

## تأثیر کم آبیاری روی رشد و عملکرد خیار گلخانه‌ای

نادر کریمی<sup>۱</sup>، علی اشرف صدرالدینی<sup>۲\*</sup>، امیر حسین ناظمی<sup>۳</sup>، داود فرسادی زاده<sup>۳</sup>، علی حسین زاده دلیر<sup>۲</sup> و فرهاد دهقانی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۲/۷

تاریخ پذیرش: ۸۸/۲/۱

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲ و ۳- دانشیار و استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۴- محقق مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، یزد

E-mail: [alisadraddini@yahoo.com](mailto:alisadraddini@yahoo.com)

\*مسئول مکاتبه

### چکیده

به منظور بررسی اثر کم آبیاری روی خیار کاشت شده در گلخانه، آزمایشی در قالب طرح کامل تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد به انجام رسید. تیمارهای آبیاری عبارت بودند از میزان آبیاری به مقدار نیاز آبی گیاه (T1) و آبیاری به مقادیر 80% (T2)، 60% (T3) و 40% (T4) نیاز آبی. در این آزمایش عملکرد میوه تحت تاثیر حجم آب مصرفی، در هر مرحله از رشد قرار گرفت. به طوری که بیشترین عملکرد در تیمار T1 و کمترین عملکرد در تیمار T4 بدست آمد. نتایج نشان داد که یک تناسب مستقیم بین محصول تولید شده و مقدار آب دریافت شده وجود دارد. تجزیه آماری نتایج نشان داد که اثر تیمارهای آبیاری بر رشد و عملکرد معنی‌دار می‌باشد. با کاهش مقدار آب آبیاری عملکرد، کارایی مصرف آب، ارتفاع بوته، سطح برگ و هدایت الکتریکی محلول خاک کاهش و کلروفیل برگ افزایش یافت. بیشترین کارایی مصرف آب برابر 69/7 کیلوگرم میوه بر مترمکعب آب مصرفی در تیمار T1 حاصل گردید. با توجه به نتایج حاصله و حساسیت خیار گلخانه‌ای به کمبود آب و کاهش معنی‌دار عملکرد در مقابل کاهش آب آبیاری، اعمال کم آبیاری توصیه نمی‌شود ولی صرفه‌جویی در مصرف آب با کاهش تلفات آب و افزایش راندمان آبیاری امکان‌پذیر است. نتایج نشان می‌دهد که مقادیر آب مصرفی در سیستم‌های گلخانه‌ای در یزد حدود 60-55 درصد بیشتر از نیاز واقعی گیاه خیار می‌باشد. در صورتی که کمبود آب در منطقه جدی‌تر شود برای کاهش آب مصرفی توصیه می‌شود که کم آبیاری پس از دوره محصول‌دهی صورت گیرد یا کم آبیاری به شیوه‌ای اجرا شود که اثر آن روی عملکرد به حداقل برسد.

واژه‌های کلیدی: خیار، عملکرد، کارایی مصرف آب، کم آبیاری، گلخانه، نیاز آبی

## Effects of Deficit Irrigation on Yield and Growth of Greenhouse Cucumber

N Karimi<sup>1</sup>, SAA Sadraddini<sup>2\*</sup>, AH Nazemi<sup>2</sup>, D Farsadizadeh<sup>3</sup>, A Hossienzadeh Dalir<sup>2</sup>  
and F Dehghani<sup>4</sup>

Received: 7 December 2008

Accepted: 1 February 2009

<sup>1</sup>Msc Student, Dept. of Water Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran

<sup>2,3</sup> Assoc. and Assist. Prof., Dept. of Water Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran

<sup>4</sup>Researcher, Agricultural and Natural Resources Research Center, Yazd, Iran

\*Corresponding author: E-mail: [alisadraddini@yahoo.com](mailto:alisadraddini@yahoo.com)

### Abstract

In order to investigate the effects of deficit irrigation on greenhouse grown cucumber, an experiment was performed in randomized complete design with employing of 4 irrigation treatments and 3 replications at the Agricultural and Natural Resources Research Center of Yazd, Iran. Irrigation with restoring 100% of the soil moisture depletion at each water application as the first treatment (T1), restoring its 80% at the second treatment (T2), and 60% and 40% at the third (T3) and fourth (T4) treatments, respectively, were considered. The amount of water used in each growth stage was effective on yield. The results showed that there was a direct relation between the amount of irrigation water and yield. Variance analysis of the results showed that the effects of irrigation treatments on growth and yield were significant. The more the volume of irrigation water decreased, the more the yield, water use efficiency, plant height, leaf area and soil water EC decreased, while the chlorophyll amount increased. Maximum water use efficiency,  $69.7 \text{ kgm}^{-3}$ , was recorded in T1. According to the results, deficit irrigation may not be recommended because of significant reduction in yield due to cucumber sensitivity to water deficit. Saving in water, however, due to efficiency improvement is possible. The results showed that, the amount of water consumption in irrigation system of Yazd greenhouses is about 55- 60% higher than water requirement of the cucumber plants. For sever water shortage in the region, application of deficit irrigation after the crop yield stage to minimize the yield reduction i`s recommended or other deficit irrigation methods may be employed for this purpose.

**Keywords:** Cucumber, Deficit irrigation, Greenhouse, Water requirement, Water use efficiency, Yield

منابع نیز از کیفیت خوبی برخوردار نمی‌باشد. در نتیجه استفاده صحیح و صرفه جویی در مصرف آب این مناطق ضروری است (توکلی 1385). در کشاورزی

مقدمه

منابع آبی در مناطق خشک و نیمه خشک برای تولید محصولات کشاورزی محدود بوده و قسمتی از این

کیردا و همکاران (2004) اثر کم آبیاری و خشک کردن جزئی ناحیه ریشه<sup>1</sup> (PRD) را بر روی گوجه-فرنگی داخل گلخانه مورد بررسی قرار دادند. با اعمال تیمار آبیاری جزئی، تفاوت معنی‌داری در سطح 5% بین عملکرد دو تیمار آبیاری کامل و آبیاری جزئی با کاهش 30% مقدار آب نسبت به آبیاری کامل مشاهده نگردید، در صورتی که کارایی مصرف آب آبیاری 56% افزایش پیدا کرد.

چارتزولاکیس و دروسوس (1995) تحقیقاتی را در مورد نیاز آبی خیار و گوجه‌فرنگی در گلخانه‌ای در یونان انجام دادند. مصرف آب خیار 290 mm در طول 3/5 ماه دوره فصل رویش و برای گوجه‌فرنگی 260 mm برآورد شد. آنها چهار سطح مقدار آب را برابر با 100%، 80%، 60% و 40% تبخیر و تعرق واقعی (ETc) گیاه در نظر گرفتند. دور آبیاری برای تمام تیمارها یکسان بود. بیشترین محصول با مصرف آب 290 mm بدست آمد و کاربرد مقدار آب کمتر، کاهش عملکرد را به طور معنی‌داری در پی داشت. با کاهش آب مصرفی از 290 mm به 180 mm مقدار محصول از 4/5 به 2/7 kg plant<sup>-1</sup> رسید.

ژائوسن و همکاران (2003) اثرات کم آبیاری روی خیار گلخانه‌ای را با به بکارگیری 5 تیمار دور آبیاری مورد بررسی قرار دادند. در تیمار 2-3 روز 696 mm، 3-5 روز 654 mm، 5-6 روز 496 mm، 10-12 روز 330 mm و 18-20 روز 228 mm آب مصرف شد. عملکرد به ترتیب 19/4، 17/583 و 16/4 کیلو گرم بر متر مربع در 3 تیمار اول بدست آمد.

جوده و رشدی (1985) اثرات دو سطح از مقدار آب آبیاری را بر روی محصول خیار داخل گلخانه مورد آزمایش قرار دادند. دو تیمار عمق آبیاری برابر 20 و 30 میلی‌متر به ترتیب در شرایط رسیدن مکش خاک به 30 و 60 کیلو پاسکال اعمال گردید. این آزمایش در دو گلخانه با سیستم‌های آبیاری متفاوت قطره‌ای و جویچه‌ای انجام

مدیریت آبیاری به عنوان ابزاری مهم برای تولید بهینه محصولات در نقاط مختلف دنیا مورد توجه قرار گرفته است (سپاسخواه و همکاران 1385). بهینه سازی مصرف آب و تعیین حد بهینه مصرف مستلزم تحقیقات در مزرعه و انطباق آن با عرف معمول و روش استفاده از آب در هر منطقه است (توکلی و فرداد 1375). جهت دستیابی به چنین هدفی، وجود اطلاعات مزرعه‌ای مثل عملکرد محصول، سطوح مختلف آب آبیاری و مدیریت-های آبیاری الزامی است (سالمی و مشرف 1385). در چنین مناطقی استفاده از آب‌های با کیفیت پایین و یا کاربرد روش‌های کم آبیاری ضمن شناخت آثار و تبعات آنها بر پایداری کشاورزی می‌تواند به عنوان یک گزینه مطلوب برای ارتقای بهره‌وری آب، عملکرد و تعدیل شرایط کم آبی مورد کنکاش قرار گیرد.

ایجاد محیط‌های مناسب و کنترل شده در جهت کاهش تبخیر و تلفات آبی یکی از سیستم‌های مدیریتی در جهت مصرف بهینه آب می‌باشد (هارمانتو و همکاران 2005). کشت گلخانه‌ای با کاهش تبخیر و افزایش رطوبت محیط، هم‌چنین کاهش تغییرات دمایی در طول دوره کشت سبب افزایش کیفیت و کمیت محصول بازای واحد آب مصرفی می‌شود. از مهمترین محصولات کشت شده در گلخانه خیار سبز است که نیاز به ساعات آفتابی زیاد داشته و مصرف آب بالایی دارد و در مناطق خشک و نیمه خشک در گلخانه خوبی بعمل می‌آید.

در کشت گلخانه‌ای به دلیل امکان استفاده از آبیاری تحت فشار و کنترل پارامترهای آب و هوایی، مدیریت آبیاری به سادگی قابل اجرا می‌باشد. در شرایط تنش آبی آماس برگ کاهش یافته و کاهش سرعت نمو، رشد طول ساقه، رشد برگ و قطر منافذ روزنه را در پی دارد. کاهش تورژسانس ممکن است با تقلیل اندازه سلول و کاهش سطح برگ همراه باشد. متعاقب کاهش سطح برگ در اثر تنش، جذب نور نیز کاهش یافته و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد (حسنی و همکاران 1382 و علیزاده 1378).

<sup>1</sup> Partial root drying

برداشت هماهنگی دارد، استفاده شد. از ویژگی‌های آن مقاومت در برابر نماتد، تولید محصول بالا، تک گل بودن در ابتدا و پرگل شدن سریع، هرس کم و تداوم باردهی در صورت مطلوب بودن شرایط است. این ویژگی‌ها در طول سال‌ها کاشت بروز پیدا کرده است (بی نام 1385).

گلدان‌های مورد استفاده از نوع پلاستیکی با قطر دهانه 45 سانتی‌متر و ارتفاع 60 سانتی‌متر بودند. در کف گلدان‌ها به مقدار مساوی شن درشت و ریز (جهت زهکشی) ریخته شد و سپس گلدان‌ها با خاک کشاورزی منطقه که برای کشت خیار تهیه شده بود پر گردیدند. بافت خاک از نوع لوم شنی بوده و رطوبت حجمی آن در حد ظرفیت مزرعه‌ای FC و نقطه پژمردگی دائم PWP به ترتیب 19/4% و 6% حجمی تعیین و حداکثر تخلیه مجاز 50% در نظر گرفته شد.

اندازه‌گیری رطوبت با دستگاه TDR<sup>1</sup> صورت گرفت و کاهش رطوبت خاک در تیمار آبیاری کامل نسبت به حد رطوبت FC در هر دور آبیاری جبران گردید. این مقدار آب، بدلیل نداشتن تلفات رواناب و نفوذ عمقی برابر با تبخیر و تعرق در نظر گرفته شد. هدایت الکتریکی آب آبیاری (EC) برابر با  $1/4 \text{ (dS m}^{-1}\text{)}$  بوده که محدودیتی از نظر شوری برای رشد خیار ایجاد نمی‌کند. دور آبیاری در تمام تیمارها 3 روز تعیین گردید. تا 20 روز پس از کاشت (مرحله 4 تا 6 برگگی) گلدان‌ها به مقدار مساوی آبیاری می‌شدند. با توجه به این که در تهیه خاک مورد نیاز برای کشت خیار در منطقه طرح، استفاده از کود پرندهگان متداول است لذا عمق آبیاری در این دوره حدود 30% بیش از عمق مورد نیاز برای آبیاری کامل در نظر گرفته شده بود تا آبشویی املاح ناشی از کودهای اضافه شده به خاک انجام پذیرد. در پایان این دوره 20 روزه به طور تصادفی از خاک سطحی و عمقی تعدادی از گلدان‌ها نمونه برداری گردید که هدایت الکتریکی عصاره اشباع آنها در محدوده 2الی 2/2 دسی

شد. در نهایت مقدار آب کاربردی برای تیمار آبیاری اول 343 و برای تیمار آبیاری دوم 350 میلی‌متر در سیستم آبیاری قطره‌ای و در سیستم جویچه‌ای به ترتیب 363 و 320 میلی‌متر به ترتیب در تیمارهای اول و دوم اعمال گردید. آنها نشان دادند که با کاهش مکش خاک و بالا نگه‌داشتن رطوبت خاک، عملکرد افزایش پیدا کرده است.

معمولا گلخانه‌ها تحت تاثیر شرایط آب و هوایی محیط بیرون قرار می‌گیرند. بنابراین، تعیین ضریب گیاهی خیار در شرایط مختلف آب و هوایی برای گلخانه‌ها، لازم و ضروری به نظر می‌رسد (بایلی 1994). با بررسی‌های انجام شده، بسیاری از محققان به این نتیجه رسیدند که دور و مقدار آب آبیاری بر مبنای شرایط اقلیمی منطقه‌ای متغیر بوده و تعیین آن تجربی می‌باشد. هرچند مقاله‌ها و پژوهش‌هایی در مورد نیاز آبی سبزیجات در گلخانه منتشر شده‌اند، اما نتایج آنها بدون نیاز به اصلاح در مناطق دیگر عموماً کاربرد ندارند زیرا تحت تاثیر شرایط و وضعیت آب و هوای مختلف، مقادیر نیاز آبی متفاوت است (چارترزولاکیس و دروسوس 1995؛ بلانکو و فولگاتی 2003). در این پژوهش تاثیر کم آبی روی عملکرد خیار و تغییرات پارامترهای مختلف گیاهی در اثر تنش خشکی متفاوت در کشت گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است.

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تنش آب روی محصول خیار در گلخانه، آزمایشی بر مبنای کشت گلدانی طی بهار سال 1386 در گلخانه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان یزد در قالب طرح کامل تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار اجرا گردید.

گیاه مورد مطالعه بر اساس کشت غالب منطقه، خیار سبز (با سطح کشت حدود 300 هکتار در سطح استان یزد) انتخاب گردید. در این آزمایش از بذور خیار (*Cucumis sativus*) رقم نگین که با خصوصیات اقلیمی منطقه سازگار بوده و با زمان کشت و طول دوره

<sup>1</sup>Time domain reflectometry

احتمال 1 و 5 درصد مقایسه شد (جداول 1 و 2). نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که مقادیر مختلف آبیاری تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال 1% روی صفات رویشی اندازه‌گیری شده (ارتفاع بوته، سطح برگ) و عملکرد داشته است. بالاترین مقدار هر کدام از این صفات در تیمار T1 (100% تبخیر و تعرق گیاه) و پایین‌ترین مقدار آنها در تیمار T4 (40% تیمار کامل آبیاری) می‌باشد (جدول 2). بنابراین می‌توان گفت که با کاهش میزان رطوبت خاک، کاهش در میزان ارتفاع بوته، سطح برگ و عملکرد دیده می‌شود. عملکرد در تیمارهای T2، T3 و T4 به ترتیب حدود 22، 45 و 67 درصد نسبت به تیمار آبیاری کامل کاهش نشان می‌دهد. اختلاف عملکرد در تیمارهای T1 و T2 در سطح 1% معنی‌دار نیست. از جدول 2 مشاهده می‌شود که بین تیمارهای T1 و T2 از نظر سطح برگ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. اما بین تیمارهای دیگر اختلاف میانگین‌ها در سطح 1% معنی‌دار می‌باشد. از نظر ارتفاع نیز فقط بین تیمار آبیاری کامل و آبیاری به مقدار 40% نیاز آبی کامل اختلاف معنی‌دار وجود دارد.

روند کاهش سطح برگ با روند کاهش ارتفاع بوته، عملکرد و افزایش کلروفیل در اثر تشدید کمبود آب مطابقت دارد، بطوری که با افزایش تنش آب، برگ گیاه عکس‌العمل نشان داده و با کاهش سطح و افزایش ضخامت باعث کاهش سطح تبخیر و تعرق شده است. به طور مشابه مقدار کلروفیل در تیمارهای T3 و T4 با افزایش به مقادیر به ترتیب 56 و 59/2، اختلاف زیادی با کلروفیل در تیمار آبیاری کامل به مقدار 51/8 (ارقام به صورت نسبی بوده و توسط کلروفیل‌متر قرائت شده) پیدا کرده است.

زیمنس بر متر قرار گرفتند. پس از آن یک توقف 13 روزه آبیاری جهت زودتر به گل رسیدن اعمال شد. بعد از این دوره تیمارها به شرح زیر اعمال گردیدند:

T1: عمق آبیاری برابر 100% تبخیر و تعرق گیاه

T2: عمق آبیاری برابر 80% تبخیر و تعرق گیاه

T3: عمق آبیاری برابر 60% تبخیر و تعرق گیاه

T4: عمق آبیاری برابر 40% تبخیر و تعرق گیاه

برای تامین شرایطی مشابه با کشت واقعی خیار در گلخانه، گلدان‌ها در داخل خاک و در مجاورت کشت معمول گلخانه قرار داده شدند. آبیاری بوته‌ها دستی انجام گرفت و در طول دوره آزمایشات به مدت 120 روز، رطوبت نسبی و دما در داخل و خارج گلخانه در ساعات مختلفی از روز اندازه‌گیری گردید. همچنین تاثیرات کم آبیاری بر روی خصوصیات مختلف بوته‌های تحت آزمایش مشاهده و ثبت شد. از جمله در مرحله میانی رشد سطح برگ با پلانی متر و کلروفیل برگ با کلروفیل‌متر (minolta-5PAD) اندازه‌گیری شد. در پایان نیز از خاک گلدان در دو عمق سطحی (0-25 سانتی‌متر) و عمقی (25-50 سانتی‌متر) گل اشباع تهیه کرده و EC عصاره گل اشباع قرائت گردید. برای اطلاع از رشد ریشه، در پایان طرح تعدادی از گلدان‌ها را شکسته و با شستشو ریشه را بدون صدمه دیدن از خاک جدا نموده و وزن و طول آن اندازه‌گیری شد. در انتهای طرح، نتایج بدست آمده از آزمایشات با نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل گردید.

## نتایج و بحث

برای تعیین اثر کم آبیاری بر خصوصیات مختلف گیاه در طول مدت اجرای طرح و بر عملکرد، تجزیه واریانس انجام گرفت و میانگین مقدار حاصله در تیمارهای مختلف آبیاری به روش دانکن در سطح

جدول 1- نتایج آنالیز واریانس (میانگین مربعات)

صفات منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد	سطح برگ	طول ساقه	کلروفیل	وزن تر بوته	وزن خشک بوته	هدایت الکتریکی خاک سطحی (0-25cm)	هدایت الکتریکی خاک عمقی (25-50cm)
تیمار	3	6/172**	4630892/8**	12141/7**	28/539**	27081/1ns	824/1ns	14/41**	3/399*
خطا	8	0/319	10339/3	1808/3	1/617	17693	546/2	0/366	0/792
ضریب تغییر		%17/2	%2/02	%12/54	%2/29	%39/25	%33/18	%5/79	%10/73

\*\* و \* اختلاف تیمارها در بترتیب در سطح 1% و 5% معنی دار است. ns اختلاف تیمارها معنی دار نیست.

فصل باشد. بنابراین تفاوت وزن فقط در مقدار وزن ساقه بوده و برگها تاثیری در وزن تر و خشک نداشته‌اند.

مقدار وزن تر و خشک بوته در پایان فصل نیز مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که اختلاف بین تیمارها معنی دار نمی‌باشد. شاید دلیل آن هرس کردن شدید بوته‌ها و جدا شدن بیشتر برگها از بوته در پایان

جدول 2- اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر صفات اندازه‌گیری شده

صفات تیمار آبیاری	عملکرد (Kg plant <sup>-1</sup> )	سطح برگ (cm <sup>2</sup> )	طول ساقه (cm)	کلروفیل -	هدایت الکتریکی خاک سطحی (dS m <sup>-1</sup> )	هدایت الکتریکی خاک عمقی (dS m <sup>-1</sup> )
T1	4/95a	6161a	407a	51/8c	12/6a	8/1ab
T2	3/85ab	5911a	370ab	54/7bc	11/7a	9/2a
T3	2/72bc	4599b	320ab	56ab	7/6c	6/9b
T4	1/62c	3484c	260b	59/2a	9/9b	9a

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی دار بین میانگین‌ها در سطح 1% است  
ستون آخر مربوط به شوری عمقی (25-50 سانتی‌متر) می‌باشد و مقایسه در سطح 5% انجام شده است (آزمون دانکن).

سطحی روی گیاه بیشتر می‌باشد. شکل 1 تغییرات رطوبت خاک را در طول دوره رشد در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد. مطابق شکل رطوبت حداقل در تیمار آبیاری کامل (T1) بالاتر از 12/5% بوده که معادل 50% تخلیه آب قابل استفاده می‌باشد. در تیمار 80% نیز تخلیه رطوبتی به این مقدار نزدیک است. بنابراین در تیمار کامل آبیاری گیاه بدون محدودیت آب را جذب کرده و در تیمار T2 نیز محدودیت رطوبت عملاً بوجود نیامده است. اما در تیمارهای T3 و T4 کاهش شدید رطوبت مشخص می‌باشد و در طول دوره آزمایش رطوبت خاک به کمتر از حد تخلیه مجاز (50%) رسیده است.

اطلاعات مربوط به تغییرات رطوبت خاک در تیمارهای آبیاری مهم می‌باشد. اندازه گیری رطوبت توسط پروب دستگاه TDR که طول میله های آن 20 سانتی‌متر بود، با فرو بردن در خاک گلدان انجام می‌گرفت. لذا متوسط رطوبت خاک در عمق 0-20 سانتی‌متر در تمام تیمارها در هر یک از تکرارها قبل از آبیاری اندازه گیری و تغییرات آن ثبت شد. در انتهای آزمایش نیز ریشه چند بوته به صورت سالم از خاک بیرون آورده شد. گسترش ریشه در سطح بیشتر از عمق خاک بوده و حجم اعظم ریشه در خاک سطحی (0 تا 25 سانتی‌متر) متمرکز بود. بنابر این اثر کاهش رطوبت خاک

و حاکی از این مطلب است که جذب آب توسط ریشه در قسمت بالایی خاک بیشتر بوده و دلیل بر حجم بالای ریشه در لایه خاک سطحی می‌باشد. با توجه به جدول 4 مقدار نیاز آبی یا تبخیر و تعرق گیاه در آبیاری کامل 71 لیتر می‌باشد. در این طرح نیاز آبتشویی به دلیل بررسی اثرات کم آبیاری منظور نشده بود و لذا بر اثر تجمع نمک در خاک، شوری عصاره اشباع پس از برداشت محصول تا حداکثر مقدار  $12/6 \text{ dS m}^{-1}$  در تیمار آبیاری کامل رسید. بالا بودن شوری در تیمار آبیاری کامل مربوط به حجم بیشتر آب مصرف شده نسبت به سایر تیمارها می‌باشد. اگرچه انباشته شدن تدریجی نمک در خاک در دوره رشد روی عملکرد محصول تاثیر قابل ملاحظه‌ای نداشته است ولی برای استفاده پایدار از خاک تامین آب زهکشی مورد نیاز ضرورت دارد. در غیر این صورت اثرات نامطلوب تجمع نمک در کشت‌های بعدی نمایان خواهد شد. بر اساس فرمول آیرز و وسکات<sup>1</sup> و با در نظر گرفتن EC عصاره اشباع خاک برای خیار به مقدار  $2/5 \text{ dSm}^{-1}$  (پتانسیل عملکرد 100%)، نیاز آبتشویی 13% (حدود 11 لیتر بر بوته) برآورد می‌گردد (علیزاده 1378). البته روش‌های دیگری نیز برای تعیین نیاز آبتشویی وجود دارند، که غالباً مقدار نیاز آبتشویی را بیشتر برآورد می‌کنند.

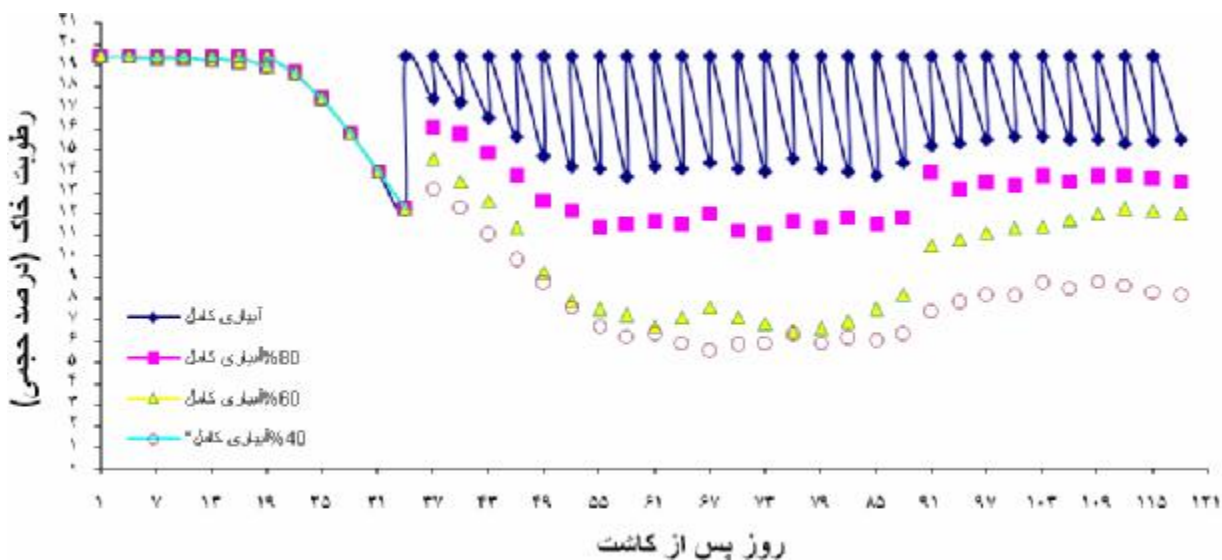
با توجه به مشاهدات انجام شده در گلخانه‌های منطقه کاربرد روش‌های سنتی آبیاری باعث تلفات آب به دلیل نفوذ عمقی در طول جویچه، خارج شدن آب از روی پشته‌ها به علت استفاده نادرست از آب آبیاری و تبخیر از سطح خاک می‌باشد. بر اساس گزارشات و اطلاعات بدست آمده از کشاورزان آب مصرفی کشت متداول در منطقه (145-135 لیتر بر بوته) حدود دو برابر مقدار مصرف آب در تیمار اول با عملکرد میانگین 5 کیلوگرم برای هر بوته می‌باشد. لذا استفاده از روش‌های مدرن آبیاری که مدیریت بهتر توزیع آب و افزایش راندمان کاربرد آب را ممکن می‌سازند برای خیار گلخانه‌ای توصیه می‌شود.

همانطور که در شکل مشخص است شرایط رطوبتی در تمام تیمارها تا 33 روز پس از کاشت یکسان است و تفاوت به علت کاهش رطوبت خاک در تیمارهای T3 و T4 پس از اعمال تیمارهای آبیاری ظاهر شده است.

در جدول 3 مقادیر عملکرد و تبخیر و تعرق ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهند که با کاهش مقدار آب مصرفی عملکرد خیار در گلخانه شدیداً کاهش پیدا کرده است. مطابق شکل 2 روند تغییرات عملکرد در برابر آب مصرفی تقریباً به صورت خطی می‌باشد. برای مقایسه، نتایج حاصل از تحقیقات ژائوسن و همکاران (2003) نیز در این شکل ارائه گردیده است. نامبرندگان اعمال کم-آبیاری و تنش را با افزایش دور آبیاری انجام دادند. در مقایسه با نتایج محققان مذکور شدت کاهش عملکرد در مقابل کاهش آب مصرفی در این تحقیق بیشتر است. به نظر می‌رسد تنش آب شدید در تیمارهای T3 و T4 منجر به کاهش قابل توجه در عملکرد شده است. می‌توان نتیجه گرفت، در صورتی که تنش آب با افزایش دور آبیاری اعمال شود گیاه کمتر تحت تاثیر تنش قرار می‌گیرد. در تحقیقات ژائوسن و همکاران (2003) گیاه همیشه در تنش نبوده و بطور متناوب رطوبت خاک تا حد ظرفیت مزرعه‌ای افزایش داده می‌شد. در این تحقیق در تیمارهای 60 و 40 درصد، مقدار رطوبت خاک بطور دائم کمتر از حد ظرفیت مزرعه‌ای بوده است (شکل 1) و حتی به نقطه پژمردگی دائم نیز رسیده است. بعبارت دیگر بوته‌ها در یک مدت زمان طولانی و مداوم در رطوبت خیلی پایینی قرار گرفته‌اند. گرچه اعمال تنش با افزایش دور آبیاری در تحقیقات ژائوسن و همکاران (2003) به علت افزایش متناوب رطوبت خاک تا حد ظرفیت مزرعه‌ای، عملکرد را کمتر کاهش داده است اما بسیاری از محققان کم آبیاری را بر اساس درصدی از رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای اعمال نموده‌اند و شیوه بکار رفته در این تحقیق نیز بر این اساس اعمال شد.

پس از برداشت محصول هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در لایه 0-25 سانتی‌متر اندازه‌گیری شد که نتایج حاصله در سطح 1% بین تیمارها تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول 2). تجمع نمک در خاک عمقی کمتر بود

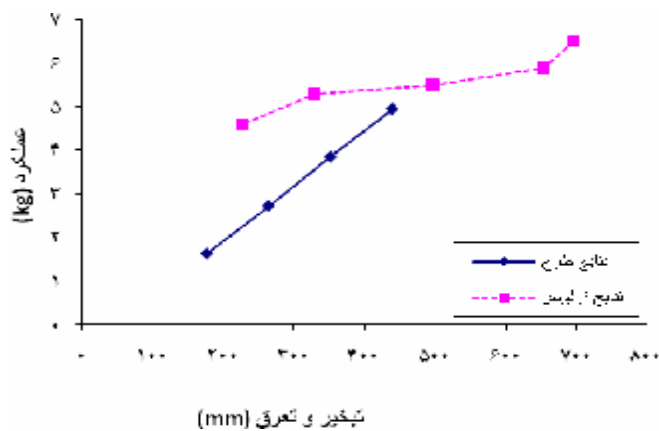
<sup>1</sup> Ayers and Westcot



شکل 1- نمودار تغییرات رطوبت اندازه‌گیری شده در خاک (عمق 0-20cm)، قبل و بعد از اعمال تیمارهای آبیاری

جدول 3- مقادیر تبخیر و تعرق دوره رشد و عملکرد خیار در تیمارهای مختلف آبیاری

T4	T3	T2	T1	تیمار
176	264	352	440	تبخیر و تعرق (mm)
1/618	2/717	3/845	4/945	عملکرد ( $\text{kg plant}^{-1}$ )



شکل 2- مقایسه تغییرات تبخیر و تعرق و عملکرد خیار برای هر بوته در دوره رشد بین نتایج طرح حاضر و تحقیقات ژائوسن و همکاران (۲۰۰۳)

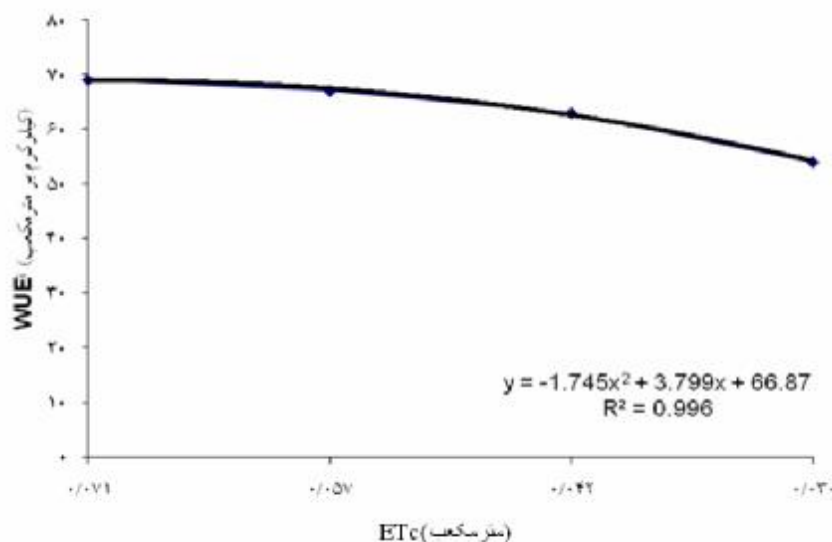


شکل 3 نیز نشان دهنده آن است که حداکثر کارایی مصرف آب در حداکثر ETC حاصل شده است و با کاهش یافتن ETC ناشی از تقلیل آب مصرفی، کارایی مصرف آب نه تنها افزایش نیافته بلکه کاهش نیز یافته است. در نتیجه میزان کاهش از تیمار T1 به T4 خیلی قابل توجه نبوده است. به عبارت دیگر میزان افت عملکرد تقریباً به نسبت میزان تقلیل آب مصرفی بود به طوری که نسبت آن دو (یعنی کارایی مصرف آب) خیلی افت نکرده است.

با توجه به جدول 4 ملاحظه می‌گردد که با کاهش حجم آب مصرفی در تیمارها مقدار عملکرد شدیداً کاهش می‌یابد. در تیمار T1 بیشترین مقدار کارایی مصرف آب برابر با 69/7 و در تیمار T4 کمترین مقدار آن برابر با 54 کیلوگرم بر مترمکعب حاصل شده است. بنابراین نه تنها کاهش مقدار آب آبیاری به کمتر از مقدار آب مصرفی در تیمار آبیاری کامل (تیمار اول) توصیه نمی‌گردد بلکه لحاظ نمودن آب مورد نیاز زهکشی نیز برای جلوگیری از شور شدن خاک ضرورت دارد.

جدول 4 - عملکرد، آب مصرفی و کارایی مصرف آب در تیمارهای مختلف آبیاری

T4	T3	T2	T1	صفت
۱/۶۲	۲/۷۱	۳/۸۵	۴/۹۵	عملکرد محصول (کیلوگرم بر بوته)
۳۰	۴۳	۵۷	۷۱	حجم آب مصرفی (لیتر بر بوته)
۵۴	۶۳	۶۷/۵	۶۹/۷	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)



شکل 3- رابطه بین تبخیر و تعرق برای هر بوته در دوره رشد و کارایی مصرف آب

**نتیجه‌گیری و پیشنهادات**

راهکار کم‌آبیاری با توجه به عدم آبشویی املاح ممکن است باعث افزایش شوری خاک شود. از این رو پیشنهاد می‌گردد به منظور حفظ سیستم کشاورزی پایدار، مسئله بیلان آب و نمک در پروفیل خاک لحاظ شود.

مدیریت آبیاری و استفاده از شیوه‌های مدرن در افزایش بهره‌وری و کاهش تلفات آب در سیستم کشت گلخانه‌ای مهم و ضروری بوده و پیشنهاد می‌گردد که تحقیقات برای تعیین نیاز آبی گیاهان متفاوت منطقه در گلخانه صورت گیرد. کنترل و اندازه‌گیری رطوبت خاک در طول دوره رشد به‌عنوان معیار مناسبی جهت تحلیل کمبود آب و اثرات آن روی عملکرد، در بررسی‌های مربوط به اعمال تیمارهای آبیاری ضرورت دارد.

نتایج نشان داد که با مدیریت صحیح، کاهش عمق آبیاری تا حد 55-60 درصد نسبت به عمق آب آبیاری متداول در منطقه اجرای طرح، مجاز بوده و عملکرد کاهش نخواهد داشت. کاهش مصرف آب به کمتر از مقدار 82 لیتر (با در نظر گرفتن نیاز آبشویی) برای هر بوته باعث کاهش عملکرد شد. با توجه به نتایج توصیه می‌شود که در شرایط موجود منطقه و سیستم گلخانه، کم‌آبیاری تا پایان دوره میانی رشد انجام نگیرد. در شرایط محدودیت منابع آب و نیاز به کم‌آبیاری، اعمال آن بعد از دوره باردهی مناسب‌تر است. هم‌چنین توصیه می‌شود که کم‌آبیاری به صورت افزایش دور آبیاری اعمال شود.

**منابع مورد استفاده**

- بی‌نام 1385. آمارنامه کشاورزی سال زراعی 85-1384. انتشارات معاونت امور برنامه‌ریزی و اقتصادی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی.
- توکلی ع ر، 1385. مدیریت کم‌آبیاری و بهینه‌سازی مصرف نیتروژن در تولید گندم الموت. مجله دانش کشاورزی، جلد 16، شماره 2، صفحه‌های 115 تا 127.
- توکلی ع ر و فرداد ح، 1375. بهینه‌سازی کم‌آبیاری بر اساس توابع تولید، هزینه و قیمت چغندر قند در کرج. صفحه‌های 354 تا 368. مجموعه مقالات دومین کنگره ملی مسایل آب و خاک کشور، بهمن 75، تهران.
- حسینی ع، امید بیگی ر و حیدری شریف آباد ح، 1382. تاثیر سطوح مختلف رطوبت خاک بر رشد، عملکرد و انباشت متابولیت‌های سازگاری در ریحان. مجله علوم خاک و آب، جلد 17، شماره 2، صفحه‌های 210-219.
- سالمی ح ر و مشرف ل، 1385. تاثیرات کم‌آبیاری بر خصوصیات کیفی و عملکرد ارقام ذرت دانه‌ای در منطقه اصفهان. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد 7، شماره 26، صفحه‌های 71-82.
- سپاسخواه ع ر، توکلی ع ر و موسوی ف، 1385. اصول و کاربرد کم‌آبیاری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی.
- علیزاده ا، 1378. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع).

Baille A, 1994. Principles and methods for predicting crop water requirement in greenhouse environments. INRA-CIHEAM Cahiers Options Mediterraneennes 31:177-187.

Blanco FF and Folegatti MV, 2003. Evapotranspiration and crop coefficient of cucumber in greenhouse. Revista Brasileira de Engenharia Agricola Ambiental 7: 285-291.

- Chartzoulakis K and Drosos N, 1995. Irrigation requirements of greenhouse vegetables in Crete. INRA-CIHEAM Cahiers Options Mediterraneennes 31: 215-221.
- Chartzoulakis K and Drosos N, 1995. Water use and yield of greenhouse grown eggplant under drip irrigation. *Agricultural Water Management* 28: 113-120.
- Harmanto VM, Salokhe MS and Babel HJ, 2005. Water requirement of drip irrigated tomatoes grown in greenhouse in tropical environment. *Agricultural Water Management*, Vol. 71: 225-242.
- Judah OM and Rusldi Y, 1985. Yield response of cucumber to various levels of applied water under plastic houses in the Jordan valley. *Dirasat Agricultural Science* 12: 99-111.
- Kirda C, Cetin M, Dasgan Y, Topcu S, Kaman H, Ekici B, Derici MR and Ozguven AI, 2004. Yield response of greenhouse grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation. *Agricultural Water Management* 69: 191-201.
- Xuesen M, Mengyu L and Xinyuan W, 2003. Effect of deficit irrigation on yield and water use of greenhouse grown cucumber in the North China Plain. *Agricultural Water Management* 61: 219-228.