دلشاد م. و پارسانزاد م (۱۳۹۱)، بررسی رشد، عملکرد و کارایی مصرف آب در خیار گلخانه‌ای در شرایط مختلف رطوبت خاک با استفاده از تانسومتر، مجله علوم باغی ایران، ۴۳ (۳): ۲۸۵-۲۹۲.
 ۴. کریمی ن.، صدرالدینی ع.، ناظمی ا.، فرسادی‌زاده د.، حسین‌زاده ع.، دلیر م. و دهقانی ف (۱۳۸۹) تأثیر کم‌آبیاری روی رشد و عملکرد خیار گلخانه‌ای. مجله دانش آب و خاک. ۷ (۴): ۱۵-۲۶.
 ۵. مصلحی ش.، نجفی پ.، طباطبائی ح. و نورمهند ن (۱۳۹۰) تأثیر تنش رطوبتی بر شاخص‌های رشد و عملکرد خیار گلخانه‌ای. نشریه آب و خاک ۲۵ (۴): ۷۷۰-۷۷۵.
 ۶. ملایی ع. و ریاحی ح (۱۳۸۶) تعیین آب مصرفی خیار گلخانه‌ای تحت روش‌های آبیاری میکرو (قطره‌ای، تیپ و تیپ زیرسطحی). مجموعه مقالات اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای.
 ۷. مهربانی ح (۱۳۸۷) بررسی اقتصادی تولید محصولات گلخانه‌ای در استان کرمان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۴۴ (۱): ۲۷۳-۲۸۲.