Archive of SID

نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۲۹ / شماره ٤ / ۱۳۹٤

برنامه‌ریزی آبیاری خیار گلخانه‌ای با استفاده از پتانسیل آب در خاک

پیمان افراسیاب، معصومه دلبری و رسول اسدی[۱] *

دانشیار بخش مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل.

p_afrasiab@yahoo.com

دانشیار بخش مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل.

mas_delbari@yahoo.com

دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، بخش مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل.

rakh_802@yahoo.com

چکیده

جهت بررسی اثر سطوح مختلف پتانسیل ماتریک خاک بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف خیار گلخانه‌ای در منطقه جیرفت، آزمایشی بصورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در قالب طرح کرت‌های یکبار خرد شده با سه تکرار طی دو سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳در یک خاک لوم رسی اجرا گردید. در این تحقیق سطوح آبیاری به عنوان عامل اصلی در سه سطح پتانسیلی (I_1=۴۵، I_2=۶۰ و I_3=۷۵ سانتی‌بار در شروع آبیاری) و سه رقم بذر خیار گلخانه‌ای به عنوان عامل فرعی (نگین =V_1، هیلارس =V_2 و دومینوس =V_3) مورد مقایسه قرار گرفتند. میزان آب مصرفی در تیمارهای پتانسیلی ۴۵، ۶۰ و ۷۵ سانتی‌بار به‌ترتیب ۶۳۰۰، ۵۱۰۰ و ۳۹۰۰ مترمکعب در هکتار بدست آمد که میزان آب مصرفی نقطه پتانسیلی ۴۵ سانتی‌بار با شرایط استفاده از تشت تبخیر، ۱۸ درصد کمتر بود. نتایج نشان داد که شاخص‌های عملکرد، سطح برگ، ارتفاع بوته، طول و قطر میوه در سطح پتانسیلی ۶۰ سانتی‌بار، به‌ترتیب به‌میزان ۲/۷ درصد، ۲ درصد، ۲ درصد، ۰/۷۳ درصد و ۲/۳ درصد نسبت به سطح پتانسیلی ۴۵ سانتی‌بار کاهش یافت، با این وجود صرفه‌جویی ۱۲۰۰ مترمکعب آب و افزایش ۲۲ درصدی کارآیی مصرف را در پی داشت. از طرف دیگر عملکرد و کارآیی مصرف آب در رقم دومینوس به‌ترتیب ۶/۲ درصد و ۱۳/۲ درصدنسبت به رقم نگین و ۶/۴ درصد و ۱۳/۷ درصد نسبت به رقم هیلارس بیشتر بود. بر اساس نتایج، سطح پتانسیلی ۶۰ سانتی‌بار اعمال شده در رقم دومینوس در سیستم آبیاری قطره‌ای می‌تواند در افزایش عملکرد، کارآیی مصرف آب و سطح زیرکشت خیار گلخانه‌ای نقش مؤثری داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای، جیرفت، نقاط پتانسیلی، شاخص‌های رشد، کارآیی مصرف آب.

۱- آدرس نویسنده مسئول: دانشگاه زابل،گروه مهندسی آب.

*- دریافت: بهمن ۱۳۹۳ و پذیرش: آذر ۱۳۹٤

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

تأمین امنیت غذایی برای جمعیت رو به رشد جهان مستلزم افزایش سطح زیرکشت و یا اتخاذ راهکارهای مدیریتی جهت افزایش میزان عملکرد در واحد سطح می‌باشد (دنگ و همکاران، ۲۰۰۶). این در حالی است که محدودیت جهانی منابع آب، افزایش تولید از طریق افزایش سطح زیرکشت را محدود می‌سازد (دوو و همکاران، ۲۰۱۳). در چنین شرایطی، اعمال مدیریت مصرف صحیح این منابع محدود، در راستای افزایش کارآیی مصرف آب اهمیت خواهد داشت (راحیل و آنتونوپولوز، ۲۰۰۷). این در حالی است که کاربرد سیستم‌های نوین آبیاری در جهت استفاده مناسب‌تر از آب، علاوه بر کاهش مصرف آب، افزایش سطح زیرکشت و عملکرد را در پی دارد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۷).

تعیین میزان آب مورد نیاز در طول فصل کشت از جمله مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر میزان عملکرد محصولات زراعی بوده و برآورد غیرواقع آن می‌تواند خسارات اقتصادی بسیاری را به همراه داشته باشد. این مساله به ویژه در مورد گیاهانی همچون خیار که حساسیت ویژه‌ای به تنش آبی دارد، از اهمیت بیش‌تری برخوردار است. در چنین شرایطی، تعیین و تأمین نیاز آبی این گیاه امر مهمی در راستای جلوگیری از کاهش عملکرد آن خواهد بود (مصلحی و همکاران، ۱۳۹۰).

لذا یکی از مهم‌ترین مشکلات زارعین در مناطق خشک و نیمه‌خشک فراهم ساختن شرایط مطلوب خصوصاً تأمین آب کافی در طول دوره رشد گیاه است. با توجه به کاهش منابع آب و افزایش قیمت آن، کشاورزان به استفاده از روش‌های آبیاری با راندمان بالا تمایل نشان داده‌اند (صدرقاین، ۱۳۹۱). از جمله این روش‌ها سیستم آبیاری قطره‌ای است که علاوه بر کاهش مصرف آب، افزایش عملکرد را نیز در پی‌دارد (راحیل و قنادیلو، ۲۰۱۵). اما عدم داشتن اطلاعات کافی بهره‌برداران از میزان دقیق آب مورد نیاز گیاه، کاربرد این سیستم آبیاری را در زمینه مدیریت آبیاری با نارسایی‌هایی روبرو کرده است. لذا با تنظیم برنامه آبیاری می‌توان زمان مناسب و مقدار آب مورد نیاز گیاه را مشخص کرد. این در حالی است که تنظیم برنامه آبیاری از طریق کنترل وضعیت آب موجود در خاک توسط تانسیومتر، میسر می‌باشد (فرامرزپور و همکاران، ۱۳۹۱).

مصلحی و همکاران (۱۳۹۰) با اعمال سه تیمار پتانسیل آب خاک شامل آبیاری در مکش‌های ۴۰، ۶۰ و ۸۰ سانتی بار بر عملکرد خیار با استفاده از تانسیومتر، به این نتیجه رسیدند که تیمارهای ۴۰ و ۶۰ سانتی‌بار به ترتیب دارای بیشترین عملکرد می‌باشند. همچنین فرامرزپور و همکاران (۱۳۹۱) سه آستانه پتانسیل ۲۵، ۴۵ و ۶۵ سانتی‌بار جهت شروع آبیاری را مورد مقایسه قرار دادند. نتایج نشان داد که میزان کارآیی مصرف آب در نقطه پتانسیلی ۶۵ سانتی‌بار نسبت به دو تیمار دیگر، از رشد ۴۸ درصدی برخوردار بود لذا این تیمار را نقطه بهینه جهت شروع آبیاری توصیه نمودند. ملایی و ریاحی (۱۳۸۶) در مطالعه‌ای تحت عنوان تعیین آب مصرفی خیار گلخانه‌ای تحت روش‌های آبیاری میکرو با استفاده از تشت تبخیر، میزان آب مصرفی خیار گلخانه‌ای برآورد نمودند. این محقیقن بیان نمودند که میزان آب مورد نیاز گیاه در شرایط کشت داخل گلخانه در حدود ۷۶۶۰ مترمکعب در هکتار می‌باشد. همچنین میزان عملکرد و کارایی مصرف آب در بهترین تیمار این مطالعه به‌ترتیب ۲۰۶/۷ تن در هکتار و ۴۸/۴ کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمد.

از طرف دیگر عملکرد گیاهان تحت تأثیر ساختار ژنتیکی گیاه، شرایط محیطی و برهم کنش‌های موجود متغیر است. اگر چه تمامی تنش‌ها از عوامل مهم کاهش تولید، محسوب می‌گردند (گارسیا و همکاران، ۲۰۰۳)، اما تنش خشکی، مهم‌ترین عامل محدود کننده تولید محصولات به حساب می‌آید (دبک و عبدالله، ۲۰۰۴). یافتن رقم‌های مختلف قابل کشت در یک منطقه، که در شرایط تنش و بدون تنش از عملکرد خوبی

www.SID.ir

Archive of SID

برخوردار باشند، به علت معنی‌دار بودن بر هم کنش میان رقم و محیط، امری پیچیده است (مصلحی و همکاران، ۲۰۱۱). محققین روش‌های مختلفی را برای ارزیابی رقم در شرایط تنش پیشنهاد نموده‌اند که مطالعات نشان می-دهد، ارزیابی عملکرد گیاه، مهم‌ترین شاخص برای شناسایی ارقام سازگار به محیط دارای تنش است (مائو و همکاران، ۲۰۰۳).

در طبقه‌بندی محصولات کشاورزی، محصولات گروه صیفی از جمله خیار، در گروه محصولات نقدی قرار دارد. بطوری‌که خیار تولید شده به‌عنوان محصول نهایی در بازار عرضه شده و دوره زمانی بازگشت سرمایه در آن بسیار کوتاه است (صدرقاین، ۱۳۹۱). همچنین با توجه به امکانات وسیع تولید و فرآوری این محصول در ایران، اهمیت اقتصادی زیادی یافته و با ارزآوری مناسب، مورد توجه بسیاری از متولیان کشاورزی قرار گرفته است (مهرابی، ۱۳۸۷). با توجه به اینکه سطح زیرکشت خیار گلخانه‌ای در منطقه جیرفت در حدود ۱۲۰۰ هکتار و با تولید بیش از ۲۰٦ هزار تن خیار در سال، مقام اول از نظر سطح زیر کشت و تولید در کشور را به خود اختصاص داده است (ممنوعی و همکاران، ۱۳۹۳) و همچنین متداول بودن کشت هر سه رقم بذر مورد مطالعه (نگین، هیلارس و دومینوس) در این منطقه و از طرف دیگر عدم تعیین آستانه پتانسیل شروع آبیاری و میزان آب مورد نیاز در مراحل مختلف رشد، انجام تحقیقی در خصوص ارزیابی سطوح مختلف پتانسیل ماتریک خاک بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام خیار گلخانه‌ای در منطقه جیرفت ضروری می‌باشد.

مواد و روش

اثر سطوح مختلف پتانسیل ماتریک خاک بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف خیار گلخانه‌ای با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای، طی دو سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در زمینی به ابعاد ۱۷×۲۹ متر در یک گلخانه تحقیقاتی در شهرستان جیرفت استان کرمان واقع در ۲٤۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر کرمان (طول جغرافیایی '۲۵ °۵۷ شمالی و عرض جغرافیایی '۳۰ °۲۷ شرقی با شرایط اقلیمی موجود در (جدول ۱) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. در این آزمایش سه سطح پتانسیل ماتریک خاک (I_1=٤۵، I_2=٦۰ و I_3=۷۵ سانتی‌بار جهت شروع آبیاری) در کرت اصلی و سه رقم بذر خیار گلخانه‌ای در کرت فرعی (نگین =V_1، هیلارس =V_2 و دومینوس =V_3)، مورد ارزیابی قرار گرفتند.

تیمارها اصلی در کرت‌هایی به عرض نه و طول پنج متر (شامل ۱۲ ردیف کشت به‌فاصله ۷۵ سانتی‌متر از یکدیگر و فاصله بین بوته‌های روی هر ردیف ۳۰ سانتی‌متر (در حدود ۳٤ هزار بوته در هکتار)) واقع شدند که تعداد کرت‌های اصلی مورد بررسی با احتساب تکرارهای انجام شده، نه کرت بود. هر دو فصل کشت، در اواخر فروردین ماه نشاء بذرهای مذکور کشت شد و طول مدت رشد آن‌ها تا مرحله رسیدگی در حدود ۱۱۵ روز بود. لازم به ذکر است گلخانه مورد استفاده دارای ارتفاع ۳/۵ متر، عرض دهانه ۵/۵ متر، مجهز به سقف باز شو، سیستم گرمایش و سرمایش و پوشش پلی‌اتیلن UV دار ٤/۵ 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 داشته و حرارت را از قسمت بالا به پایین پخش می‌نمود. به‌طوری‌که در طول دوره رشد گیاه، دمای روزانه بین ۳۰ تا ٤۵، شبانه بین ۲۲ تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی بین ۳۵ تا ٦۵ درصد بود.

قبل از انجام آزمایش برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و آب محل آزمایش، نمونه‌هایی به آزمایشگاه خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی جیرفت ارسال گردید. جداول ۲ تا ٤ نتایج تجزیه خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک و آب عرصه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به ویژگی‌های خاک و نیاز کودی خیار، طبق توصیه آزمایشگاه خاک و آب

www.SID.ir

Archive of SID

۲۰۰ کیلوگرم کود آمونیوم، ۲۵۰ کیلوگرم کود ازته و ۱۰۰ کیلوگرم کود سولفات دو پتاس در هکتار، برای تمامی تیمارها به مقدار یکسان استفاده گردید. 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 به‌صورت سرک یک ماه بعد از نشاء کاری و ۷۵ کیلوگرم سه هفته بعد از سرک اول به زمین داده شد.

جدول ۱- متوسط آمار ۱۰ ساله هواشناسی منطقه مورد مطالعه

پارامترهای اندازه‌گیری شده		ماه‌های کشت محصول				
		خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	میانگین سالانه
درجه حرارت	میانگین حداکثر	۴۲/۸	۴۲/۵	۴۱/۵	۳۸/۴	۳۲/۳	۳۸
	میانگین حداقل	۲۴/۱	۲۷	۲۸/۵	۲۴	۱۵	۲۲
	حداکثر مطلق	۴۷/۵	۴۷	۴۷	۴۴	۳۹	۴۳
	حداقل مطلق	۱۳/۵	۱۷	۰	۱/۶	۱/۶	۵/۵
	میانگین	۳۲	۳۳/۴	۲۹/۳	۲۷	۳۰	۲۸/۵
بارندگی (میلی‌متر)		۰	۷/۷	۱۲/۷	۲/۸	۵	۸
میانگین رطوبت نسبی		۲۲/۱	۳۶/۶	۳۱	۲۹	۲۶/۵	۳۰

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک محل انجام تحقیق

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

جدول ۳- نتایج تجزیه شیمیایی خاک منطقه

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

جدول ۴- برخی خصوصیات شیمیایی آب مورد مطالعه

آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول (میلی‌گرم در لیتر)						EC (dS/m)	pH
Na^{+}	K^{+}	$Mg^{+2}+Ca^{+2}$	SO_4^{-2}	Cl^{-}	HCO_3^{-}		
۰/۹	۴/۵	۷	۲/۲	۲	۴/۲	۰/۷	۷/۱

برای تعیین زمان آبیاری از تانسیومترهایی در سه عمق ۱۵، ۳۵ و ۷۰ سانتی‌متری خاک و در وسط هر کرت و بر روی خط کشت بین دو بوته نصب شدند. از تانسیومتری که در عمق ۱۵ سانتی‌متری خاک نصب شده بود، برای قرائت در مرحله اولیه رشد و از تانسیومترهای نصب شده در اعماق ۳۵ و ۷۰ سانتی‌متری خاک، برای قرائت در مراحل میانی و پایانی رشد استفاده شد (۶۰ روز بعد از کشت). جهت انجام آبیاری در تیمار مورد نظر، تانسیومترها بطور کامل در نقطه پتانسیلی کنترل می‌شدند و زمانی‌که صفحه مدرج تانسیومتر نقطه پتانسیلی مورد نظر را نشان می‌داد آبیاری انجام می‌شد و فرآیند آبیاری تا جایی ادامه پیدا می‌کرد که رطوبت موجود در خاک به حد ظرفیت زراعی برسد (رابطه ۱). همچنین حجم آبیاری از حاصل‌ضرب عمق آبیاری (d_i) در سطح کرت، بدست آمد. حجم آب آبیاری برای هر تیمار به‌وسیله کنتور حجمی اندازه‌گیری می‌گردید و با توجه به اینکه سیستم آبیاری از نوع قطره‌ای بود و تمامی کرت‌های مورد مطالعه تحت کنتل بودند، راندمان آبیاری ۹۰ درصد در نظر گرفته شد.

$$d_i = d_{r(\theta_{Fc}-\theta_l)MAD} \qquad (1)$$

www.SID.ir

Archive of SID

که در آن:

d_i: نیاز آبیاری (mm)، d_r: عمق توسعه ریشه (mm)، θ_{Fc}: رطوبت حجمی خاک در نقطه ظرفیت مزرعه (اعشار)، θ_I: رطوبت حجمی در نقاط پتانسیلی (اعشار) و MAD: حد مجاز تخلیه رطوبت از خاک است که بر اساس توصیه سازمان خواربار جهانی (فائو) برای گیاه خیار، ۵۰ درصد از کل رطوبت قابل استفاده گیاه در ناحیه ریشه در نظر گرفته شد.

در این تحقیق برای مقایسه تیمارها علاوه بر در نظر گرفتن عملکرد و کارآیی مصرف آب شاخص‌های رشد گیاه از جمله قطر میوه، طول میوه، ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ نیز مورد ارزیابی قرار گرفتند به طوری که برای اندازه‌گیری این پارامترها در هر تیمار و در هر تکرار، ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و از میانگین آن‌ها استفاده گردید و با استفاده از نسبت میزان محصول برداشت شده از هر تیمار به میزان آب مصرفی، کارآیی مصرف آب اندازه‌گیری گردید (رابطه ۲). در نهایت داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن (در سطح احتمال یک و پنج درصد) انجام گردید.

$$WUE=Y_T/V_T \qquad (۲)$$

که در آن:

WUE: بهره‌وری آب (kg/m^3)، Y_T: عملکرد قابل ارائه به بازار (kg) و V_T: حجم آب آبیاری (m^3) می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای اعمال شده بر صفات مورد بررسی در جدول ۵ نشان داده شده است. نتایج حاکی از آن است که اثر تیمارهای آبیاری و ارقام بر تمامی صفات مورد بررسی در سطح ا احتمال یک درصد معنی‌دار و از بین اثر متقابل‌ها، تنها اثر متقابل سطوح آبیاری در ارقام بر صفت کارآیی مصرف آب در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار و سایر اثر متقابل‌ها بر صفات مورد بررسی غیرمعنی‌دار است.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد	کارآیی مصرف آب	شاخص سطح برگ	ارتفاع بوته	طول میوه	قطر میوه
سال Y	۱	۰/۰۶۳^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۰۳^{ns}	۰/۹۳۳۵^{ns}	۰/۰۰۱۷^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}
خطا (E_1)	۴	۳۱۴/۲۹	۲۲/۸۲	۰/۰۰۴۱	۲۵۲/۲۷۳۱	۰/۸۱۵۹	۰/۲۷۰۴
آبیاری A	۲	۶۱۹۴۵/۵۸**	۶۰۷/۳۱**	۰/۲۷۳۹**	۱۲۳۵/۱۰۳۹**	۱۵۳/۲۷۰۲**	۱۴۳/۱۶۱۷**
اثر متقابل YA	۲	۰/۷۶^{ns}	۰/۰۲۷^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۲/۵۰۴۶^{ns}	۰/۰۲۱۷^{ns}	۰/۰۰۰۳^{ns}
خطا (E_2)	۸	۵۸۸/۳۷	۳۶/۰۴	۰/۰۱۰۶	۳۷۳/۶۰۲۳	۱/۵۳۵۹	۰/۷۳۷۹
ارقام B	۲	۴۳۱۰/۹۷**	۱۷۴/۷۸**	۰/۱۱۴۸**	۳۲۷۸/۵۲۱۷**	۷/۳۸۵۷**	۴/۹۰۷۲**
اثر متقابل AB	۴	۶/۱۹۶^{ns}	۲/۴*	۰/۰۰۲۳^{ns}	۴/۷۸۳۹^{ns}	۰/۰۲۲۴^{ns}	۰/۴۸۹^{ns}
اثر متقابل YB	۲	۱/۱۳۵۳^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}	۰/۲۳۵۷^{ns}	۰/۰۱۰۶^{ns}	۰/۰۰۳۵^{ns}
اثر متقابل YAB	۴	۱/۲۲۳۹^{ns}	۰/۰۴۵^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۱۴۵۲^{ns}	۰/۰۰۲۲^{ns}	۰/۰۰۳۵^{ns}
خطا (E_3)	۲۴	۱۲/۲۲	۰/۶۹	۰/۰۰۰۹	۸/۹۵	۰/۲۵	۰/۱۹
% CV		۱/۵۹	۱/۹۵	۶/۶۱	۱/۸۶	۱/۳۳	۱/۹۸

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، *: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و ^{ns} عدم معنی‌دار

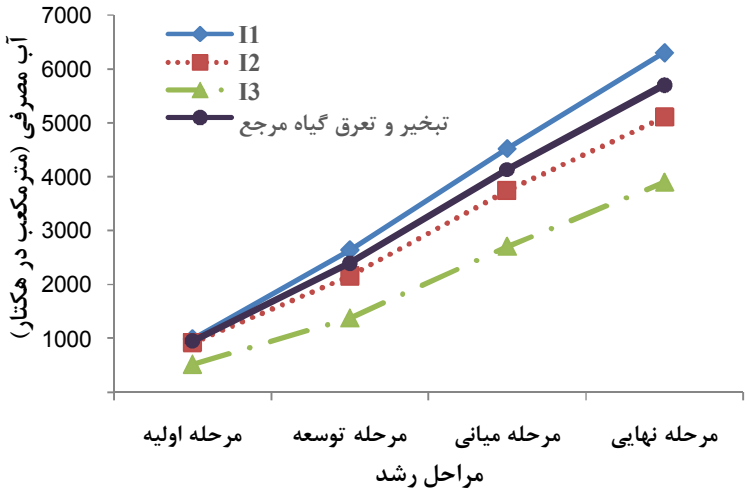
تعداد دفعات آبیاری و حجم آب مصرفی در تیمارهای مختلف

میزان آب مصرفی برای تیمارهای فرعی در یک تیمار اصلی یکسان در نظر گرفته شد. اما حجم آب مصرفی در تیمارهای آبیاری بر اساس آستانه پتانسیل مکش، متفاوت بود. حجم آب مصرفی در کل فصل رشد در تیمارهای I_1، I_2 و I_3 به‌ترتیب ۶۳۰۰، ۵۱۰۰ و ۳۹۰۰ مترمکعب در هکتار بود. در شکل ۱ میزان آب مصرفی را در مراحل مختلف رشد نشان داده شده است. مراحل رشد خیار شامل مرحله اولیه، توسعه، میانی و نهایی رشد

www.SID.ir

Archive of SID

می‌باشد که به ترتیب دارای طول دوره رشد بین ۱۵ تا ۱۸، ۲۸ تا ۳۰، ۳۲ تا ۳۶ و ۲۹ تا ۳۱ روز می‌باشد بیشترین آب مصرفی در هر سه سطح آبیاری در دوره رشد میانی رخ داده است (نمودار ۱). میانگین روزانه آب مصرفی با توجه به تراکم کشت در دوره ابتدای، توسعه، میانی و انتهایی به‌ترتیب در حدود ۰/۲٤، ۰/٤۱، ۰/۵ و ۰/٤٦ لیتر در روز در تیمار I_1 برای هر بوته، ۰/۲۳، ۰/۳۱، ۰/٤ و ۰/۳۵ لیتر در روز در تیمار I_2 برای هر بوته و ۰/۱۲، ۰/۲۱، ۰/۳۳ و ۰/۲۹ لیتر در روز در تیمار I_3 برای هر بوته حاصل گردید. مقایسه میزان مصرف آب در تیمارهای مختلف مکش رطوبتی در مرحله ابتدایی با مراحل بعدی رشد نشان می‌دهد که عمق کم نصب تانسیمتر (۱۵ سانتیمتر) باعث افزایش بیرویه مصرف آب در این مرحله گردیده است و جهت مصرف بهینه آب لازم است در عمق بیشتر خاک نصب گردد.

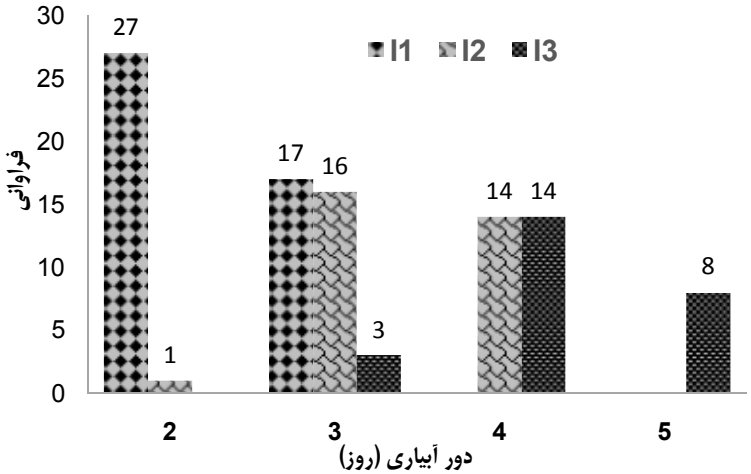


شکل ۱- میزان آب مصرفی تیمارهای مختلف در طول دوره رشد

علاوه بر حجم آب مصرفی، تنظیم زمان آبیاری بر اساس پتانسیل مکش، تعداد دفعات آبیاری را نیز تحت تأثیر قرار داد. صرف‌نظر از نوع تیمار، در اوایل فصل رشد، دورهای آبیاری کوتاه‌تر و با افزایش سن گیاه، دور آبیاری به‌دلیل توسعه ریشه و امکان استفاده از رطوبت موجود در اعماق پایین‌تر افزایش یافت. تغییر دور آبیاری متناسب با رشد گیاه در پژوهش دیگری نیز گزارش شده است (بورگ و گریمز، ۱۹۸٦). بر اساس شکل (۲)، بیش‌ترین فراوانی در تیمارهای I_1، I_2 و I_3 به‌ترتیب به دورهای آبیاری دو روزه، سه روزه و چهار روزه متعلق بود. مقایسه حداکثر فراوانی در تیمارهای مختلف مکش و حجم آب مصرفی نشان می‌دهد که افزایش دور آبیاری، کاهش حجم آب مصرفی در کل فصل رشد را موجب شده است. به نحوی که تغییر آستانه مکش جهت شروع آبیاری از ٤۵ به ٦۰ و ۷۵ سانتی‌بار به‌دلیل افزایش دورهای آبیاری به‌ترتیب باعث ۱۹/۰۵ و ۳۸/۱ درصد کاهش حجم آب مصرفی در مقایسه با تیمار شاهد شده است. این نتیجه با یافته‌های پژوهش‌های پیشین نیز مطابقت دارد (مائو و همکاران، ۲۰۰۳). بر اساس نتایج (مائو و همکاران، ۲۰۰۳)، حجم آب مصرفی خیار گلخانه‌ای در طول دوره رشد به‌ازای دور آبیاری ۳-۲ روز، ۵-۳ روز، ٦-۵ روز، ۱۲-۱۰ روز و ۲۰-۱۸ روز به‌ترتیب برابر با ٦۵٦، ۵٤٤، ٤۰٦، ۲۳۰ و ۱۸۸ میلی‌متر بود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- فراوانی دورهای آبیاری برای تیمارهای مکش رطوبتی در طول دوره رشد

شاخص‌های رشد

در جدول ٦ مقایسه میانگین صفات شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، قطر میوه و طول میوه تحت تأثیر سطوح آبیاری و ارقام، نشان داده شده است. همان‌طور که در این جدول مشخص است سطح آبیاری ٦٠ سانتی‌بار به رغم صرفه جویی ۱۹ درصدی (۱۲۰۰ مترمکعب در هکتار) در مصرف آب نسبت به سطح آبیاری ٤٥ سانتی-بار، تنها اختلافی در حدود دو درصد از لحاظ صفات شاخص سطح برگ و ارتفاع بوته با تیمار مذکور دارد و این دو تیمار از لحاظ آماری در یک گروه قرار گرفته‌اند. اما مقایسه دو صفت شاخص سطح برگ و ارتفاع بوته در سطح آبیاری ۷۵ سانتی‌بار نسبت به سطح آبیاری ٤٥ سانتی‌بار دارای اختلاف به ترتیب ٤٠ و ۸ درصدی دارد. این نتایج با نتایج بدست آمده از سایر مطالعات، همسو است (راحیل و همکارن، ۲۰۱۵). مقایسه میانگین این دو صفت تحت تأثیر ارقام مختلف نیز نشان می‌دهد که رقم دومینوس ($\mathbf{V_3}$) در صفت شاخص سطح برگ با اختلاف ۱۱/۱۱ و ۲۷/۸ درصدی و در صفت ارتفاع بوته با اختلاف ٦/٤ و ١٤/٢ درصدی به ترتیب نسبت به ارقام نگین و هیلارس در بهترین جایگاه قرار گرفته است. صفات قطر و طول میوه که در برگیرنده شاخص بازار پسندی گیاه خیار می‌باشند، تحت تأثیر سطوح آبیاری و ارقام، معنی‌دار می‌باشند. مقایسه میانگین این دو صفت نشان می‌دهد (جدول ۵) که نقطه پتانسیلی ٤٥ سانتی‌بار دارای بهترین جایگاه آماری می‌باشد و بعد از آن، نقاط پتانسیلی ٦٠ و ۷۵ سانتی‌بار به‌ترتیب با اختلاف ۲/۳ و ٥٦/٨ درصد در صفت قطر میوه و ۰/۷۳ و ۳۷/۲ درصد در صفت طول میوه نسبت به آن قرار گرفته‌اند. این نتایج با نتایج بدست آمده از سایر مطالعات، همسو است (راحیل و همکارن، ۲۰۱۵). همچنین رقم دومینوس ($\mathbf{V_3}$) در صفت قطر میوه با اختلاف ۵/۳ و ١٤/٥ درصدی و در صفت طول میوه با اختلاف ٤/٨ و ۱۰/۳ درصدی به ترتیب نسبت به ارقام نگین و هیلارس در بهترین جایگاه قرار گرفته است.

عملکرد

گیاه خیار تحت شرایط اعمال تنش رطوبتی خفیف، می‌تواند قدرت بازدهی عملکرد بالای خود را حفظ کند (مصلحی و همکاران، ۱۳۹۰). لذا نتایج به-دست‌آمده از مقایسه میانگین عملکرد خیار حاصل از اثر تیمار سطوح پتانسیلی (شکل ۳)، این موضوع را نشان می‌دهد. مقایسه دو سطح آبیاری ٤٥ و ٦٠ سانتی‌بار نشان می‌دهد که به‌رغم تنها اختلاف ۲/۷ درصدی در عملکرد این دو سطح آبیاری، در گروه‌های مختلف آماری قرار گرفته‌اند لذا عملکرد سطح آبیاری ٦٠ سانتی‌بار را می‌توان احتمالاً در راستای اثرات مثبت تنش جزئی در طول فصل رشد بر اجزاء عملکرد و همچنین اثرپذیری سایر اندام‌های گیاهی مرتبط با اجزاء عملکرد دانست که باعث عملکرد

www.SID.ir

Archive of SID

خوب تیمارهای اعمال شده تحت تنش خفیف شده است (سوجالا و سالو، ۲۰۰۵). همچنین عملکرد در سطح آبیاری ۷۵ سانتی‌بار با وجود مصرف ۲٤۰۰ متر مکعب آب کمتر از نقطه پتانسیلی ٤۵ سانتی‌بار، ٤۰/٦ درصد کاهش یافت. دلیل این امر را می‌توان شرایط تنش آبی شدید و وجود رقابت زیاد بین میوه‌های از قبل تشکیل شده و در حال تشکیل، در جذب مواد فتوسنتزی به سود میوه‌های از قبل تشکیل شده، جستجو کرد. در واقع در چنین شرایطی از تشکیل گل و میوه‌های جدید جلوگیری می‌شود (وانگ و همکاران، ۲۰۰۷). لذا کاهش شدید عملکرد در نقطه پتانسیلی ۷۵ سانتی‌بار نیز نشان دهنده چنین شرایطی است.

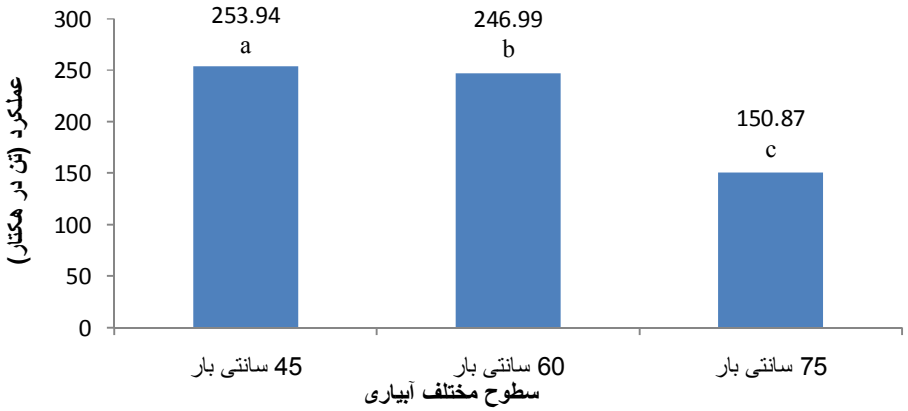
جدول ۶- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر سطوح آبیاری

تیمار	شاخص سطح برگ	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	قطر میوه (سانتی‌متر)	طول میوه (سانتی‌متر)
I_1	۰/۵۵ a	۱۸۲/۵ a	۸/۸ a	۱۳/۷ a
I_2	۰/۵۴ a	۱۸۲/۰ a	۸/۶ b	۱۳/۶ b
I_3	۰/۳۳ b	۱۶۷/۹ b	۳/۸ c	۸/۶ c

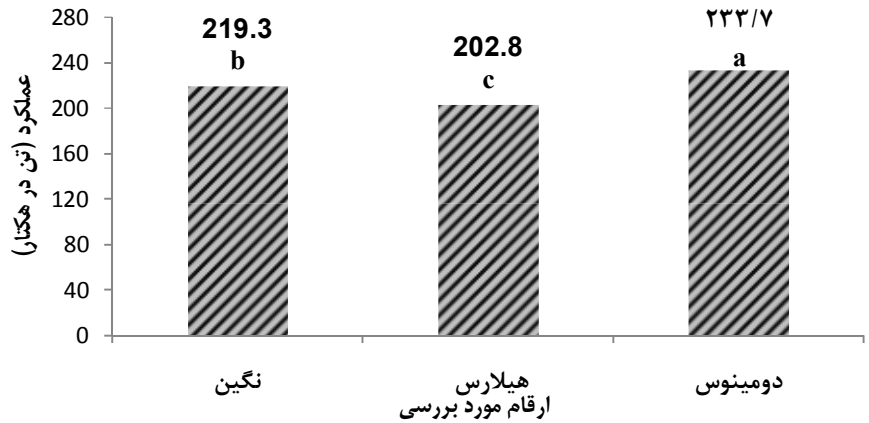
مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت تأثیر ارقام

تیمارها	شاخص سطح برگ (متر مربع)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	قطر میوه (سانتی‌متر)	طول میوه (سانتی‌متر)
V_1	۰/۴۸ b	۱۷۸/۴ b	۷/۲ b	۱۲/۰ b
V_2	۰/۳۹ c	۱۶۳/۵ c	۶/۵ c	۱۱/۳ c
V_3	۰/۵۴ a	۱۹۰/۵ a	۷/۶ a	۱۲/۶ a

میانگین‌ها با آزمون دانکن مقایسه شده اند. در هر ستون میانگین‌هایی که دارای یک حرف مشترک میباشند از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد فاقد تفاوت معنی دار هستند.



شکل ۳- مقایسه میانگین عملکرد خیار تحت تأثیر سطوح پتانسیل آب در خاک



شکل ۴- مقایسه میانگین عملکرد خیار تحت تأثیر ارقام مختلف خیار

www.SID.ir

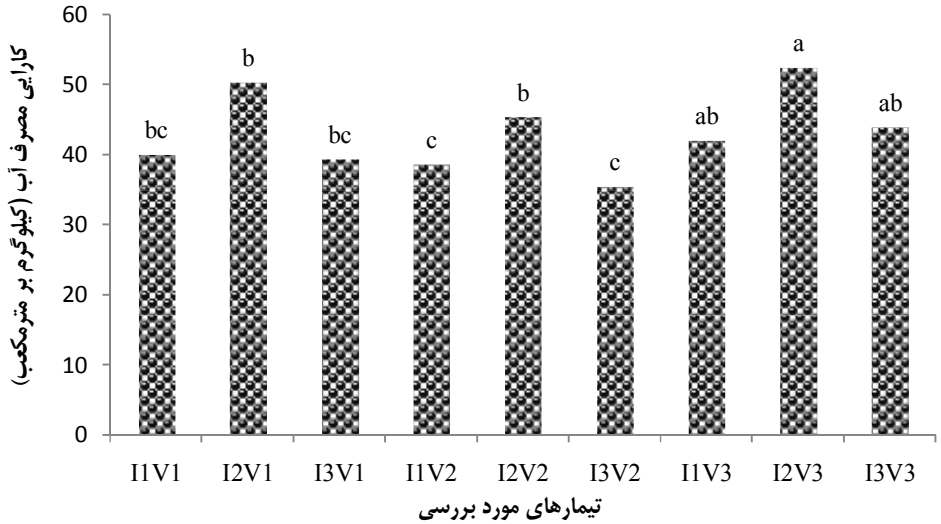
Archive of SID

مقایسه میانگین عملکرد خیار حاصل از اثر تیمار ارقام (شکل ٤) نشان می‌دهد که رقم دومینوس به ترتیب با اختلاف ٦/۲ و ۱۳/۲ درصدی به ترتیب نسبت به ارقام نگین و هیلارس در بهترین جایگاه قرار گرفته است.

کارآیی مصرف آب

اثر متقابل‌های سطوح آبیاری با ارقام مورد بررسی تنها بر صفت کارآیی مصرف آب در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۵). لذا با توجه به شکل ۵، سطح آبیاری ٦۰ سانتی‌بار اعمال شده در رقم دومینوس (I_2V_3) با کارآیی مصرف آب ۵۲/٤ کیلوگرم بر مترمکعب در بهترین جایگاه آماری قرار گرفته است. این در حالی است که سطح آبیاری ٦۰ سانتی‌بار اعمال شده در دو رقم نگین و هیلارس (I_2V_1 و I_2V_2) به ترتیب با اختلاف ٤/۹ و ۱۳/٤ درصدی نسبت به تیماری که در بهترین جایگاه آماری قرار گرفته است، از لحاظ آماری در جایگاه (ab) قرار گرفته‌اند. همچنین سطوح آبیاری ۷۵ و ٤۵ سانتی‌بار اعمال شده در رقم دومینوس در مقایسه با سطح آبیاری ٦۰ سانتی‌بار اعمال شده در همین رقم به ترتیب با کارآیی مصرف آب ٤۳/۹٤ و ٤۲/۰٦ کیلوگرم بر مترمکعب از لحاظ آماری در جایگاه (b) قرار گرفته‌اند. لذا می‌توان چنین نتیجه گرفت که رقم دومینوس علاوه بر اینکه دارای بهترین جایگاه در شاخص‌های رشد و عملکرد محصول می‌باشد، از بهترین جایگاه در کارآیی مصرف آب نیز قرار دارد.

دو تیمار سطح آبیاری ٤۵ و ۷۵ سانتی‌بار اعمال شده در رقم نگین با کارآیی مصرف آب به ترتیب ٤۰ و ۳۹/۳۹ کیلوگرم بر مترمکعب از لحاظ آماری در جایگاه (bc) قرار گرفته‌اند. دو تیمار آبیاری ٤۵ و ۷۵ سانتی‌بار اعمال شده در رقم هیلارس با کارآیی مصرف آب به ترتیب ۳۸/٦ و ۳۵/٤ کیلوگرم بر مترمکعب از لحاظ آماری در بدترین جایگاه قرار گرفته‌اند. سایر بررسی‌های انجام-گرفته در مورد کم‌آبیاری نیز کارآمدی این تکنیک مدیریتی در استفاده بهینه از هر واحد آب مصرفی و افزایش سود خالص را تأیید می‌نمایند (دوو و همکاران، ۲۰۱۳). در تحقیقی سه آستانه پتانسیل ۲۵، ٤۵ و ٦۵ سانتی‌بار را در کشت خیار گلخانه‌ای مورد مقایسه قرار دادند. نتایج نشان داد که تغییر در پتانسیل آب موجود در خاک سبب تغییر کارآیی مصرف آب می‌گردد و با کاهش میزان حجم آب مصرفی، کارآیی مصرف آب افزایش می‌یابد به‌طوری که میزان کارآیی مصرف آب در نقطه پتانسیلی ٦۵ سانتی‌بار ۲۷ درصد بیشتر از نقطه پتانسیلی ۲۵ سانتی‌بار بود (فرامرزپور و همکاران، ۱۳۹۱). این نتایج با نتیجه بدست آمده از تحقیق حاضر همسو است.



شکل ۵- مقایسه میانگین کارآیی مصرف آب خیار تحت تأثیر اثر متقابل مکش رطوبتی خاک در ارقام مختلف

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

مجموع نتایج حاصل از بررسی تأثیر سطوح مختلف پتانسیل ماتریک خاک بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارآیی مصرف آب ارقام مختلف خیار گلخانه‌ای، نشان می‌دهد که سطح آبیاری ٤٥ سانتی‌بار در شرایطی باعث افزایش ۲/۷ درصدی عملکرد محصول، دو درصدی صفات شاخص سطح برگ و ارتفاع بوته، ۲/۳ درصدی صفت قطر میوه و ۰/۷۳ درصدی صفت طول میوه نسبت به سطح آبیاری ٦۰ سانتی‌بار شده که علاوه بر اینکه کارآیی مصرف آب در سطح آبیاری ٦۰ سانتی‌بار از افزایش ۲۲ درصدی برخوردار بود، در این تیمار ۱۲۰۰ مترمکعب آب در هکتار (۱۹ درصد) نسبت به سطح آبیاری ٤٥ سانتی‌بار، در مصرف آب نیز صرفه جویی شد. عملکرد، قطر و طول میوه اعمال شده در تیمار ٤٥ سانتی‌بار از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نسبت به تیمار آبیاری شده با سطح ٦۰ سانتی‌بار بودند و سایر صفات مورد مطالعه در این دو تیمار از جایگاه یکسانی برخوردار بودند. تعیین زمان آبیاری بر اساس نصب تانسیومتر در عمق ۱۵ سانتیمتری از سطح خاک، میزان آب مصرفی را در مرحله اولیه رشد بیش از حد انتظار نشان داده است و توصیه می‌شود که در عمق پایین‌تری نصب گردیده و در آینده در این مورد تحقیقات بیشتری انجام شود. لازم به ذکر است که میزان عملکرد و کارایی مصرف آب بدست آمده در این تحقیق با مطالعه ملایی و ریاحی (۱۳۸٦) نشان می‌دهد که استفاده از تانسیومتر نسبت به تشت تبخیر می‌تواند باعث افزایش قابل ملاحظه‌ای در صفات یاد شده شود.

از طرف دیگر با توجه به اینکه میزان آب مصرفی در تیمارهای فرعی یکسان بود، رقم دومینوس نسبت به دو رقم دیگر از افزایش قابل ملاحظه‌ای در تمامی شاخص‌های مورد بررسی برخوردار بود. همچنین سطح آبیاری ٦۰ سانتی‌بار اعمال شده در رقم دومینوس با کارآیی مصرف آب ٥۲/٤ کیلوگرم بر مترمکعب در بهترین جایگاه آماری قرار گرفته است. این در حالی است که اعمال همین سطح آبیاری در ارقام نگین و هیلارس به ترتیب با اختلاف ٤/۹ و ۱۳/٤ درصدی نسبت به آن، از لحاظ آماری در جایگاه (ab) قرار گرفته‌اند.

با توجه به نتایج بدست آمده، اعمال تنش خفیف رطوبتی در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور و ترویج و توسعه روش‌های مدرن و سازگار با محیط می‌تواند نقش بسزایی در صرفه‌جویی مصرف آب و در نتیجه افزایش سطح زیرکشت داشته باشد. لذا اعمال سطح پتانسیلی ٦۰ سانتی‌بار در رقم دومینوس در سیستم آبیاری قطره‌ای می‌تواند در افزایش عملکرد، کارآیی مصرف آب و سطح زیرکشت خیار گلخانه‌ای نقش موثری داشته باشد.

فهرست منابع

۱. صدرقاین ح. ۱۳۹۱. اثر سه روش آبیاری میکرو بر عملکرد و کارآیی مصرف آب در خیار. نشریه آب و خاک. ۲٦ (۲): ٥۲۲-٥۱٥.

۲. فرامرزپور ع. دلشاد م. و پارسانژاد م. ۱۳۹۱. بررسی رشد، عملکرد و کارآیی مصرف آب در خیار گلخانه‌ای در شرایط مختلف رطوبت خاک با استفاده از تانسومتر، مجله علوم باغی ایران. ٤۳ (۳): ۲۹۲-۲۸٥.

۳. مصلحی ش. نجفی پ. طباطبائی ح. و نورمهناد ن. ۱۳۹۰. تأثیر تنش رطوبتی بر شاخص‌های رشد و عملکرد خیار گلخانه‌ای. نشریه آب و خاک. ۲٥ (٤): ۷۷٥-۷۷۰.

٤. ملایی ع. و ریاحی ح. ۱۳۸٦. تعیین آب مصرفی خیار گلخانه‌ای تحت روش‌های آبیاری میکرو. اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب. ۱-٦.

www.SID.ir

Archive of SID

۵. ممنوعی ا. دولتخواهی ع. و اسفندیاری ب. ۱۳۹۳. تأثیر سطوح مختلف تراکم بر عملکرد و خصوصیات کمی دو رقم خیار گلخانه‌ای. مجله علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۱۸ (۵): ۱۳۰-۱۲۳.

٦. مهرابی ح. ۱۳۸۷. بررسی اقتصادی تولید محصولات گلخانه‌ای در استان کرمان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ٤٤ (۱): ۲۸۲-۲۷۳.

7. Borg, H. and Grimes, D.W. 1986. Depth development of roots with time: An Empirical Description. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 29(1), 194- 197.
8. Debaeke, P. and Abdollah, A. 2004. Adaptation of crop management to water-limited environments. European Journal Agronomy. 21 (4): 433-446.
9. Deng, X.P. Shan, L. Zhang, H. and Turner, N.C. 2006. Improving agriculture water use efficiency in arid and semi-arid areas of China. Agricultural Water Management. 80 (1-3): 23–40.
10. 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.
11. Garcia, L. Rharrabit, Y. Villeg, D. and Royo, C. 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean conditions. Agronomy Journal. 95 (2): 266-274.
12. 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 (3): 219-228.
13. Rahil, M. and Qanadillo, A. 2015. Effects of different irrigation regimes on yield and water use efficiency of cucumber crop. Agricultural Water Management. 148 (31): 10-15.
14. Rahil, M.H. and Antonopoulos V.Z. 2007. Simulating soil water flow and nitrogen dynamics in a sunflower field irrigated with reclaimed wastewater. Agricultural Water Management. 92 (3): 142–150.
15. Suojala, T. and Salo, T. 2005. Growth and yield of pickling cucumber in different soil moisture circumstances. Scientia Horticulturae, 107 (1): 11-16.
16. 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 (2): 180-186.

www.SID.ir