

بررسی رشد، عملکرد و کارایی مصرف آب در خیار گلخانه ای در شرایط مختلف رطوبت خاک با استفاده از تانسومتر

علیرضا فرامرزیپور^۱، مجتبی دلشاد^{۲*} و مسعود پارسى نژاد^۳

۱، ۲، ۳. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیاران پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

(تاریخ دریافت: ۹۰/۱/۱۵ - تاریخ تصویب: ۹۰/۷/۱۰)

چکیده

عملکرد بالا و همچنین کیفیت مناسب از پیش شرط های لازم جهت دست یافتن به تولید سود آور خیار گلخانه ای می باشد. از طرف دیگر با توجه به بحران کمبود آب در جهان و بالاخص در ایران لازم است که در مصرف این سرمایه بزرگ صرفه جویی بعمل آید. به منظور بهینه سازی مصرف آب در کشت خاکی خیار گلخانه ای و تحت شرایط سیستم آبیاری قطره ای، با استفاده از تانسومتر، آزمایشی در یکی از گلخانه های سبزیکاری پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران صورت گرفت. هدف از انجام این آزمایش تعیین نقطه ی بهینه پتانسیل آب موجود در خاک به منظور دستیابی به حداکثر رشد و عملکرد خیار گلخانه ای است. سه آستانه پتانسیل ۲۵، ۴۵ و ۶۵ سانتی بار جهت شروع آبیاری مورد مقایسه قرار گرفتند. میزان حجم آب مصرفی در نقطه پتانسیلی ۲۵ سانتی بار، ۱/۲۴ برابر بیشتر از نقطه پتانسیلی ۴۵ سانتی بار و ۲/۰۳ برابر بیشتر از نقطه پتانسیلی ۶۵ سانتی بار بود. تغییر در پتانسیل آب موجود در خاک سبب تغییر در کارایی مصرف آب گردید و با کاهش میزان حجم آب مصرفی کارایی مصرف آب افزایش یافت به طوریکه میزان کارایی مصرف آب در نقطه پتانسیلی ۶۵ سانتی بار ۴۸ درصد بیشتر از نقطه پتانسیلی ۲۵ سانتی بار و ۴۶ درصد بیشتر از نقطه پتانسیلی ۴۵ سانتی بار بود. پتانسیل بیشتر آب در خاک سبب افزایش رشد رویشی گردید. کیفیت محصول رضایت بخش بود و تحت تاثیر سطوح مختلف رطوبتی خاک قرار نگرفت. در تیمار نقطه پتانسیلی ۶۵ سانتی بار چون میزان کارایی مصرف آب نسبت به دو تیمار دیگر ۴۸ درصد بیشتر بود و از طرفی دیگر چون کاهش کیفیت میوه رخ نداد در نتیجه نقطه پتانسیلی ۶۵ سانتی بار نقطه ای بهینه جهت آبیاری خیار گلخانه ای قابل توصیه است.

واژه های کلیدی: آبیاری قطره ای، پتانسیل آب خاک، تانسومتر، خیار، گلخانه

مقدمه

آب یکی از فاکتورهای اساسی است که کیفیت میوه به خصوص سفتی میوه را تحت تاثیر قرار می دهد (Ortega & Kretchman, 1982). (Janoudi & Widders, 1993) دریافتند زمانی که میزان مکش آب موجود در خاک به عدد ۶۰ تا ۸۰ سانتی بار برسد، میزان ذخیره

خیار گلخانه ای گیاهی است با رشد سریع که شرایط آب و هوای گرم و مرطوب را می پسندد. وجود آب کافی در خاک جهت افزایش رشد رویشی و به تبع آن ظرفیت فتوسنتزی الزامی است. همچنین قابلیت دسترسی به

مواد غذایی حدود ۵۰ درصد در گیاه خیار کاهش می یابد و در نتیجه کاهش ۵۰ درصدی وزن خشک رخ می دهد. هم چنین آنها گزارش دادند که برگشت این وضعیت به حالت اولیه خود تا ۱۲ ساعت بعد امکان پذیر می باشد.

کاهش رشد رویشی و به تبع آن کاهش ظرفیت فتوسنتزی سبب کاهش عملکرد محصول می گردد. علاوه بر این در تحت شرایط تنش آبی ممکن است تشکیل میوه تحت تاثیر رقابت شدید بین اندام های مختلف گیاه برای جذب مواد فتوسنتزی و آب قرار بگیرد.

Ortega & Kretchman (1982) دریافتند که در شرایط تنش آبی تا سطح ۸۰ سانتی بار، رقابت شدیدی بین میوه های بزرگتر و میوه های کوچکتر در جذب آب و مواد غذایی در گیاه خیار رخ می دهد که این رقابت در نهایت به نفع میوه های بزرگتر تمام می شود. یعنی میوه های بزرگتر به رشد خود ادامه می دهند در حالیکه از رشد میوه های کوچکتر شدیداً جلوگیری بعمل می آید. بنابراین به علت تاخیر در نمو میوه های جدید، تنش آبی وارد آمده به گیاه خیار می تواند تشکیل میوه را تا دو هفته بعد از آبیاری مجدد به تاخیر بیاندازد.

در سالهای اخیر سیستم آبیاری قطره ای در گلخانه های پرورش خیار گلخانه ای ایران رواج بیشتری پیدا کرده است. این سیستم دارای مزایایی از قبیل مدیریت بهتر آب و مواد غذایی، پتانسیل بالاتر عملکرد، افزایش کیفیت محصول و کنترل بیشتر میزان آب مصرفی می باشد (Ayars et al., 1999).

علیرغم استفاده از سیستمهای نسبتاً نوین آبیاری، متأسفانه بعلت کمبود اطلاعات، مدیریت این سیستمها اغلب ناکارآمد بوده و مبنای مشاهده ای دارد. اینکه زمان مناسب آبیاری چه وقت است و یا تواتر آبیاری چگونه باشد، موضوعی است که کمتر مورد توجه قرار گرفته است. تنظیم برنامه آبیاری فرآیندی است که در آن زمان مناسب آبیاری و مقدار آب مورد نیاز جهت آبیاری مشخص می شود. آبیاری کمتر از حد معمول و یا بیشتر از حد معمول و همچنین در زمان نامناسب سبب کاهش عملکرد می گردد. آبیاری بیش از اندازه مورد نیاز، سبب اتلاف آب، بالا رفتن هزینه پمپاژ آب و

آبشویی عناصر به خارج از منطقه توسعه ریشه می گردد. تنظیم برنامه آبیاری را می توان از طریق کنترل وضعیت آب موجود در خاک توسط تانسیومترها انجام داد. تانسیومترها وسایل اندازه گیری آب موجود در خاک می باشند که به تغییرات آب موجود در خاک حساس بوده و جهت تنظیم برنامه آبیاری وسایلی مفید می باشند. این وسایل از طریق اندازه گیری مکش وارد آمده به آب موجود در خاک عمل می نمایند (Alam & Rogers, 1997). Soujala & Salo (2005) به منظور تعیین نقطه بهینه جهت شروع آبیاری در خیار گلخانه ای با استفاده از تانسیومتر آزمایشی را انجام دادند. آنها دریافتند که آستانه بهینه جهت شروع آبیاری در خیار گلخانه ای بین ۱۵ تا ۳۰ سانتی بار می باشد. Wang et al. (2007a) به منظور بررسی اثر پتانسیل ماتریک خاک بر عملکرد، میزان تبخیر و تعرق، کارایی مصرف آب و کارایی مصرف آب آبیاری با استفاده از تانسیومتر آزمایشی را بر روی گیاه گوجه فرنگی انجام دادند. آنها از پنج نقطه پتانسیلی ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی بار استفاده نمودند.

نتایج حاصل از بررسی نشان داد که مقدار آب مصرف شده و میزان تبخیر و تعرق تحت تاثیر تیمار های مختلف آبیاری قرار می گیرد. بیشترین میزان آب مصرفی و بیشترین میزان تبخیر و تعرق از نقطه پتانسیلی ۱۰ و کمترین میزان آب مصرفی و همین طور کمترین میزان تبخیر و تعرق از نقطه پتانسیلی ۵۰ سانتی بار حاصل شد. حداکثر کارایی مصرف آب از نقطه پتانسیلی ۵۰ و حداقل کارایی مصرف آب از نقطه پتانسیلی ۱۰ سانتی بار حاصل شد. میزان عملکرد بطور مشخصی تحت تاثیر تیمار های مختلف آبیاری قرار نگرفت. آنها در پایان آزمایش نقطه پتانسیل ۵۰ سانتی بار را به عنوان نقطه بهینه جهت آبیاری گیاه گوجه فرنگی معرفی نمودند.

Sutton & Merrit (1993) به منظور بررسی اثر پتانسیل آب بر رشد و عملکرد گیاه کاهو آزمایشی را با استفاده از تانسیومتر انجام دادند. آنها جهت انجام آزمایش از تیمارهای: انجام آبیاری در نقطه ای که پتانسیل آب در حد FC (ظرفیت مزرعه) باشد، آبیاری در نقطه FC+10، آبیاری در نقطه FC-10 و آبیاری در

سانتی متر از هم کشت گردیدند. برداشت محصول از همه بوته ها صورت گرفت و برداشت محصول تا ۱۴۰ روز بعد از کشت نشاها ادامه داشت. بافت خاک از نوع لومی و میزان ماده آلی آن ۲/۴۱ درصد تعیین شد. درصد وزنی رطوبت در عمق ۲۵ سانتی متری خاک در نقطه ظرفیت زراعی ۲۲/۳۶ درصد و در نقطه پژمردگی دائم^۲ (PWP) ۱۳/۴ درصد تعیین گردید. گلخانه انتخابی از نوع گلخانه های شیشه ای دو طرفه به ارتفاع ۴ متر بود. تهویه گلخانه در طی روز و از طریق فن ها و پنجره های تعبیه شده در دیواره های گلخانه صورت می گرفت.

بذر های خیار گلخانه ای رقم Es 2750^۳ در ۷ مهر ماه ۱۳۸۷ در گلدان های نشایی کشت و نشا های حاصله پس از تشکیل ۲ جفت برگ حقیقی به زمین اصلی منتقل گردیدند. در طول دوره رشد، نشا ها دو مرتبه یکی ۱۵ روز و دیگری ۲۳ روز بعد از کشت بذر با کود کامل فوسامکو و با غلظت ۰/۰۵ در هزار از طریق آبیاری تغذیه گردیدند. کلیه مراقبت های لازم از قبیل تامین آب و نور کافی در حین پرورش نشاء بعمل آمد. جهت آبیاری گیاهان در زمین اصلی از سیستم آبیاری قطره ای و از قطره چکان های نوع تویی با دبی ۴ لیتر در ساعت استفاده گردید.

تانسیومتر ها قبل از نصب با آب مقطر پر گردید و در بین بوته ها و در روی ردیف کشت به فاصله ۲۰ سانتی متر از بوته و قطره چکان های آبیاری، در عمق ۲۵ سانتی متری خاک یعنی در منطقه حداکثر تراکم ریشه تعبیه گردیدند. جهت انجام آبیاری در نقطه پتانسیلی مد نظر، تانسیومترها به طور دائم کنترل می شدند و زمانیکه صفحه مدرج تانسیومتر عدد مورد نظر را نشان می داد سیستم آبیاری روشن و گیاهان آبیاری می گردیدند. جهت انجام کوددهی در زمین اصلی، قبل از کاشت از خاک نمونه آزمایشی تهیه و مورد آنالیز قرار گرفت و با توجه به آنالیز خاک و وجود مقدار کافی از عناصر پایه در خاک هیچ کود پایه ای به زمین داده نشد ولی در طول دوره رشد به فاصله هر ۲۰ روز یکبار از کود کامل فوسامکو با غلظت ۱/۵ در هزار بصورت محلول

نقطه FC-20 سانتی بار استفاده نمودند. نتایج نشان داد که بین تیمارها از لحاظ متوسط وزن گیاه تفاوتی وجود ندارد ولی با این وجود بهترین عملکرد تجاری در سطح وسیع از تیمار FC حاصل می شود. بر طبق نتایج بدست آمده بیشترین وزن تر و خشک گیاه از تیمار FC+10 و کمترین وزن تر و خشک از تیمار FC-20 سانتی بار حاصل گردید اما این اختلاف ناچیز بود. بیشترین کارایی مصرف آب از تیمار FC و کمترین کارایی مصرف آب هم از تیمار FC-20 سانتی بار حاصل گردید. با توجه به کمبود اطلاعات در این زمینه تلاش شد تا نقطه ای از پتانسیل آب موجود در خاک که برای شروع آبیاری مناسب باشد و بالاترین رشد و عملکرد خیار گلخانه ای را بدست آورد، تعیین گردد. علاوه بر این اثر پتانسیل آب خاک بر خصوصیات کیفی میوه نیز مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش ها

در این آزمایش سه رژیم رطوبتی خاک در قالب آزمایشهای گلخانه ای در گلخانه های سبزیکاری گروه علوم باغبانی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در سال ۱۳۸۷ مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفتند. جهت تعیین پتانسیل آب موجود در خاک در هر تیمار از یک تانسیومتر ساخت کمپانی IRROMETER مدل R-18 in (45cm) Depth در عمق ۲۵ سانتیمتری خاک استفاده گردید همچنین صحت کار این تانسیومترها توسط سنسورهای رطوبت خاک ساخت کمپانی فوق و تحت نام WaterMark مدل 6450 کنترل می گردید. سه نقطه پتانسیلی ۲۵، ۴۵ و ۶۵ سانتی بار جهت شروع آبیاری در نظر گرفته شد. میزان آب مصرفی در هر بار آبیاری به اندازه ای بود که پتانسیل آب خاک می بایست به نقطه ظرفیت زراعی^۱ (FC) معادل ۸ تا ۱۰ سانتی بار برسد. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و ۱۶ بوته در هر کرت آزمایشی و در مجموع ۱۴۴ بوته انجام گرفت. بوته های آزمایشی بر روی ردیف هایی به موازات هم با فاصله بین ردیف ۱۲۰ سانتی متر و فاصله بین بوته ۴۰

2. Permanent Wilting Point (PWP)

1. Field Capacity (FC)

فتوسنتز خالص (NAR₄) و سرعت توسعه برگ (LER₅) با استفاده از فرمولهای حاصله برای ۴ گیاه در هر کرت محاسبه گردید (Wien, 1997).

آنالیز آماری

تجزیه آماری داده ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون LSD بر اساس طرح آزمایشی صورت گرفت.

نتایج و بحث

اثر تیمار آبیاری بر متوسط تعداد میوه در هر بوته

نتایج نشان داد که اثر تیمار آبیاری بر متوسط تعداد میوه در هر بوته در سطح ۵ درصد معنی دار شد (جدول ۲). در نقطه شروع پتانسیل ۲۵ سانتی بار، چون گیاهان بیشترین میزان آب را دریافت نمودند، در نتیجه بیشترین تعداد میوه (به طور متوسط ۲۵ میوه در هر بوته) در این نقطه پتانسیلی مشاهده گردید. در نقطه پتانسیلی ۴۵ سانتی بار نسبت به نقطه ۶۵ سانتی بار نیز تعداد میوه ها اندکی بیشتر بود اما این تفاوتها از نظر آماری معنی دار نشد (به ترتیب ۲۰ و ۱۸ میوه در هر بوته) (جدول ۱).

در نقطه پتانسیلی ۶۵ سانتی بار به علت وقوع تنش از تعداد میوه هر بوته کاسته گردید. گزارش های موجود نشان می دهد که در شرایط تنش آبی رقابت شدیدی در جذب مواد فتوسنتزی در گیاه برقرار می گردد و عملاً این رقابت به نفع میوه های از قبل تشکیل شده و بزرگتر تمام می گردد. در واقع در چنین شرایطی از تشکیل گلها و میوه های جدید جلوگیری بعمل می آید (Ortega & Kretchman, 1982).

کاهش تعداد میوه در تیمار ۶۵ سانتی بار نیز نشان دهنده چنین واقعیتی می باشد. هر چه آب آبیاری بیشتر شود، گیاه دارای کانوپی بزرگتری می شود که قادر است مخزن زایشی بزرگتری را نیز تغذیه نماید و به میزان کافی ماده خشک به آن اختصاص دهد و در نتیجه تعداد میوه در بوته افزایش می یابد. Jalilian et al. (2005) و Sadeghi & Rezvanimoghdam

پاشی و یا از طریق سیستم آبیاری استفاده گردید. جهت کنترل بیماری های قارچی خاکزی از سم بنومیل به میزان ۵ در هزار و بصورت آبیاری یک هفته قبل از کشت استفاده گردید. در طول دوره رشد جهت کنترل بیماری سفیدک پودری از سم دینوکاپ به میزان یک در هزار و جهت کنترل شته ها از سموم پرمور و کنفیدر به میزان نیم در هزار استفاده گردید.

اندازه گیری ها

در طول و پایان آزمایش صفات مختلفی مورد اندازه گیری و ارزیابی قرار گرفتند. رشد طولی برای چهار گیاه در هر کرت آزمایشی اندازه گیری شد. تعداد برگها و میوه ها برای تمام گیاهان شمارش گردید. عملکرد همه بوته ها به طور جداگانه اندازه گیری شد و بصورت کیلو گرم در مترمربع بیان گردید. در هر کرت برای شش بوته سطح برگ آنها اندازه گیری شد.

در اواسط دوره (هشتاد روز پس از کاشت بذر) و همچنین در پایان دوره رشد، تعدادی میوه از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و وزن خشک آنها محاسبه گردید. در پایان دوره تعدادی از بوته ها (چهار بوته در هر کرت) خرد گردید و وزن خشک بوته (شامل ساقه، برگ و گل) آنها محاسبه گردید. در طول و پایان دوره رشد، تعدادی میوه انتخاب و طول و قطر آنها مورد اندازه گیری قرار گرفت. میزان مصرف آب برای هر تیمار به طور جداگانه اندازه گیری شد.

در پایان آزمایش کارایی مصرف آب برحسب مترمکعب آب مصرفی بر کیلوگرم عملکرد تولیدی محاسبه گردید. در طول و پایان دوره رشد تعدادی میوه به طور تصادفی از هر کرت انتخاب و اسیدیته قابل تیتراسیون با استفاده از دستگاه رفرتومتر دستی مدل کراس^۱ ساخت کشور آلمان و همچنین سفتی بافت میوه با استفاده از دستگاه پنترومتر دستی با نوک ۴ میلی متر ساخت کشور آمریکا مورد ارزیابی قرار گرفت. در پایان آزمایش تعدادی از شاخه های رشد مثل شاخص سطح برگ (LAI ۲)، سرعت نسبی رشد (RGR^۳)، میزان

4. Net Assimilation Rate
5. Leaf Expansion Rate

1. Kruss
2. Leaf Area Index
3. Relative Growth Rate

(2008) با بررسی بر روی گیاه نخود به نتایج مشابهی دست یافتند.

جدول ۱- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه برای رژیم های مختلف آبیاری خیار گلخانه ای

صفت تیمار	تعداد میوه در هر بوته	طول ساقه (سانتی متر)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم/ سانتی متر مکعب)	LAI ^۱ (متر مربع / مترمربع)	NAR ^۲ (گرم، مترمربع، روز)
IR: -۲۵	۲۵ a	۷۲۲ ab	۵۳/۲۲ b	۷۶/۳۲ a	۹۹/۱ b
IR: -۴۵	۲۰ b	۷۵۴ a	۲۷/۲۳ b	۵۴/۳۳ a	۹۰/۱ b
IR: -۶۵	۱۸ b	۶۷۳ b	۲۸/۴۲ a	۵۶/۱۸ b	۷۹/۲ a

* در هر ستون حروف مشابه بمعنی عدم وجود تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد می باشد.

IR: نقطه شروع آبیاری بر حسب سانتی بار. ۱: شاخص سطح برگ (leaf area index)، ۲: سرعت فتوسنتز خالص (Net Assimilation Rate)

اثر تیمار آبیاری بر رشد طولی ساقه

نتیجه بررسی نشان داد که اثر تیمار آبیاری بر رشد طولی ساقه در سطح ۵ درصد معنی دار شد (جدول ۲). تیمار آبیاری با نقطه شروع ۴۵ سانتی بار بیشترین رشد طولی را نشان داد (به طور متوسط ۷۵۴ سانتی متر) و نقطه شروع آبیاری ۶۵ سانتی بار کمترین رشد طولی ساقه را نشان داد (به طور متوسط ۶۷۳ سانتی متر) در حالیکه در نقطه شروع آبیاری ۲۵ سانتی بار میزان رشد طولی گیاهان حد واسط بود (به طور متوسط ۷۳۳ سانتی متر) (جدول ۱). با اینکه میزان آب دریافتی نقطه پتانسیلی ۲۵ سانتی بار بیشتر از ۴۵ سانتی بار بود اما رشد طولی ساقه در نقطه ۴۵ سانتی بار بیشتر از نقطه ۲۵ سانتی بار بود. این امکان وجود دارد که وجود آب اضافی در خاک در نقطه پتانسیل ۲۵ سانتی بار اثر منفی بر رشد گیاهان بر جای گذاشته باشد. در تیمار شروع آبیاری در نقطه پتانسیل ۴۵ سانتی بار، احتمالاً مقدار آب و اکسیژن در خاک در حد بهینه بوده در

نتیجه بیشترین رشد طولی ساقه مشاهده گردید. شروع آبیاری در نقطه پتانسیل ۶۵ سانتی بار سبب دریافت آب کمتر نسبت به دو تیمار دیگر و ایجاد تنش آبی در گیاه شده و در نتیجه رشد طولی ساقه هم کاهش نشان داد. Wang et al. (2007b) در بررسی ای که بر روی گیاه سیب زمینی انجام دادند نشان دادند که با افزایش پتانسیل آب در خاک (بیشتر منفی شدن) ارتفاع گیاه هم کاهش می یابد. آنها در آزمایش خود از پنج پتانسیل ماتریکس ۱۵ ، ۲۵ ، ۳۵ ، ۴۵ و ۵۵ سانتی بار جهت آبیاری استفاده نمودند که به ترتیب ارتفاع گیاه ۱۵، ۲۵، ۳۵، ۴۵ و ۵۵ سانتی متر حاصل گردید. در این آزمایش نیز ارتفاع گیاه در پتانسیل ۲۵ از پتانسیل ۱۵ سانتی بار بیشتر بوده است. این پژوهشگران دلیل این وضعیت را مناسب بودن تعادل آب و اکسیژن خاک در نقطه پتانسیل ۲۵ سانتی بار نسبت به نقطه ۱۵ سانتی بار ذکر کرده اند.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده

غیرات	درجه	میانگین مربعات	متوسط وزن میوه	عملکرد	متوسط تعداد	متوسط	TSS	درصد ماده	وزن مخصوص	سرعت رشد	میزان فتوسنتز	کارایی مصرف	متوسط طول ساقه	شاخص سطح برگ
آزادی			میوه	میوه	میوه	سنتی میوه	میوه	خشک میوه	برگ	محمول	خالص	آب		
آبیاری	۲	۱۵۵۳/۳۹ **	۷۵/۵۰ *	ns	۱/۲۹	۰/۰۰۸ns	۴۹/۷۹ns	۲/۴×۱۰ ^{-۳} **	۱۳/۵۹ ns	۱/۴×۱۰ ^{-۳} **	۷۲/۲۱**	۱۰۲۸۷/۱۸ *	۴/۲۴×۱۰ ^{-۳} **	
خطای	۶	۴۷/۳۹ns	۴۲/۵۰ *	ns	۱/۴۹	۰/۰۰۴ns	۳۱/۳۸ns	۴/۲×۱۰ ^{-۳} *	۳۶/۱۷ns	۳**	۹/۵ns	۴۵۴۰/۷۹ns	۳/۶۰×۱۰ ^{-۳} ns	
کوت		۱/۴۹						۱/۳×۱۰ ^{-۳}						
CV%		۹/۰۴	۱۳/۰۴	۱۱/۷۰	۹/۹۲	۲/۴۴	۱۱/۲۳	۲/۰۷	۱۶/۴۶	۱۶/۰۲	۱۳/۰۶	۶/۲۱	۱۵/۶۱	

ns= معنی دار نبودن ** = معنی دار بودن در سطح ۱ درصد * = معنی دار بودن در سطح ۵ درصد

اثر تیمار آبیاری بر کارایی مصرف آب

بر طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر تیمار آبیاری بر کارایی مصرف آب در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۲). در بین تیمارهای مختلف آبیاری بیشترین کارایی مصرف آب از نقطه پتانسیل ۶۵ سانتی بار (به طور متوسط ۴۲ کیلوگرم بر مترمکعب) و کمترین کارایی مصرف آب از نقطه پتانسیل ۲۵ سانتی بار (به طور متوسط ۲۲ کیلوگرم بر مترمکعب) حاصل شد (جدول ۱). تفاوت کارایی مصرف آب بین نقطه پتانسیل ۲۵ و ۴۵ سانتی بار خیلی کم (غیر معنی دار) بود اما تفاوت بین این دو نقطه با نقطه پتانسیل ۶۵ سانتی بار زیاد بود. مصرف آب کمتر در تیمار ۶۵ سانتی بار و کاهش ناچیز در عملکرد حاصله این تیمار، افزایش کارایی مصرف آب را سبب گردید. نتایج پژوهشهای مختلف نشان داده است که کنترل میزان مصرف آب سبب جلوگیری از هدرفتن آن و بهبود کارایی مصرف آب در بسیاری از محصولات کشاورزی از قبیل کاهو (Sutton & Merit, 1993) و گوجه فرنگی (Ramalan & Nwokeocha, 2000) می گردد.

در نقطه پتانسیل ۶۵ سانتی بار در هنگام آبیاری مجدد خاک وضعیت خشک تری از خاک وجود داشت. با توجه به اینکه هر چه خاک خشک تر باشد قدرت جذب آب در خاک افزایش می یابد (Alizadeh, 1997). در تیمار فوق نسبت به دو نقطه دیگر در هنگام آبیاری مجدد، آب بیشتری جذب ذرات خاک و به دنبال آن جذب گیاه شده و آب کمتری از طریق تبخیر هدر می رود. نتیجه اینکه از آب داده شده به گیاه مقدار بیشتری از آن به مصرف گیاه و تولید محصول می رسد. از طرفی دیگر در نقطه پتانسیل ۶۵ سانتی بار ممکن است هنوز رطوبت در حد تخلیه مجاز رطوبتی قرار داشته باشد و تنش مؤثر بر گیاه اعمال نشود و ضمن آنکه مقدار کل آب مصرفی کاهش پیدا می کند و در نتیجه کارایی مصرف آب افزایش می یابد (Alizadeh, 1997). در آزمایش فوق عملکردها از نظر آماری تقریباً یکسان بود (بترتیب میزان متوسط عملکرد ۸/۶۵، ۸/۷۸ و ۸ کیلوگرم در مترمربع برای نقاط پتانسیلی ۲۵، ۴۵ و ۶۵ سانتی بار بود) اما مقدار مصرف آب در تیمارهای مختلف متفاوت بود. میزان آب مصرفی در تیمار ۱ (نقطه

شروع ۲۵ سانتی بار)، تیمار ۲ (نقطه شروع ۴۵ سانتی بار) و تیمار ۳ (نقطه شروع ۶۵ سانتی بار) به ترتیب ۱۲۵، ۱۰۳ و ۶۵ لیتر برای هر بوته در کل دوره رشد بود. بنابراین میزان آب مصرفی تیمار ۲۵ سانتی بار ۱/۲۴ برابر تیمار ۴۵ سانتی بار و ۲/۰۳ برابر تیمار ۶۵ سانتی بار و همچنین میزان آب مصرفی تیمار ۴۵ سانتی بار ۱/۶۵ برابر تیمار ۶۵ سانتی بار بود. با توجه به اینکه کارایی مصرف آب بصورت کسر (مقدار مصرف آب/عملکرد) محاسبه گردید در نتیجه با کوچکتر شدن عدد مخرج، میزان کسر بزرگتر شده در نتیجه کارایی مصرف آب هم افزایش یافته است.

بررسی ای که Wang et al (2007a) بر روی گوجه فرنگی انجام دادند نشان دادند که با افزایش پتانسیل ماتریک (بیشتر منفی شدن) در زمان شروع آبیاری میزان کارایی آب مصرفی هم افزایش می یابد. آنها جهت انجام آزمایش ۵ نقطه پتانسیلی ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ سانتی بار را با هم مورد مقایسه و ارزیابی قرار دادند که در پایان آزمایش بیشترین کارایی مصرف آب از نقطه پتانسیلی ۵۰ سانتی بار و کمترین کارایی مصرف آب از نقطه پتانسیلی ۱۰ سانتی بار حاصل گردید. این نتایج توسط پژوهشگران دیگری نیز تایید شده است. (Kang & Wan, 2005 ; Hodnett et al., 1990 ; Nishihara et al., 2001 ; Mao et al., 2003 Wang et al., 2007b).

اثر تیمار آبیاری بر شاخص سطح برگ (LAI)

وضعیت رطوبتی خاک تاثیر واضحی بر وضعیت سطح برگ گیاهان بر جای می گذارد که این موضوع از جنبه گسترش گیاه، سطح فتوسنتز کننده و در نتیجه عملکرد حائز اهمیت می باشد. در این آزمایش سطح برگ گیاهان از طریق شاخص سطح برگ مورد مقایسه قرار گرفت. بر طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر تیمار آبیاری بر شاخص سطح برگ در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۲). بالاترین شاخص سطح برگ از نقطه پتانسیل ۴۵ سانتی بار و پایین ترین شاخص سطح برگ از نقطه پتانسیل ۶۵ سانتی بار بدست آمد و تفاوت بین نقاط ۲۵ سانتی بار و ۴۵ سانتی بار از نظر آماری معنی دار نبود. گزارش های موجود نشان می دهد هر چه میزان آب در خاک بیشتر باشد رشد برگها و میزان توسعه سطح آنها هم بیشتر خواهد بود (Wang et al., 2007). در این آزمایش با اینکه میزان آب دریافتی نقطه

تیمار دیگر اگرچه تراکم برگهای گیاه بیشتر بوده است اما احتمالاً گیاهان از نور کمتری بهره مند گردیده و در نتیجه بازده برگهای گیاه به طور کامل بروز نیافته است. در واقع به نظر می رسد که برگهای تیمار ۶۵ سانتی بار که تحت تنش جزئی کم آبی قرار گرفته اند ضخیم تر و سنگین تر از دو تیمار دیگر شده (با محاسبه وزن مخصوص برگ هم چنین نتیجه ای حاصل شد) و چون تنش جزئی حاصله تاثیر مهمی بر فرآیند فتوسنتز نداشته است، واحد سطح برگ آنها در زمان مساوی ماده خشک بیشتری سنتز کرده است. در بررسی ای که Parsa et al. (2009) بر روی سه رقم از گیاه نخود زراعی انجام دادند نشان دادند که با افزایش پتانسیل آب در خاک (بیشتر منفی شدن) مقدار NAR هم افزایش می یابد. آنها در آزمایش خود از سه رژیم مختلف آبیاری شامل آبیاری کامل، آبیاری تکمیلی و بدون آبیاری (دیم) جهت آبیاری استفاده نمودند که بیشترین NAR از رژیم آبیاری تکمیلی حاصل شد این پژوهشگران دلیل این وضعیت را به خاطر توزیع مناسب تر پوشش گیاهی و به دنبال آن دریافت بهتر نور توسط کانوپی گیاه ذکر کردند. Koochaki & Banaian aval (1997) اظهار داشتند میزان فتوسنتز خالص با زمان ثابت نمی باشد و با افزایش سن گیاه یک افت نزولی در رشد و تکامل نشان می دهد و این افت نسبی در محیط نامناسب و تنش خشکی تسریع می شود، لذا هنگامی که برگهای جدیدی اضافه می شوند به علت سایه اندازی برگها روی یکدیگر وزن خشک بدست آمده به ازای واحد سطح برگ کاهش می یابد.

نتیجه گیری کلی

با توجه به بحران کمبود آب در ایران و ارزش بالای این سرمایه بزرگ در بخش کشاورزی ضروری است که در مصرف این سرمایه ملی صرفه جویی بعمل آید و از این سرمایه بزرگ به بهترین نحو استفاده شود. پژوهش حاضر در جهت نیل به این هدف انجام شد. در تیمار نقطه پتانسیلی ۶۵ سانتی بار چون میزان کارایی مصرف آب نسبت به دو تیمار دیگر ۴۸ درصد بیشتر بود و از طرفی دیگر چون کاهش کیفیت میوه رخ نداد (شاخص های کیفی از قبیل سفتی بافت میوه، میزان مواد جامد محلول میوه، طول میوه و قطر میوه اندازه گیری شد و

پتانسیلی ۲۵ سانتی بار بیشتر از ۴۵ سانتی بار بود اما رشد برگها و میزان توسعه سطح آنها در هر دو تیمار یکسان بود. این امکان وجود دارد که وجود آب اضافی در خاک در نقطه پتانسیل ۲۵ سانتی بار سبب کمبود اکسیژن در خاک شده در نتیجه رشد برگها و میزان توسعه سطح آنها بیشتر از تیمار ۴۵ سانتی بار افزایش نیافته است. در نقطه پتانسیل ۴۵ سانتی بار احتمالاً مقدار آب و اکسیژن در خاک در حد بهینه بوده و در نتیجه بیشترین رشد برگ و توسعه آن اتفاق افتاده است. در نقطه پتانسیل ۶۵ سانتی بار با توجه به دریافت آب کمتر نسبت به دو نقطه دیگر و ایجاد تنش آبی در گیاه، رشد برگ ها و میزان توسعه آنها هم در کمترین حد بود. با بررسی که Hegde & Srinivase (1989) بر روی گیاه موز انجام دادند نشان دادند که با افزایش میزان رطوبت در خاک میزان شاخص سطح برگ هم افزایش می یابد.

آنها ۴ نقطه پتانسیل ۲۵ ، ۴۵ ، ۶۵ و ۸۵ سانتی بار را با هم مورد مقایسه و ارزیابی قرار دارند که بالاترین شاخص سطح برگ از نقطه ۲۵ سانتی بار و پایین ترین شاخص از نقطه ۸۵ سانتی بار حاصل گردید.

اثر تیمار آبیاری بر میزان فتوسنتز خالص (NAR)

اینکه گسترش سطح برگ به خودی خود سودمند باشد یا نه، موضوعی است که با دقت بر روی کارایی واحد سطح برگ قابل تفسیر است. بدین جهت در این آزمایش این شاخص مورد اندازه گیری و محاسبه قرار گرفت. بر طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثر تیمار آبیاری بر میزان فتوسنتز خالص در سطح ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۲). بیشترین میزان فتوسنتز خالص از نقطه پتانسیلی ۶۵ سانتی بار و کمترین میزان فتوسنتز خالص از نقطه پتانسیلی ۴۵ سانتی بار حاصل گردید اما تفاوت بین نقاط پتانسیلی ۲۵ و ۴۵ سانتی بار معنی دار نبود. NAR بیشتر بدان معنی است که واحد سطح برگ بازده بیشتری داشته و ماده خشک بیشتری تولید کرده است. در نقطه پتانسیل ۶۵ سانتی بار به خاطر دریافت آب کمتر، تعداد و تراکم برگها کمتر بوده است. اما کمبود رطوبت آنقدر کم نبوده که از کارایی برگها بکاهد، بلکه احتمالاً بعثت اینکه برگهای موجود نور بیشتری را دریافت کرده اند، بازده بیشتری بروز داده اند. در دو

تفاوت معنی داری بین تیمارها مشاهده نشد) در نتیجه آبیاری کلیه ارقام کشت شده خیار گلخانه ای در گلخانه نقطه پتانسیلی ۶۵ سانتی بار نقطه ای بهینه جهت های ایران قابل توصیه است.

REFERENCES

1. Alam, m. & Rogers, D.H. 1997. Tensiometer use in scheduling irrigation. Kansas state university agricultural experment station and cooperative extention service, Manhattan, kansas. File code: engineering 4-3 (irrigation)
2. Alizadeh, A. 1997. Relationship of Water, Soil and Plant. *Astan-e Quds Razavi Publications*. 353p.(in Farsi).
3. Ayars, J. E., Phene, C. J., Hutmacher, R. B., Davis, K. R., Schoneman, R. A., Vail, S. S. & Mead, R. M. 1999. Subsurface drip irrigation of row crops: a review of 15 years of research at the water management research Laboratory. *Agricultural Water Management*, 42, 1-2.
4. Hegde, D. M.& Srinivas, K. 1989. Effect of soil matric potential and nitrogen on growth, yield, uptake and water use of banana. *Agricultural Water Management*, 16, 109-117.
5. Hodnett, M. G., Bell, J. P., Ah Koon, P. D., Soopramanien, G. C.& Batchelor, C. H. 1990. The control of drip irrigation of sugarcane using "index" tensiometers: some comparisons with control by the water budget method. *Agricultural Water Management*, 17, 189-207
6. Jalilian, j., Modaresesnavi, S. A. M. & Sabaghpour, S.H. 2005. Effect of plant density and supplemental irrigation on yield, yield component and protein content of Cicer (*Cicer aritinum*) 4 cultivar in condition dry farm. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*, 12, 1-9. (in Farsi)
7. Janoudi, A. K. & Widders, I. E. 1993. Water deficits and fruiting affect carbon assimilation and allocation in cucumber plants, *HortScience*, 28, 98-100.
8. Janoudi, A. K., Widders, I. E. & Flore, J. A. 1993. Water deficits and environmental factors affect photosynthesis in leaves of cucumber. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 118, 366-370.
9. Kang, Y & Wan.S. 2005. Effect of soil water potential on radish (*Raphanus sativus* L.) growth and water use under drip irrigation. *Scientia Horticulturae*, 106, 275-292.
10. Koochaki, A. & Banaian aval, M. 1997. Pulse crops. Jahad-e daneshgahi mashhad Publications. 236p.(in Farsi).
11. Mao, X ., Liu, M ., Wang , X ., Liu , Ch ., Hou , Zh . & Shi , J . 2003 . Effects of deficit irrigation on yield and water use of greenhouse growth cucumber in the North China Plain. *Agricultural Water Management*, 61, 219-228.
12. Nishihara, E ., Inoue , M., Kondo , K ., Takahashi , K. & Nakata, N. 2001. Spinach yield and nutritional quality affected by controlled soil water matric head. *Agricultural Water Management*, 51, 217-229.
13. Ortega, D. G. & Kretchman, D. W. 1982. Water stress effects on pickling cucumber. *HortScience*, 107, 409-412.
14. Parsa, M., Ganjali, A., Rezaeianzadeh, E. & Nezami, A . 2009. Effect of supplement irrigation on and growth indexes of three Cicer cultivar in Mashhad region. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8, 27-39. (in Farsi).
15. Ramalan, A. A. & Nwokeocha, C.U. 2000. Effects of furrow irrigation methods, mulching and soil water suction on the growth, yield and water use efficiency of tomato in the Nigerian savanna. *Agricultural Water Management*, 45, 317-330.
16. Rezvani Moghadam, P. & Sadeghi Samarjan, R. 2008. Effect of sowing dates and different irrigation regimes on morphological characteristics and grain yield of chickpea (*Cicer aritinum* L.) (Cultivar 3279 ILC). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 6, 315-325. (in Farsi)
17. Suojala-Ahlfors, T. & Salo, T. 2005 . Growth and yield of pickling cucumber in different soil moisture circumstances . *Scientia Horticulturae* , 107, 11-16.
18. Sutton, B.G. & Merit, N. 1993. Maintenance of lettuce root zone at field capacity gives best yields with drip irrigation. *Scientia Horticulturae*, 56, 1-11.
19. Wang, D., Kang, Y. & Wan, S.(2007a). Effect of soil matric potential on tomato yield and water use under drip irrigation condition. *Agricultural Water Management*, 87, 180-186.
20. Wang, F-X., Kan, Y., Liu, S-P . & Hou, X-Y.(2007b). Effect of soil matric potential on potato growth under drip irrigation in the North China Plain. *Agricultural Water Management*, 88, 34-42.
21. Wien. 1997. The physiology of vegetable crops. CABI publishing 662 pp.