Archive of SID

نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۲۹ / شماره ۳ / ۱۳۹٤

اثر تنش‌های همزمان شوری و خشکی بر اقتصاد تولید کشت بدون خاک گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای

احد فعالیان، حسین انصاری[۱] *، محمد کافی، امین علیزاده و مهنوش مقدسی

دانشجوی دکتری مهندسی آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد.
ahad.faalian@gmail.com
دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد.
Ansary@um.ac.ir
استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه فردوسی مشهد.
Kafi@um.ac.ir
استاد گروه مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد.
Alizadeh@gmail.com
استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه اراک.
m-moghaddasi@araku.ac.ir

چکیده

برای بررسی اقتصادی اثر همزمان تنش‌های شوری و خشکی بر رشد و عملکرد گیاه گوجه‌فرنگی رقم اورینت *(Lycopersiconesculentum Mill. Cv. Oriental)* در کشت بدون خاک گلخانه‌ای، آزمایشی با چهار سطح میزان آبیاری شامل (آبیاری به میزان۱۲۵٪، ۱۰۰٪، ۷۵٪ و ۵۰٪ نیاز آبی) و شش سطح شوری (۰/۱ به عنوان تیمار شاهد، ۱/۳، ۳، ۵ ، ۷ و ۹ دسی زیمنس بر متر) به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی و با سه تکرار انجام شد. برای اولین بار مدل اقتصادی بهینه‌سازی کم آبیاری در مورد کشت بدون خاک گوجه فرنگی در گلخانه استخراج و استفاده شد. نتیجه حاصل از این مدل اقتصادی نشان داد که سود خالص حاصل از آبیاری کامل گوجه فرنگی گلخانه‌ای در کشت بدون خاک با آب شیرین(شاهد)، شوری ۱/۳، و شوری ۳ دسی‌زیمنس برمتر به ترتیب با سود خالص حاصل از کم‌آبیاری به مقادیر ۳۶٪ ، ۲۱ ٪و ۲۴ ٪ برابر است، یعنی به طور متوسط حدود ۲۵ درصد می توان کم‌آبیاری اعمال کرد بدون اینکه سود خالص تولید تغییر کند. با توجه به تعدد گلخانه‌های دارای کشت بدون خاک گوجه فرنگی و قیمت روزافزون کودهای شیمیایی و سایر هزینه های مرتبط با تغذیه و آبیاری، کاهش حدود یک چهارم از کل هزینه‌های تغذیه منجر به صرفه جویی بسیار چشمگیر در مخارج کشت خواهد شد.

واژه های کلیدی: کم آبیاری، محلول غذایی، شاخص های رشد.

۱- آدرس نویسنده مسئول : گروه مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد.

* دریافت : اسفند ۱۳۹۳ و پذیرش : مرداد ۱۳۹٤.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

افزایش جمعیت، نیاز به تولیدات کشاورزی و غذای بیشتر و محدودیت منابع آب، بشر را به سمت استفاده از آب‌های با کیفیت کم (آب های نامتعارف) و همچنین اعمال مدیریت کم آبیاری سوق داده است.آبیاری کامل به منظورکسب حداکثر محصول از واحد سطح در شرایطی قابل اعمال است که اولاً آب به مقدار کافی در اختیار باشد و ثانیاً امکان توسعه و افزایش سطح زیرکشت وجود نداشته باشد. اما شرایط اقلیمی و اراضی کشاورزی در بیشتر مناطق کشورمان به گونه‌ای است که نه تنها آب به اندازه و مقدار کافی دردسترس نیست، بلکه اراضی مستعد و قابل احیای زیادی وجود دارند که درصورت رسیدن آب به آنها امکان افزایش تولید قابل توجهی وجود خواهد داشت (سپاسخواه و همکاران، ۱۳۸۵).

گوجه فرنگی (*Lycopersiconesculentum Mill*) یکی از منابع سرشار از مواد معدنی، ویتامینها و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی بوده و از مهمترین محصولات زراعی جهان در ارتباط با سلامت و تغذیه انسان به شمار می‌آید. این سبزی ۲۵ درصد از کل تولیدات سبزی جهان را به خود اختصاص می دهد (چتین و اویگان، ۲۰۰۸).همچنین به دلیل کمبود منابع آبی و یا وجود منابع آب با کیفیت پایین (آب های شور و لب شور)، در تمام دنیا مدیریت تولید سبزی ها تحت شرایط شوری بسیار مورد توجه قرار گرفته است (مالاش و همکاران، ۲۰۰۲).

طبق آمار منتشره از سوی فائو، کشور ایران در سال ۲۰۱۰ با تولید حدود ۵/۲ میلیون تن گوجه فرنگی، رتبه هفتم جهان را داشته است و در سال ۲۰۱۱ با تولید حدود ٦/۸ میلیون تن به اندازه یک رتبه صعود داشته و حائز رتبه ششم در بین کشورهای تولید کننده گوجه فرنگی بوده است. همچنین محصول گوجه فرنگی در سال ۲۰۱۰ با ارزش حدود ۱/۹ میلیارد دلار در رتبه سوم تولیدات کشاورزی و دامی ایران بوده است. درحالی که این رقم در سال ۲۰۱۱ به ۲/۵ میلیارد دلار بالغ شده و محصول گوجه فرنگی را به صدر تولیدات کشاورزی و دامی کشور ارتقا داده است (سالنامه آماری فائو، سال های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱). یکی از روش های نسبتاً مدرن و جدیدتر کشت های گلخانه‌ای، کشت بدون خاک (*Soilless Culture*) می باشد. افزایش روز افزون کشت های گلخانه‌ای بدون خاک به این دلیل است که بستر خاکی به دلایل متعددی از جمله هزینه های بالا جهت آزمایش های اولیه تعیین میزان عناصر غذایی، عدم امکان کنترل دقیق *PH*، *EC*، بیماری های خاکزی، علف های هرز و مسائل مربوط به تناوب با موانع زیادی مواجه است (حساح، ۲۰۰۰).

علاوه بر موارد فوق کمبود آب و عدم امکان کنترل دقیق تغذیه گیاه در سیستم های خاکی باعث شده که در دهه های اخیر تولید محصولات به روش های مختلف کشت بدون خاک در عرصه جهانی افزایش یابد (رمضانیان و همکاران، ۲۰۰۱). لایق و همکاران (۱۳۸۸) نشان دادند که تحت تاثیر شوری محلول غذایی، عملکرد کل، میانگین وزن میوه و شاخص سطح برگ به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد ولی درصد ماده خشک میوه روند افزایشی پیدا می‌کند. روبینو و تارانتینو (۱۹۸۸) نشان دادند که ماده خشک گوجه‌فرنگی با افزایش میزان آبیاری کاهش می‌یابد.

میشل و همکاران (۱۹۹۱) گزارش کردند که کم‌آبیاری، عملکرد و آب ذخیره شده در گوجه‌فرنگی را کاهش می دهد اما میزان مواد جامد محلول، درصد قند، میزان اسید سیتریک و پتاسیم را افزایش می دهد. گیرتس و رائس (۲۰۰۹) با مروری بر تحقیقات گذشته گزارش کردند که کم آبیاری برای اکثر محصولات زراعی بدون ایجاد کاهش جدی در مقدار محصول، باعث افزایش کارآیی مصرف آب می گردد. هرچند بایستی یک حداقلی از رطوبت در طول فصل برای گیاه فراهم باشد.

مریک و همکاران (۲۰۱۱) اثر انواع رژیم‌های آبیاری و سیستم های تغذیه‌ای را بر روی گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای در کشت بدون خاک بررسی کردند. کارآیی

www.SID.ir

Archive of SID

مصرف آب حدود ۵۵-۳۳ کیلوگرم بر مترمکعب در فصل پاییز و حدود ۳۵-۲٦ کیلوگرم بر هکتار در فصل بهار محاسبه شد. نتایج همچنین نشان داد سیستم بسته و رژیم با دور آبیاری زیاد کارآیی مصرف آب را افزایش، ولی محصول و مقدار محلول غذایی مصرف شده را کاهش می‌دهد.

پاتانه و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که تأثیر کم‌آبیاری بر روی شاخص‌های کمی و کیفی عملکرد گوجه‌فرنگی کاملاً برعکس هم می باشد. بطوری‌که با اعمال کم آبیاری میزان عملکرد کاهش و کیفیت میوه افزایش پیدا می‌کند. آنها پیشنهاد کردند که در مناطق خشک و نیمه خشک که منابع آب در حال کاهش و قیمت تمام شده آب رو به افزایش است، می توان در شرایط مزرعه، با تأمین ۵۰٪ نیاز آبی گوجه‌فرنگی در تمام مراحل رشد، برنامه کم‌آبیاری اجرا نمود.

نورجو و همکاران (۱۳۸۰)، گزارش نمودند که عمق آب آبیاری، در سطح احتمال پنج درصد بر مقدار مواد جامد محلول میوه گوجه‌فرنگی مؤثر بوده و با افزایش میزان آب آبیاری، از درصد مواد جامد محلول کاسته شده است. ولی تأثیر آن بر مقدار اسیدیته عصاره میوه معنی‌دار نبوده است. شهیدی و همکاران (۱۳۸۹) با اِعمال تنش های شوی و کم‌آبیاری به صورت همزمان و نیز به صورت مجزا در مورد گندم نشان دادند که اثر تنش همزمان شوری و کم‌آبی کمتر از مجموع اثرات آنها است و همچنین سهم تنش خشکی درکاهش عملکرد گندم از سهم تنش شوری بیشتر بود.

بنلی و کودال (۲۰۰۳) یک مدل غیرخطی را برای بهینه‌سازی کم‌آبیاری و آبیاری کامل برای منطقه جنوب شرق ترکیه توسعه دادند. مدل برای بهینه‌سازی تابع هدف که همان توابع آب مصرفی- سود خالص بود، پایه گذاری شد. به این معنی که ابتدا مقادیر سود خالص به ازای سطوح مختلف آبیاری به صورت توابع مختلف برای منطقه مزبور در محیط نرم‌افزار اکسل برآورد گردید. مدل مزبور الگوی کشت بهینه و نیاز آبی گیاه و کل درآمد مزرعه را تحت شرایط کم‌آبیاری و آبیاری کامل بهینه‌سازی می‌کند.

دومینگوئز و همکاران (۲۰۱۱) مدلی را تحت عنوان *MOPECO-Salt* جهت شبیه سازی اثر همزمان شوری و کم‌آبیاری برای تعیین مناسب‌ترین استراتژی آبیاری به منظور دستیابی به عملکرد بالاتر، سود اقتصادی بیشتر و مدیریت شوری خاک برای برخی محصولات زراعی مثل پیاز و سیب زمینی توسعه دادند. داتا و همکاران (۱۹۹۸) رابطه‌های خطی، توانی و درجه دوم را بین عملکرد گندم و عوامل متغیری مانند مقدار آب آبیاری، شوری آب و شوری اولیه خاک بررسی کردند و نتیجه گرفتند که تابع درجه دو بهترین نوع تابع برای بیان کمی رابطه آب-شوری-عملکرد است.

ذوالفقاران و شهبازی (۱۳۸٦) در بررسی عملکرد چغندرقند در مقادیر متفاوت آب و شوری دریافتند که پیش‌بینی عملکرد چغندرقند تحت شرایط توأم خشکی و شوری با تابع کاب‌داگلاس از سایر توابع بهتر است.محمدی و همکاران (۱۳۸۹) به منظور تعیین ضرایب حساسیت گیاه و بهینه‌سازی مصرف آب در کشت فضای باز گوجه‌فرنگی درکرج، نشان دادندکه تابع تولید درجه‌دوم برای گوجه‌فرنگی به عنوان تابع بهینه تولید، قابل توصیه می‌باشد. آنها با رسم منحنی‌های هم‌محصول نشان دادند که با افزایش میزان آبیاری، می توان از آب آبیاری با شوری بالاتری در آبیاری گوجه‌فرنگی استفاده نمود، به نحوی که عملکرد تغییر نکند.

شهیدی (۱۳۸۷) اثر تنش‌های همزمان شوری و کم آبیاری را بر روی دو رقم گندم قدس و روشن در منطقه بیرجند مورد بررسی قرار داده و نشان داد که توابع تولید درجه دوم برای هر دو رقم گندم قدس و روشن نسبت به سایر توابع از برتری نسبی برخوردارند و به عنوان توابع بهینه تولید در منطقه بیرجند قابل توصیه می‌باشند. تحقیقات زیادی در مورد موضوع اثر شوری و کم‌آبیاری و نیز برهم کُنش این دو تنش همزمان روی محصولات زراعی و باغی در داخل و خارج کشور به

www.SID.ir

Archive of SID

روش های مختلف و روی محصولات متنوع انجام شده است. از جمله می توان به ویلامسن و همکاران (۱۹۹۶)، ماس و گراتان (۱۹۹۹)، یالینگ لی و همکاران (۲۰۰۱)، باسیل و کافکا (۲۰۰۲)، هارمانتو و همکاران (۲۰۰۵) و نظایر آنها اشاره نمود.

در مورد کشت‌های گلخانه‌ای مخصوصاً کشت بدون خاک، شوری آب آبیاری یکی از عوامل اصلی محدود کننده تولید است، لذا در طرح‌های توجیهی مربوط به احداث گلخانه‌ها برای مناطق دارای آب شور، سیستم آب‌شیرین‌کن در نظر گرفته می‌شود. با توجه به بحران انرژی در تمام دنیا و به طریق اولی در کشور ما، هزینه‌های انرژی مصرفی سیستم‌های آب‌شیرین‌کن و نیز مقدار قابل توجه تلفات آب به صورت پساب در این سیستم‌ها، لزوم بهینه سازی عملکرد در شرایط شوری آب را بیشتر آشکار می نماید.

به عبارت دیگر، طبیعی است که هرچه آب آبیاری دارای شوری کمتری باشد، عملکرد محصول بیشتر خواهد بود، اما چه‌بسا ممکن است با درنظر گرفتن هزینه‌های کاهش شوری آب به طرق مختلف از جمله سیستم آب‌شیرین‌کن، استفاده از آب شور سود اقتصادی بیشتری را نصیب تولیدکننده گرداند.

همچنین در اغلب موارد به دلیل شوری بالای آب و هزینه‌های زیاد اولیه برای کاهش سطح شوری از یک طرف و کمبود منابع آب موجود از طرف دیگر، اکثر کشاورزان تمایلی به کشت گلخانه‌ای نداشته و تولید را بسیار کم‌سود ارزیابی می‌کنند و لذا اساساً طرح احداث گلخانه در این موارد زیر سؤال جدی قرار می‌گیرد. در حالی که با داشتن اطلاعات قابل اعتماد می‌توان توجیه اقتصادی کشت گلخانه‌ای با آب شور و کم‌آبیاری را ارزیابی نموده و توصیه های دقیق تری ارائه داد. با جمع‌بندی مطالب فوق، بررسی اثر همزمان تنش‌های شوری و کم‌آبیاری در کشت بدون خاک گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای، به عنوان موضوع این پژوهش انتخاب شد.

مواد و روش ها

تحقیق حاضر در یک گلخانه دارای سامانه گرمایشی طرح کره‌ای با پوشش پلی‌اتیلن شفاف در شهرک گلخانه‌ای آوه واقع در اتوبان تهران- سلفچگان و مرز استان‌های تهران، قم و استان مرکزی انجام شد. منطقه ساوه که یکی از کانون‌های بسیار مهم تولیدات زراعی و باغی و کشت گلخانه‌ای مرکز ایران می باشد دارای آب لب شور و اقلیم نیمه خشک، تابستان گرم و زمستان معتدل و کم‌بارش می‌باشد. بذور گوجه‌فرنگی هیبرید اورینت (*LycopersiconesculentumMill. Cv. Oriental*) از محصولات کمپانی نانهمز هلند (*Nunhemz Netherlands*) در تاریخ ۱۳۹۰/۱۲/۳ در سینی نشاء با بستر پیت‌ماس (*peat mass*) کاشته شد.

نشاءها به مدت ٤٠ روز در سالن نشاء نگهداری و سپس در مرحله چهاربرگی به بستر اصلی منتقل شدند.بستر اصلی شامل گلدان‌های با حجم ۱۰ لیتر حاوی بستر کوکوپیت (*coco peat*) و پرلایت (*perlite*) (با نسبت حجمی یک به یک) بود. از روز اول کاشت بذر تا یک ماه پس از انتقال نشاء عملیات آبیاری با آب غیرشور شهرک با هدایت الکتریکی ۱/۳ دسی زیمنس بر متر انجام شده، سپس از ۱۳۹۱/۲/۱۳ تیمارهای شوری (*Salinity*) و کم‌آبیاری (*Deficit Irrigation*) بر روی بوته‌ها اعمال شد.

تیمارهای شوری در شش سطح شامل (۱، ۱/۳، ۳، ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر) به ترتیب با علائم *S1*، *S2*، *S3*، *S4*، *S5* و *S6* و تیمارهای آبیاری در چهار سطح شامل (۱۲۵، ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) به ترتیب با علائم *W1*، *W2*، *W3* و *W4* در نظر گرفته شدند. منابع آب آبیاری شامل آب شیرین با شوری ۰/۱ دسی زیمنس بر متر با استفاده از یک دستگاه آب‌شیرین‌کن کوچک با مارک (*General Water*)، آب لوله‌کشی‌شدهٔ شهرک گلخانه‌ای با شوری ۱/۳ دسی زیمنس بر متر، آب شور با شوری نه دسی‌زیمنس برمتر از یک چاه آب در مجاورت محل آزمایش و بقیه تیمارهای

www.SID.ir

Archive of SID

شوری از ترکیب آب شیرین با آب شور تهیه شد. با احتساب شش سطح شوری به عنوان تیمار اصلی و چهار سطح آبیاری به عنوان تیمار فرعی مجموعاً ۲٤ تیمار (٤×٦) به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. هر بوته در یک گلدان و تعداد پنج بوته برای هر تکرار اختصاص یافته و در مجموع با (۳٦۰) بوته طرح آزمایشی اجرا شد. گلدان‌ها به فاصلهٔ ۵۰ سانتیمتر ازهم روی ردیف و فاصلهٔ ردیف‌ها ازهم ۱۰۰ سانتی‌متر آرایش یافتند.

نیاز آبیاری براساس تبخیر از تشت تبخیر استاندارد ۲۰ سانتیمتری و با اعمال ضریب تشت (*Kpan*) و ضریب گیاهی (*Kc*) محاسبه‌شده و برروی تیمارهای اعمال شد. این نوع تشت‌تبخیر توسط لیو و کانگ (۲۰۰۷) معرفی شده و کاربرد موفقیت‌آمیز آن در گلخانه توسط ژانگ و همکاران (۲۰۱۰) اثبات شده است. تشت‌تبخیر مزبور ظرفی استوانه‌ای از جنس آهن گالوانیزه با قطر ۲۰ سانتیمتر و ارتفاع ۱۱ سانتیمتر می باشد. در این تحقیق از ۳ عدد تشت‌تبخیر استاندارد ۲۰ سانتیمتری مستقر برروی سکوی چوبی در ارتفاعی بالاتر از آسمانهٔ گیاه (*Crop Canopy*) برای تعیین تبخیر از سطح آزاد آب به عنوان مرجع استفاده شد.

ضریب این تشت در داخل گلخانه و شرایط استاندارد مذکور (پایه چوبی و ارتفاع) برابر ۰/۷۱ می‌باشد. برای تعیین ضریب گیاهی گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای از نتایج تحقیق عابدی‌کوپایی و همکاران (۱۳۹۰) استفاده شد. محلول غذایی مورد استفاده در این پژوهش طبق فرمول غذایی هوگلند اصلاح شده تهیه شد. این فرمول به دلیل دارا بودن مقادیر زیاد نیتروژن و پتاسیم، برای پرورش گیاهان بزرگ مانند گوجه‌فرنگی و فلفل‌دلمه بسیار مناسب می باشد (هوگلند و آرنون، ۱۹۵۰).

بهینه‌سازی اقتصادی عمق آب مصرفی

عملیات برداشت میوه ٤-۳ بار در هفته انجام شد. داده‌های مربوط به عملکرد کل، تعداد میوه در هر بوته، میانگین قطر میوه و متوسط وزن میوه، در هرنوبت برداشت ثبت گردید. ارتفاع بوته‌ها به طور مرتب اندازه‌گیری و ثبت گردید. در کل دورهٔ آزمایش چهار بار عمل پایین کشی بوته‌ها انجام و در آخر، قد نهایی بوته ها ثبت گردید. برای تعیین شاخص‌های آستانه‌ای عمق آب مصرفی مدلی برای بهینه‌سازی سودخالص مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از بارزترین خصوصیات این مدل، وجود دو تابع (تولید و هزینه) و همچنین قیمت محصول است که به صورت تلفیقی به‌کار گرفته می‌شوند (انگلیش و همکاران، ۱۹۹۰؛ انگلیش و راجا، ۱۹۹٦، انصاری، ۱۳۸۷). از خصوصیات دیگر این مدل وجود منطق ریاضی، ضوابط اقتصادی و مبانی زراعی در آن است. در این مطالعه از شکل اول بهینه‌سازی عمق آب مصرفی و درنتیجه سودخالص استفاده شد که در این‌حالت تابع تولید به صورت منحنی درجه دو، تابع هزینه به صورت خطی و قیمت محصول نیز ثابت (بر اساس نرخ بازار) می‌باشد. شکل عمومی این روابط به صورت زیر است:

$$Y = a_1 + b_1 w + c_1 w^2 \qquad (۱)$$

$$C = a_2 + b_2 w \qquad (۲)$$

$$P = \text{ثابت} \qquad (۳)$$

که در آنها:

Y عملکرد بر حسب کیلوگرم در هکتار، C هزینه کل بر حسب ریال در هکتار، w عمق آب مصرفی در طول فصل زراعی بر حسب سانتی متر و P قیمت واحد محصول به ریال است. عمق‌های شاخص آب مصرفی با استفاده از روابط زیر تعیین شد.

۱-عمق آب آبیاری کامل (W_m)، که با مشتق‌گیری از تابع تولید برحسب عمق آب مصرفی (w) و مساوی صفر قرار دادن آن به صورت زیر به دست می آید:

$$W_m = -\frac{b_1}{2c_1} \qquad (٤)$$

۲- عمق آب مصرفی در حالت محدودیت زمین (W_L)

$$W_L = \frac{b_2 - b_1 P}{2c_1 P} \qquad (۵)$$

۳- عمق آب مصرفی در حالت محدودیت آب (W_w)

$$W_w = \left[\frac{a_1 P - a_2}{c_1 P}\right]^{0.5} \qquad (٦)$$

www.SID.ir

Archive of SID

٤-عمق معادل آبیاری کامل در حالت محدودیت زمین (W_{eL})

$$W_{eL} = \frac{(b_2 - b_1 P) \pm Z_1}{2c_1 P} \quad (۷)$$

که در آن:

$$Z_1 = \left[(b_1 P - b_2)^2 - 4c_1 P\left(\frac{b_1^2 P}{4c_1} - \frac{b_1 b_2}{2c_1}\right)\right]^{0.5} \quad (۸)$$

اگر معادلات ایجاد شده منتج به دو یا سه جواب شود (جوابهای موهومی یا حقیقی)، تنها آن جوابی که مقدار آن بین W_m و W_k قرار دارد قابل قبول و بقیه غیرقابل‌قبول هستند. W_k عمق آب در حالت سربه‌سری یا سود صفر می باشد که در ادامه تعریف شده است.

۵-عمق معادل آبیاری کامل درحالت محدودیت آب (W_{ew})

دراین سطح از آب آبیاری، سود خالص به ازای واحد این عمق آب مصرفی (W_{ew}) برابر با سود خالص به ازای واحد عمق آب مصرفی آبیاری کامل (W_m) است.

$$W_{ew} = \frac{-Z_2 \pm [Z_2^2 - 4c_1 P(a_1 P - a_2)]^{0.5}}{2c_1 P} \quad (۹)$$

که در آن:

$$Z_2 = \frac{b_1^2 P + 4a_1 c_1 P - 4a_2 c_1}{2b_1} \quad (۱۰)$$

همان‌طورکه قبلاً نیز اشاره شد، از دو جوابی که از معادله (۷) به دست می آید، تنها یکی از آنها که مقدار آن بین W_m و W_k قرار دارد قابل‌قبول است.

٦-عمق آب مصرفی در حالت سربه‌سری (W_k)، دراین حالت سودخالص برابر صفر است:

$$W_k = \frac{(b_2 - b_1 P) \pm Z_3}{2c_1 P} \quad (۱۱)$$

که در آن:

$$Z_3 = [(b_1 P - b_2)^2 - 4c_1 P(a_1 P - a_2)]^{0.5} \quad (۱۲)$$

نتایج و بحث

کارآیی مصرف آب

جدول (۱) مقادیر میانگین عملکرد و برخی شاخص‌های عملکرد در تیمارهای مختلف تحت تأثیر شوری و کم‌آبیاری را نشان می‌دهد، این جدول نشان می-دهد که طبق انتظار با افزایش سطح شوری عملکرد کاهش می‌یابد، همچنین کاهش سطح آبیاری باعث کاهش عملکرد و شاخص‌های کمی و کیفی عملکرد می‌شود.شکل (۱) مقادیر کارآیی مصرف آب در تیمارهای مختلف شوری و کم‌آبیاری را نشان می دهد. بیشترین مقدار این پارامتر مربوط به تیمار S_1W_4 (شوری ۰/۱ دسی‌زیمنس برمتر و مقدار آب مصرفی ETc ٪۵۰) با حدود ۳٤/٦ کیلوگرم بر مترمکعب و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار S_5W_1 (شوری هفت دسی‌زیمنس برمتر و مقدار آب مصرفی ETc ٪۱۲۵) با حدود ٦/٤ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد.

طبق انتظار بایستی کمترین کارآیی مصرف آب مربوط به تیمار S_6W_1 باشد، اما اینگونه نیست، و کمترین کارآیی مصرف آب مربوط به تیمار S_5W_1 می‌باشد. دلیل آن طبق جدول (۱) مشخص است و آن عبارت از اختلاف طول عمر بوته های تیمارهای $S6$ و $S5$ می باشد. تیمار $S5$ بیشتر از تیمار $S6$ تحت شرایط شوری دوام آورد و لذا مقدار آب بیشتری مصرف کرد. تیمار $S6W1$ علیرغم عملکرد پایین‌تر، چون عمر کوتاهتری داشته، به تبع آن مصرف آب کمتری نیز داشته است. بنابراین کارآیی مصرف آب آن بیشتر از تیمار S_5W_1 می باشد.

توابع تولید

تابع تولیدآب- شوری- عملکرد محصول تحت تأثیر مقادیر مختلف آب کاربردی و شوری آب آبیاری را به طوری که سایر عوامل تولید ثابت نگه داشته شوند، می توان به صورت معادله $Y=f(I, EC_w, X)$ نشان داد که در آن Y مقدار عملکرد محصول (kg/ha)، I مقدار آب آبیاری (cm) و EC_w هدایت الکتریکی آب آبیاری (ds/m) و X بردار ثابت سایر عوامل تأثیرگذار در تولید است. لذا ابتدا داده‌های آماری عملکرد حاصل از اجرای طرح توسط نرم افزار $Minitab\ 16$ برازش داده شده و فرم‌های مختلف توابع تولید با فرم‌های مختلف: خطی ساده ($Linear$)، خطی لگاریتمی (کاب‌داگلاس

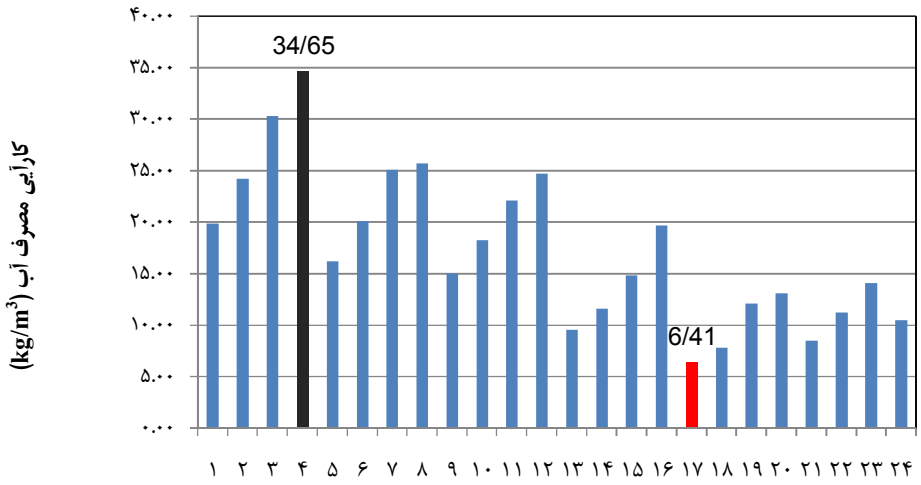
www.SID.ir

Archive of SID

(*CobbDouglas*))، درجه دوم (*Quadratic*) و فرم متعالی یا نمایی (*Transcendental*) برآورد شد.

جدول ۱- عملکرد و برخی شاخص‌های کمی عملکرد به ازای تیمارهای مختلف شوری و کم آبیاری

شماره تیمار	عنوان تیمار	عملکرد (*kg/plant*)	قد بوته (سانتیمتر)	عمر بوته (روز)	آب مصرفی بوته (m^3)	کارآیی مصرف آب (kg/m^3)
۱	*S1W1*	۱۰/۰۶	۵۶۸	۱۸۰	۰/۵۱	۱۹/۸۹
۲	*S1W2*	۹/۸	۵۶۸	۱۸۰	۰/۴۱	۲۴/۲۰
۳	*S1W3*	۹/۲	۵۵۰	۱۸۰	۰/۳	۳۰/۳۶
۴	*S1W4*	۷	۵۲۳	۱۸۰	۰/۲	۶۵/۳۴
۵	*S2W1*	۸/۲	۵۵۲	۱۸۰	۰/۵۱	۱۶/۲۱
۶	*S2W2*	۸/۱۵	۵۲۴	۱۸۰	۰/۴۱	۲۰/۱۲
۷	*S2W3*	۷/۶	۵۲۴	۱۸۰	۰/۳	۲۵/۰۸
۸	*S2W4*	۵/۲	۴۸۳	۱۸۰	۰/۲	۲۵/۷۴
۹	*S3W1*	۷/۶	۵۲۱	۱۸۰	۰/۵۱	۱۵/۰۲
۱۰	*S3W2*	۷/۴	۴۹۲	۱۸۰	۰/۴۱	۱۸/۲۷
۱۱	*S3W3*	۶/۷	۴۸۵	۱۸۰	۰/۳	۲۲/۱۱
۱۲	*S3W4*	۵	۴۰۹	۱۸۰	۰/۲	۲۴/۷۵
۱۳	*S4W1*	۴/۸۲	۳۹۵	۱۸۰	۰/۵۱	۹/۵۲
۱۴	*S4W2*	۴/۷	۳۸۴	۱۸۰	۰/۴۱	۱۱/۶
۱۵	*S4W3*	۴/۵	۳۶۵	۱۸۰	۰/۳	۱۴/۸۵
۱۶	*S4W4*	۳/۹۸	۳۵۶	۱۸۰	۰/۲	۱۹/۷۲
۱۷	*S5W1*	۱/۸	۱۸۷	۱۰۰	۰/۲۸	۶/۴۱
۱۸	*S5W2*	۱/۷۵	۱۹۳	۱۰۰	۰/۲۲	۷/۷۹
۱۹	*S5W3*	۱/۷	۱۸۷	۸۳	۰/۱۴	۱۲/۱۲
۲۰	*S5W4*	۱/۰۸	۱۶۹	۷۳	۰/۰۸	۱۳/۱۲
۲۱	*S6W1*	۱/۵۸	۱۶۵	۶۷	۰/۱۹	۸/۴۵
۲۲	*S6W2*	۱/۶	۱۶۲	۶۳	۰/۱۴	۱۱/۲۳
۲۳	*S6W3*	۱/۵	۱۵۵	۶۳	۰/۱۱	۱۴/۰۷
۲۴	*S6W4*	۰/۶۶	۱۳۸	۵۷	۰/۰۶	۱۰/۴۴



تیمارهای شوری و کم آبیاری به ترتیب جدول (۱)

شکل ۱- کارآیی مصرف آب در تیمارهای شوری و کم آبیاری

(۱۳) فرم خطی ساده:
$$Y = 6.8 + 0.03W - 0.9S$$

(۱٤) فرم خطی لگاریتمی (کاب‌داگلاس):
$$Y = 1.1W^{0.4}S^{-0.23}$$

(۱۵) فرم درجه دوم:
$$Y = 2.02 + 0.16W - 0.008W^2 - 0.71S + 0.02S^2 - 0.005SW$$

(۱٦) فرم نمایی یا متعالی:
$$Y = W^{0.6}\, S^{0.06}\, e^{(-0.01W - 0.2S)}$$

www.SID.ir

Archive of SID

برای سنجش اعتبار توابع به دست آمده، از شاخص‌های آماری متعددی می توان استفاده کرد که در این پژوهش از ضریب تعیین (*CD*)، نکویی برازش (*R2*) ، بازده مدل (*EF*)، ضریب مقدار باقیمانده (*CRM*)، خطای مطلق میانگین (*MAE*) و خطای نسبی جذر میانگین مربعات (*RRMSE*) استفاده شد. مقایسه این شاخص‌ها نشان داد که تابع تولید خطی ساده از تمام جهات تابع بهینه تولید است جدول (۲).

* خطای مطلق میانگین

(*Mean Absolute Error: MAE*)

مقدار این معیار با استفاده از رابطهٔ روبرو به دست می آید:

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n} |(O_i - P_i)|}{n} \qquad (۱۷)$$

که در آن:

O_i مقدار مشاهداتی عملکرد و P_i مقدار شبیه‌سازی شده آن و n تعداد نمونه‌های به‌کار رفته می‌باشد. کمترین مقدار عددی *MAE* برابر صفر می‌باشد.

* خطای نسبی جذر میانگین مربعات

(*Relative Root Mean Square Error: RRMSE*)

برای محاسبهٔ این شاخص آماری از رابطهٔ مقابل استفاده می‌گردد:

$$RRMSE = \frac{\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}}{\overline{O}} \qquad (۱۸)$$

که در آن:

RRMSE خطای نسبی جذر میانگین مربعات و $\bar{O}$ میانگین مشاهداتی پارامتر مورد نظر را نشان می‌دهد.

* بازده مدل (*Model Efficiency: EF*)

بازده یا راندمان مدل از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \overline{O})^2 - \sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \overline{O})^2} \qquad (۱۹)$$

مقدار *EF* از منفی بی‌نهایت تا یک تغییر می‌کند. هرچه مقدار آن بزرگتر باشد کارآیی مدل بهتر است. اگر مقدار این کمیت منفی باشد بدین معنی است که شبیه‌سازی مدل از میانگین مشاهدات ناکارآمدتر است.

* ضریب مقدار باقیمانده

(*Coefficient of Residual Mass: CRM*)

برای محاسبهٔ این معیار رابطهٔ مقابل به‌کار می‌رود:

$$CRM = \frac{\sum_{i=1}^{n} O_i - \sum_{i=1}^{n} P_i}{\sum_{i=1}^{n} O_i} \qquad (۲۰)$$

بیشترین مقدار *CRM* برابر یک بوده و مقادیر منفی این کمیت نشانگر آن است که مدل دارای بیش برآورد می باشد و برعکس.

* ضریب تعیین

(*Coefficient of Determination: CD*)

ضریب تعیین از رابطهٔ مقابل به دست می‌آید:

$$CD = \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \overline{O})^2}{\sum_{i=1}^{n}(P_i - \overline{O})^2} \qquad (۲۱)$$

این کمیت نشان‌دهندهٔ پراکنش مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهداتی حول میانگین مشاهدات است. عدد یک برای *CD* بیانگر این است که مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده کاملاً برهم منطبق هستند. این پارامتر در محدودهٔ صفر و مثبت بی‌نهایت تغییر می‌کند.

* نکویی برازش (R^2 :*Goodness of Fit*)

این پارامتر که در مقایسات آماری بسیار کاربرد دارد از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$R^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \overline{O})(P_i - \overline{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \overline{O})^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(P_i - \overline{P})^2}} \right]^2 \qquad (۲۲)$$

که در آن:

$\overline{P}$ میانگین مقادیر شبیه‌سازی شده می‌باشد. این کمیت از صفر تا یک تغییر کرده و مقادیر نزدیکتر به یک نشان‌دهندهٔ تطابق بهتر مدل و مشاهدات است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- شاخص‌های آماری مورد استفاده برای ارزیابی کیفیت توابع تولید شوری- کم آبیاری

پارامتر آماری	تابع برازش داده شده			
	خطی ساده	کاب داگلاس	درجه دوم	فرم نمایی
R^2	۰/۹۳	۰/۶۴	۰/۸۶	۰/۸۰
CD	۱/۰۷	۱/۷۷	۱/۲۳	۰/۸۶
CRM	۰/۰۰	-۰/۰۱	۰/۱۷	۰/۲۰
MAE	۰/۶۴	۱/۵۹	۱/۱۴	۱/۰۵
RRMSE	۰/۱۵	۰/۳۵	۰/۲۸	۰/۲۸
EF	۰/۹۳	۰/۶۴	۰/۷۷	۰/۷۸

جدول (۳) تجزیه واریانس برخی از صفات کمی و کیفی عملکرد حاصل از این تحقیق را نشان می دهد.جدول (٤) نتیجه مقایسه میانگین‌های عملکرد و برخی از اجزای عملکرد را با استفاده از روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) نشان می‌دهند. تیمارهای با حروف یکسان در سطح احتمال ۰/۰۱ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

بررسی اقتصادی کم‌آبیاری گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای در کشت بدون خاک

برای تیمارهای مختلف شوری، تابع تولید آب مصرفی- عملکرد به صورت منحنی درجه دو استخراج شد که در جدول (۵) ارائه شده است. تابع هزینه به صورت خطی و برابر مجموع قیمت مستقیم آب، هزینه های جانبی تهیه محلول غذایی شامل کود و انرژی لازم برای پمپاژ آب آبیاری و هزینه های کارگری، هزینه ثابت احداث گلخانه و هزینه‌های سرشکن شده استهلاک سازه و تجهیزات گلخانه در طول عمر طرح محاسبه و استخراج شد. منظور از عمر طرح، عمر مفید سازه و هرکدام از تجهیزات و هزینه‌ها است که از یک سال برای بذر و کود و سموم تا بیست و پنج سال برای اسکلت سازه گلخانه متغیر می باشد و در محاسبات اقتصادی، ارزش هزینه‌ها به عمر تجهیزات مربوطه تقسیم و سرشکن شده است.

با در نظر گرفتن تمام هزینه‌های ثابت و جاری کشت گلخانه‌ای بدون خاک اعم از سازه و پوشش گلخانه، سیستم آبیاری، سیستم گرمایش و سرمایش، گلدان و بسترکشت، هزینه‌های انرژی و کارگری، هزینه‌های بسته‌بندی و ارسال محصول به بازار، هزینه‌های جاری کود و سموم و ... بر اساس قیمت‌های سال ۹۱ و تقسیم ارزش هر یک از این هزینه‌ها به عمر مفید مربوطه، عدد ۲۱۰ میلیون ریال به عنوان هزینه ثابت یک هکتار گلخانه گوجه‌فرنگی هیدروپونیک در منطقه مورد مطالعه استخراج و وارد محاسبات شد.

اجاره یک مترمکعب آب کشاورزی در منطقه ساوه با شوری حدود ۱/۳دسی‌زیمنس برمتر، ٦۰۰ ریال می باشد. مضافاً همین مقدار پساب آب شیرین کن نیز جمع آوری نشده و هدر می رود. با در نظر گرفتن قیمت کودهای شیمیایی موجود در یک مترمکعب محلول غذایی هیدروپونیک گوجه‌فرنگی (آبکود) با قیمت‌های سال ۹۱ برابر ۷۰ هزار ریال، هزینه آبیاری به عمق یک سانتیمتر درهکتار برابر با هفت میلیون و ۱۲۰ هزار ریال می‌باشد.

اجاره یک مترمکعب آب کشاورزی در منطقه ساوه با شوری حدود سه دسی‌زیمنس برمتر، ۵۰۰ ریال، با شوری حدود پنج دسی‌زیمنس برمتر، ۳۰۰ ریال، با شوری حدود هفت دسی‌زیمنس برمتر، ۱۰۰ ریال و با شوری حدود نه دسی‌زیمنس برمتر، ۵۰ ریال می‌باشد. با در نظر گرفتن قیمت کودهای شیمیایی موجود در یک مترمکعب محلول غذایی هیدروپونیک گوجه فرنگی (آبکود) با قیمتهای سال ۹۱ حدود ۷۰ هزار ریال، تابع آب- هزینه در صورت استفاده از آب با شوری سه، پنج، هفت و نه دسی زیمنس بر متر به صورت جدول (۵) به دست می‌آید.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات عملکرد کل، وزن متوسط میوه، شاخص سطح برگ، ماده خشک بوته، EC عصاره میوه، ویتامین ث میوه، TSS میوه

		میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد کل	وزن متوسط میوه	شاخص سطح برگ	ماده خشک بوته	EC میوه	ویتامین ث میوه	TSS میوه
سطح شوری	۵	۱۱۸/۲۴ **	۱۰۹۵۱/۲ **	۰/۱۹۱ **	۳۱۷۸۶ **	۶/۳۵۱ **	۳۵/۶۷ *	۱۶/۴۶۷ **
سطح آبیاری	۳	۱۳/۱۳ **	۲۳۷۴/۵ **	۰/۰۰۵۶ **	۸۳۱/۵ *	۰/۴۸۹ ns	۴۶/۷۶ **	۰/۵۶۱ ns
شوری*آبیاری	۱۵	۰/۸۳ **	۹۵/۰۳ ns	۰/۰۰۱۳ **	۶۸/۵۷ ns	۰/۰۳۷ ns	۰/۱۷ ns	۰/۰۷۶ ns
خطا	۴۸	۰/۳۲ **	۷۷/۵۱	۰/۰۰۰۵	۲۵۵/۱	۰/۲۵۷	۱۰/۸۳	۰/۴۲۷
ضریب تغییرات		۱۱/۲۵	۱۰/۲۴	۱۱/۴	۱۰/۱۱	۹/۹۹	۹/۹۷	۱۰/۳

ns ، * و ** به ترتیب فاقد اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول۴- مقایسه میانگین‌های عملکرد و برخی از اجزای کمی و کیفی عملکرد تحت تأثیر تیمار شوری با استفاده از روش (LSD)

متغیر تیمار	عملکرد کل بوته (kg)	وزن متوسط میوه (gr)	LAI (m^2/m^2)	ماده خشک بوته (gr)	EC عصاره میوه (ds/m)	VitC میوه (mg/100ml)	TSS میوه (٪)
شوری S_1	A ۸/۹۸	A ۱۱۹/۵۸	A ۰/۳۴۶	A ۲۱۲/۴۱	C ۴/۳۹	B ۳۰/۷۴	D ۴/۸۸
شوری S_2	B ۷/۲۶	A ۱۱۵/۷۵	B ۰/۲۷۹	AB ۱۹۹/۹۱	C ۴/۳۷	AB ۳۱/۴۰	DC ۵/۳۸
شوری S_3	B ۶/۶۸	B ۹۳/۳۳	B ۰/۲۶۷	B ۱۸۷/۱۶	C ۴/۶۷	AB ۳۲/۴۵	C ۵/۹۰
شوری S_4	C۴/۵۱	B ۸۴	C ۰/۱۳۸	C ۱۵۲/۱۶	B ۵/۲۹	AB ۳۳/۷۴	B ۶/۶۳
شوری S_5	D ۱/۵۷	C ۵۸/۵	D ۰/۰۵۶	D ۱۱۲	B ۵/۴۷	A ۳۴/۶۳	AB ۷/۲۹
شوری S_6	D ۱/۳۲	D ۴۴/۳۳	D ۰/۰۴۴	E ۸۳/۶۶	A ۶/۲۲	A ۳۴/۹۲	A ۷/۹۶
LSD	۰/۶۲۴۵	۹/۶۴	۰/۰۲۳	۱۷/۴۹	۰/۵۵	۳/۶	۰/۷۱۶

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- رابطه خطی توابع آب- هزینه در سطوح مختلف شوری

سطح شوری	تابع آب هزینه
S_1	C=7120000W+2100000000
S_2	C=7060000W+2100000000
S_3	C=7050000W+2100000000
S_4	C=7030000W+2100000000
S_5	C=7010000W+2100000000
S_6	C=7005000W+2100000000

مقدار عملکرد در هزینه بسته بندی و حمل و نقل دخالت داده شد. به عبارت دیگر با افزایش مقدار عملکرد در سطوح شوری پایین‌تر، هزینه‌های بسته‌بندی و حمل و نقل نیز افزایش یافت؛ همچنین کیفیت میوه در قیمت فروش تأثیرگذار می‌باشد. در این تحقیق کیفیت محصول در سایز میوه، استحکام دمبرگ و پوسیدگی یا سلامت گل‌گاه درنظر گرفته و قیمت‌گذاری انجام شد. با در نظر گرفتن این تغییرات مقادیر ضرایب a_2 و p برآورد شده و در مدل انگلیش به‌کار گرفته‌شد. جدول (۷) نتایج آنالیز اقتصادی کم آبیاری به روش انگلیش و همکاران (۱۹۹۰) را برای این تحقیق نشان می دهد.

جدول ۶- توابع عملکرد به ازای آب مصرفی (سانتیمتر در هکتار در طول فصل زراعی) برای سطوح مختلف شوری محلول غذایی

سطح شوری	تابع آب-عملکرد	R^2 تابع
S_1	$Y=-23.53w^2+4298.9w+5278.3$	$R^2=0.986$
S_2	$Y=-25.56w^2+4988.2w-50182$	$R^2=0.984$
S_3	$Y=-18.61w^2+3471.7w-9407$	$R^2=0.997$
S_4	$Y=-4.86w^2+965.9w+48708$	$R^2=0.996$
S_5	$Y=-6.91w^2+1200.2w-15260$	$R^2=0.956$
S_6	$Y=-10.27w^2+1736.5w-39696$	$R^2=0.968$

جدول ۷- مقادیر پارامترهای حاصل از آنالیز اقتصادی کم آبیاری به روش انگلیش و همکاران (۱۹۹۰)

پارامتر	a_1	b_1	c_1	a_2	b_2	P	W_m	W_L	W_w
شوری S_1	۵۲۷۸	۴۲۹۸	-۲۳/۵۲	۲۱۲۰۰۰۰۰۰۰	۷۱۲۰۰۰۰	۲۵۰۰۰	۹۱/۳۷	۸۵/۳۱	۵۸/۱۴
شوری S_2	-۵۰۱۸۲	۴۹۸۸	-۲۸/۵۵	۲۱۰۰۰۰۰۰۰۰	۷۰۶۰۰۰۰	۲۵۰۰۰	۸۷/۳۵	۸۲/۴۱	۶۸/۵۵
شوری S_3	-۹۴۰۷	۳۴۷۱	-۱۸/۶	۲۰۷۰۰۰۰۰۰۰	۷۰۵۰۰۰۰	۲۵۰۰۰	۹۳/۳۱	۸۵/۷۲	۷۰/۴۱
شوری S_4	۴۸۷۰۸	۹۶۵/۸	-۴/۸۶	۲۰۲۰۰۰۰۰۰۰	۷۰۵۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۹۹/۳۶	۲۶/۸۳	۱۷۷/۵۹
شوری S_5	-۱۵۲۶۰	۱۲۰۰	-۶/۹۱۲	۱۹۵۰۰۰۰۰۰۰	۷۰۵۰۰۰۰	۵۰۰۰	۸۶/۸۱	-۱۵/۱۹	۲۴۲/۱۳
شوری S_6	-۳۹۶۹۶	۱۷۳۶	-۱۰/۲۶	۱۹۰۰۰۰۰۰۰۰	۷۰۵۰۰۰۰	۵۰۰۰	۸۴/۶۱	۱۵/۸۸	۲۰۲/۲۵

ادامه جدول (۷)

پارامتر	Z_1	W_{el}	Z_2	W_{ew}	Z_3	W_k	کم‌آبیاری
شوری S_1	۷۱۲۰۰۰۰	۷۹/۲۶	۷۵۴۸۳۴۶۲/۵	۳۷/۰۱	۷۳۴۱۸۰۸۶	۲۲/۸۸	۰/۳۶۳
شوری S_2	۷۰۶۰۰۰۰	۷۷/۴۶	۱۰۰۷۵۱۱۲۴	۵۳/۸۰	۶۵۲۸۳۴۵۴	۳۶/۶۸	۰/۲۱۵
شوری S_3	۷۰۵۰۰۰۰	۷۸/۱۴	۶۸۰۹۲۹۱۹/۲	۵۳/۱۳	۴۵۴۸۰۲۱۷	۳۶/۸۲	۰/۲۴۵
شوری S_4	۷۰۵۰۰۰۰	-۴۵/۶۹	۲۰۲۵۶۶۰۶/۵	۹۹/۳۶	*	*	-۰/۷۸۷
شوری S_5	۷۰۵۰۰۰۰	-۱۱۷/۱۸	۲۶۳۴۲۹۷۶	۸۶/۸۱	*	*	-۱/۷۸
شوری S_6	۷۰۵۰۰۰۰	-۵۲/۸۲	۲۹۱۴۴۶۱۳/۸	۸۴/۶۱	*	*	-۱/۳۹

برای سطوح شوری چهار و پنج و شش مقدار کم‌آبیاری منفی به دست آمده است که کاملا منطقی و عقلانی است. مقادیر منفی برای کم‌آبیاری به این معنی است که در این سطوح از شوری، عملکرد محصول به قدری کاهش می یابد که عملاً درآمد حاصل از تولید با آبیاری کامل هم هزینه‌های تولید را تأمین نمی‌کند. به عبارت دیگر در کشت گلخانه‌ای هیدروپونیک گوجه‌فرنگی با شرایط این تحقیق، با افزایش سطح شوری به پنج دسی‌زیمنس برمتر و بالاتر، نه تنها نمی‌توان تیمار کم‌آبیاری اعمال نمود، بلکه اساساً تولید از حالت اقتصادی خارج می‌شود. مگر اینکه به فرض محال، آب و انرژی بطور نامحدود و رایگان در اختیار باشد تا با استفاده از

www.SID.ir

Archive of SID

آب‌شیرین‌کن، آب با این سطوح شوری را شیرین نموده و مورد استفاده قرار داد؛ که در شرایط نرمال هیچ‌گاه این اتفاق نخواهد افتاد.

اما طبق جدول (۷)، در مورد سطوح شوری یک، دو و سه نتایج قابل‌توجهی حاصل شد، به این ترتیب که سود خالص حاصل از آبیاری کامل گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای در کشت بدون خاک با آب شیرین، شوری ۱/۳ و شوری سه دسی‌زیمنس برمتر به ترتیب با سود خالص حاصل از کم‌آبیاری به مقادیر ۰/۳٦ ، ۰/۲۱ و ۰/۲٤ برابر است. این یعنی به‌طور متوسط حدود ۲۵ درصد می توان کم‌آبیاری اعمال کرد بدون اینکه سود خالصِ تولید تغییر کند.

نتیجه‌گیری

با توجه به ارزش اقتصادی بسیار چشمگیر گوجه فرنگی در میان محصولات کشاورزی از یک سو، و مسائل مربوط به کمیت و کیفیت آب در کشور از سوی دیگر، در این تحقیق برای اولین بار اثر تنش‌های همزمان شوری و خشکی بر روی گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای در کشت بدون خاک مطالعه شد.توابع تولید برای کشت بدون خاک گوجه فرنگی در گلخانه استخراج و ارائه شد. مشخص شد که تا شوری‌های حدود سه دسی‌زیمنس برمتر، عملکرد گوجه‌فرنگی در کشت بدون خاک گوجه‌فرنگی اقتصادی بوده واختلاف آن با تیمار ۱/۳ دسی‌زیمنس برمتر که جزو آب‌های خوب کشاورزی محسوب می شود، معنی دار نیست. لذا می‌توان با اطمینان از برگشت اقتصادی طرح، در مناطقی با آب لب‌شور اقدام به احداث گلخانه برای کشت بدون خاک گوجه‌فرنگی نمود.

برای اولین بار مدل اقتصادی انگلیش و همکاران (۱۹۹۰) در مورد کشت گوجه‌فرنگی در گلخانه تحت شرایط تنش شوری وکم‌آبیاری تهیه و استفاده شد. نتیجه حاصل از این مدل اقتصادی نشان داد که سود خالص حاصل از آبیاری کامل گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای در کشت بدون خاک با آب شیرین، شوری ۱/۳ و شوری سه دسی‌زیمنس برمتر به ترتیب با سود خالص حاصل از کم‌آبیاری به مقادیر ٪۳٦، ٪۲۱ و ٪۲٤ برابر است. لذا در گلخانه‌هایی که از نظر ساختار و اقلیم مشابه با طرح حاضر می‌باشند، می توان به طور میانگین ۲۵ ٪ کم‌آبیاری را به عنوان نسخه بهینه اقتصادی در کشت بدون خاک گوجه‌فرنگی توصیه کرد. با عنایت به اینکه هرگونه صرفه‌جویی در آبیاری کشت هیدروپونیک در حقیقت صرفه‌جویی در میزان مصرف کودهای شیمیایی محلول غذایی است و با توجه به تعدد گلخانه‌های هیدروپونیک گوجه‌فرنگی و قیمت روزافزون کودهای شیمیایی و سایر هزینه‌های مرتبط با تغذیه و آبیاری، کاهش حدود یک‌چهارم از کل هزینه‌های تغذیه منجر به صرفه‌جویی بسیار چشمگیردر مخارج کشت خواهد شد.

فهرست منابع

۱. انصاری، ح. ۱۳۸۷. تعیین عمق شاخص و بهینهٔ آبیاری در ذرت‌های زودرس با هدف احتساب حداکثر سود، مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۲، شماره ۲، ص ۱۱٦-۱۰۷.

۲. ذوالفقاران، ا. و شهبازی ح. ۱۳۸٦. برآورد عملکرد چغندرقند در مقادیر متفاوت آب و شوری، مجموعه مقالات نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

۳. سپاسخواه، ع. ر.، توکلی، ع. ر. و موسوی، س. ف.؛ ۱۳۸۵. اصول و کاربرد کم‌آبیاری، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۲۸۸ صفحه.

٤. شهیدی، ع. ۱۳۸۷. اثر برهم کنش کم‌آبیاری و شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم با تعیین تابع تولید آب-شوری در منطقه بیرجند. پایان‌نامه دکتری مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۳٦۵ ص.

www.SID.ir

Archive of SID

۵. شهیدی، ع.، نحوی نیا، م. ج.، پارسی‌نژاد، م. و لیاقت، ع. م. ۱۳۸۹. تعیین مدل بهینه جذب آب در شرایط تنش همزمان شوری و خشکی توسط ارقام زراعی گندم (Triticum aestivum) در منطقه بیرجند، نشریه آب و خاک، جلد ۲٤، شماره ۳، ص ٥٤٤-٥۳٤.

٦. عابدی کوپایی، ج.، اسلامیان، س. س. و زارعیان، م. ج. ۱۳۹۰. اندازه‌گیری و مدل‌سازی نیاز آبی و ضریب گیاهی خیار، گوجه‌فرنگی و فلفل با استفاده از میکرولایسیمتر در گلخانه، علوم و فنون کشت گلخانه‌ای، سال دوم، شماره هفتم، پاییز ۱۳۹۰، ص ٦۳-٥۱.

۷. لایق، م.، پیوست، غ. ع.، سمیع زاده، ح. ا.، خصوصی، م. ۱۳۸۸. تاثیر شوری محلول غذایی بر رشد، عملکرد و صفات کیفی گوجه‌فرنگی در سیستم کشت بدون خاک، مجله علوم باغبانی ایران، دورهٔ ٤۰، شماره ٤، ص ۲۱-۱۱.

۸. محمدی، م.، لیاقت، ع. م. و مولوی، ح. ۱۳۸۹. بهینه‌سازی مصرف آب و تعیین ضرایب حساسیت گوجه‌فرنگی در شرایط توأمان تنش شوری و خشکی در منطقه کرج، نشریه آب و خاک، جلد ۲٤ ، شماره ۳، ۱۳۸۹ ، ص ٥۹۲-٥۸۳.

۹. نورجو، ا.، زمردی، ش. و امامی، ع . ۱۳۸۰. بررسی اثرات سطوح مختلف آبیاری در زراعت گوجه‌فرنگی، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، جلد سوم.

10. Bassil, E.S. & S.R. Kaffka. 2002. Response of safflower (Carthamus tinctorius L.) to saline soil and irrigation II. Crop response to salinity. Agric. Water Manage. 54, 81–92.
11. Benli, B. & S. Kodal. 2003. A non-linear model for farm optimization with adequate and limited water supplies Application to the South-east Anatolian Project (GAP) Region, Agricultural Water Management 62, 187–203.
12. Cetin, O. & D. Uygan. 2008. The effects of drip Line spacing, irrigation regimes and planting geometries of tomato on yield, irrigation water use efficiency and return. Agricultural Water Management, vol. 95: 949- 958.
13. Datta, K.K., V.P. Sharma & D.P. Sharma. 1998. Estimation of production function for wheat under salin conditions, Agricultural Water Management, 36:85-94.
14. Domíngueza, A., Tarjueloa, J.M., de Juana, J.A., López-Mataa, E., Breidyb, J. & F. Karamc. 2011. Deficit irrigation under water stress and salinity conditions: The MOPECO-Salt Model, Agricultural water management 98, 1451– 1461.
15. English, M., James, L. & C.F. Chen. 1990. Deficit Irrigation: II. Observation in Columbia Basin. Irrigation and Drain J., 16:413-426.
16. English, M. & S.N. Raja. 1996. Perspective on deficit irrigation. Agricultural water management. 32: 1-14.
17. FAOSTAT. http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E.
18. Geerts, S. & D. Raes. 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas, Agricultural Water Management 96, 1275–1284.
19. Harmanto Salokhe, V. M., Babel, M.S. & H. J. Tantau. 2005. Water requirement of drip irrigated tomatoes grown in greenhouse in tropical environment, Agricultural Water Management 71: 225–242.
20. Hassah, A. 2000. Hydroponics as an agriculture production system. Rirdic Publication. No. 141.
21. Hoagland, D. R., & D. I. Arnon. 1950. The water–culture method for growing plants without soil. College of Agriculture, Univ of Cal Berkeley, Cal. Cicrcular 347.
22. Liu H. J. & Y. H. Kang. 2007. Sprinkler irrigation scheduling of winter wheat in the North China Plain using a 20 cm standard pan. Irrigation Science, 25,149-159.

www.SID.ir

Archive of SID

23. Maas, E. V., and S. R. Grattan. 1999. Crop yields as affected by salinity. In R. W. Skaggsand J. van Schilfgaarde, eds., Agricultural Drainage. Agron.Monograph 38.ASA,CSSA, SSSA, Madison, WI.
24. Malash, N., Ghaibeh, A., Yeo, A., Ragab, R. & J. Cuartero. 2002. Effect of irrigation water salinity on yield and fruit quality of tomato. Acta Horticulturae, 573, 415-423.
25. Meric M.K., Tuzel, I.H., Tuzel Y., G.B., Oztekin. 2011. Effects of nutrition systems and irrigation programs on tomato in soilless culture, Agricultural Water Management 99, 19– 25.
26. Mitchell, J. P., Shannan, C., Grattan, S. R. & D. M. May. 1991. Tomato fruit yields and quality under water deficit and salinity. Journal of American Horticultural Science, 16, 215-221.
27. Patanèa C., Tringali S. & O. Sortinob. 2011. Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions, Scientia Horticulturae 129, 590–596.
28. Ramezanian, A., Tavallali, V. & F., Sadeghi Ghotbabadi. 2001, Greenhouse - Scientific and practical methods of greenhouse construction and plant care. Takhtejamshid publishing 120 p. (In Farsi).
29. Rubino P. & E. Tarantino. 1988. Influence of irrigation techniques on behaviour of some processing tomato cultivars. Acta- Horiculturas. 228:109-118.
30. Willumsen, J., Petersen, K.K. & K. Kaack. 1996. Yield and blossom-end rot of tomato as affected by salinity and cation activity ratios in the root zone. J. Hort. Sci. 71 (1), 81-98.
31. Ya Ling Li, Cecilia Stanghellini & Hugo Challa. 2001. Effect of electrical conductivity and transpiration on production of greenhouse tomato (Lycopersicon esculentum L.), Scientia Horticulturae, 88: 11-29
32. Zhang, Z. k., LIU, S. Q., LIU S. H. & H. Zhi-jun. 2010. Estimation of cucumber evapotranspiration in solar greenhouse in northeast China, Agricultural Sciences in China, 9(4): 512-518.

www.SID.ir