شاپا چاپی: ۷۴۸۰-۲۲۵۱
شاپا الکترونیکی: ۷۴۰۰-۲۲۵۰

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

پست الکترونیک:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

سال یازدهم
شماره چهار
تابستان ۱۴۰۱

تاریخ دریافت:
۱۴۰۰/۱۲/۲۹

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۰۲/۰۱

صفحات: ۱۱۴-۱۰۳

برآورد ضرایب واکنش عملکرد به تنش آبی در گیاه سیر تحت شرایط کم‌آبیاری

آرش تافته[۱]، فاطمه کیخایی[۲] و مجتبی هادیزاده[۳]

۱) استادیار، بخش آبیاری و فیزیک خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۲) مربی، بخش آبیاری و فیزیک خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۳) دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه زابل.
ایمیل نویسنده مسئول: arash_tafteh@yahoo.com

چکیده:

زمینه و هدف: نظر به اهمیت تعیین رفتار گیاهان در شرایط کمبود آب لازم است تا ضرایب حساسیت گیاه به آب در مراحل مختلف رشد گیاهان تعیین شود. کمبود آب در دشت سیستان، یک مسئله جدی و دارای اهمیت است به‌گونه‌ای که عدم تأمین آب رودخانه مرزی هیرمند که تنها منبع تأمین آب منطقه است منجر به نابودی کشاورزی می‌شود. پایین بودن امکان افزایش منابع جدید آب و ضرورت افزایش تولیدات کشاورزی از منابع آب محدود در این منطقه، استفاده از روش‌های علمی مناسب برای افزایش بهره‌وری آب کشاورزی را می‌طلبد. همچنین تغییر الگوی کشت و جایگزینی محصولات پردرآمد در سال‌های اخیر در مناطق خشک بسیار موردتوجه کشاورزان قرارگرفته است. هدف از این پژوهش بررسی اثرات تنش آبی بر رفتار گیاه سیر در شرایط کم‌آبی است تا با واسنجی تابع تولید این گیاه ضرایب واکنش عملکرد در شرایط کمبود آب به دست آید.

روش پژوهش: در این مطالعه گیاه سیر در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در استان سیستان و بلوچستان اجرا شد. تیمارها بر اساس سطح تنش نسبت به شاهد ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵، ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درصد نیاز آبی اعمال شدند. این ایستگاه در ۲۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر زابل واقع در طول جغرافیای ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه و عرض جغرافیای ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه در منطقه سیستان قرار دارد. ارتفاع ایستگاه از سطح دریا ۴۸۳ متر، میانگین بارندگی سالیانه ۵۵ میلی‌متر و میزان تبخیر سالیانه ۴۵۰۰ تا ۵۰۰۰ میلی‌متر است و این منطقه دارای اقلیم بسیار خشک با تابستان بسیار گرم و زمستان ملایم می‌باشد. مساحت قطعه آزمایشی برابر ۷۵۰ مترمربع (۱۵×۵۰) انتخاب گردید برای کاشت سیر رقم چینی قبل از کاشت بستر با کود حیوانی تقویت شد و پس از گاو رو شدن بر اساس آزمون خاک کود به میزان ۳۰۰ کیلوگرم فسفات پتاسیم، ۲۰۰ کیلوگرم فسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم اوره به خاک اضافه گردید. سپس شخم و دیسک و درنهایت تسطیح شد. در دهه دوم مهرماه جهت کاشت سیر رقم چینی شیارهایی به فاصله ۲۰ سانتیمتر و عمق ۵ سانتیمتر با بیلچه ایجاد و غده سیرها به فاصله ۸ سانتیمتر بر روی ردیف‌های کشت گردید. اطلاعات گیاهی شامل دوره‌های رشد، قطر غده، تعداد حبه، ارتفاع گیاه و مقادیر عملکرد سیر نیز اندازه‌گیری شد. سپس بر اساس اطلاعات به‌دست‌آمده دو تابع تولید تافته و ریس موردبررسی قرار گرفتند و ضرایب حساسیت گیاه در دوره رشد تعیین شد.

یافته‌ها: بیشترین عملکرد سیر در مطالعه ۸۲۴۰ کیلوگرم در هکتار بوده است که برای تولید آن ۸۳۳ میلی‌متر آب مصرف شد. برای واسنجی ضریب حساسیت گیاه سیر از داده‌های سال اول استفاده شد و پس از واسنجی دو تابع تولید ریس (Raes) و تافته (Tafteh)، مقادیر ضریب حساسیت گیاه سیر ارائه شد. این ضریب در بازه ۰/۵ تا ۱/۲ در دوره‌های مختلف رشد گیاه سیر متفاوت بود که منحنی تغییرات آن ارائه شد. ارزیابی روش ریس در سال دوم با مقدار ریشه میانگین مربعات خطا ۱۳۰۲ کیلوگرم در هکتار و مقدار نرمال شده آن حدود ۲۳ درصد بود.

نتایج: در مقایسه دو روش مورداستفاده درروش تافته و همکاران، مقدار ریشه میانگین مربعات خطا ۴۸۵ کیلوگرم در هکتار و مقدار نرمال شده آن حدود ۱۱ درصد به دست آمد. ازاین‌رو، روش تافته در تعیین عملکرد سیر در شرایط تنش آبی توصیه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی، تابع تولید، دوره رشد، واسنجی

10.30495/WSRCJ.2022.20007

مقدمه

کمبود آب در دشت سیستان، یک مسئله جدی و دارای اهمیت است به‌گونه‌ای که عدم تأمین آب رودخانه مرزی هیرمند که تنها منبع تأمین آب منطقه است منجر به نابودی کشاورزی می‌شود. پایین بودن امکان افزایش منابع جدید آب و ضرورت افزایش تولیدات کشاورزی از منابع آب محدود در این منطقه، استفاده از روش‌های علمی و فنی مناسب برای افزایش بهره‌وری مصرف آب کشاورزی را می‌طلبد. همچنین تغییر الگوی کشت و جایگزینی محصولات پردرآمد در سال‌های اخیر در مناطق خشک بسیار موردتوجه کشاورزان قرارگرفته است (Farahbakhsh et al.,2019).

سیر بانام علمی (*Allium sativum L*) گیاهی علفی از خانواده پیاز بوده که ازنظر تولید جهانی در بین گیاهان پیازی پس از پیاز خوراکی رتبهٔ دوم را به خود اختصاص داده است (Ahmadian et al.,2018). سیر با ۱۱ میلیون تن تولید، چهاردهمین محصول مهم زراعی جهان است. سیر از سبزی‌های مهم پاییزی است که کشت آن در بعضی مناطق سیستان به‌طور پراکنده رواج دارد و به علت کشت و رویش زمستانه و نقش آن در جیره غذایی اهمیت زیادی دارد .چنانچه اصول صحیح به زراعی رعایت گردد و بازار فروش مناسب فراهم آید می‌تواند جزو محصولات اقتصادی منطقه باشد اقتصادی بودن محصول سیر، نیاز آبی کم، ماندگاری و فروش مناسب آن در بازار از عوامل توسعه سطح زیر کشت این محصول است (Ahmadian et al.,2018). بخش قابل‌توجهی از سیر تولیدی به دلیل مشکلاتی از قبیل نبود مدیریت صحیح زراعی ازجمله مدیریت آبیاری، زمان مناسب برداشت و عدم رعایت اصول درست عملیات پس از برداشت، قابلیت بازارپسندی خود را ازدست‌داده و ارزش اقتصادی آن کاهش می‌یابد در منطقه همدان تأثیر مقادیر مختلف آبیاری (۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی) و نیز زمان‌های قطع آبیاری را بر عملکرد و کیفیت سیر بررسی نمودند. نتایج نشان داد تأخیر در قطع آبیاری سبب افت ترکیب‌های عطروطعم‌دهنده و نیز افزایش افت وزنی و فساد سوخ‌های سیر در مدت نگهداری در انبار شد .مقادیر آب آبیاری اثر معنی‌داری بر عوامل کیفی سوخ‌های سیر نشان نداد با افزایش کارایی مصرف آب، کاهش در مقادیر افت وزنی، فساد و تغییرات رنگ سوخ‌های سیر مشاهده شد. درنتیجه، آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی با بالاترین کارایی مصرف آب و تاریخ قطع یک هفته زودتر از زمان رایج منطقه مناسب تشخیص داده شد. (Rezvani et al.,2016). با توجه به شرایط خاص اقلیمی کشور و پایین بودن امکان افزایش منابع جدید آب مورداستفاده در بخش کشاورزی و ضرورت افزایش تولیدات کشاورزی از منابع آب محدود، استفاده از روش‌های علمی و فنی مناسب برای افزایش بهره‌وری مصرف آب کشاورزی از ضروریات بخش کشاورزی است. افزایش بهره‌وری، به‌ویژه از دیدگاه ارزش تولید به ازای واحد مصرف آب به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم می‌تواند راهکار مهمی برای بهبود معیشت جوامع محلی باشد (Tafteh et al., 2018).

اثر تنش خشکی را در تراکم‌های مختلف کاشت گیاه سیر نیز موردبررسی قرارگرفته است و نتایج نشان داده است که اعمال تنش خشکی باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه سیر نسبت به شاهد گردید که این کاهش با تشدید سطح تنش افزایش یافت (Akbari et al.,2016).

مقایسه میانگین‌های عملکرد سیر در تنش‌های مختلف آبیاری در پژوهشی نشان داد که با افزایش شدت تنش آبی عملکرد سیر کاهش‌یافته است. بیشترین عملکرد (7163 کیلوگرم در هکتار) سیر مربوط به بدون تنش با مصرف ٤٠٩ میلی‌متر آب در طی فصل و کمترین آن مربوط به شرایط تنش شدید آبی با عملکرد ۳۷۹۷ کیلوگرم در هکتار بود و با افزایش شدت تنش آبی از شرایط بدون تنش تا تنش شدید آبی عملکرد حدود ۹۰ درصد کاهش یافت (Motalebifard et al., 2016).

محققین در تحقیقی دوساله در یک خاک لومی در کشور مصر، کارایی مصرف آب و بهره‌وری آب سیر را در

دو روش آبیاری سطحی و قطره‌ای مقایسه کردند نتایج نشان داد که هر دو شاخص مذکور در سیستم قطره‌ای مقادیر بالاتری را به خود اختصاص داد (Abd El-Latif and Abdelshafy 2017). در تحقیقی دیگر که برهم‌کنش کود پتاسیم و مالچ گیاهی و تیمارهای تنش آبی را بر عملکرد و خصوصیات سیر بررسی نمودند نشان دادند که دو تیمار آبیاری ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی عملکرد سوخ‌ها بیشتری نسبت به تیمار ٦٠ درصد نیاز آبی بودند. همچنین ضریب گیاهی این محصول برابر ۰/۷، ۱/۰۵ و ۰/۷۵ برای سه مرحله اولیه، میانی و پایانی ارائه‌شده است در این نشریه مقدار حداکثر ارتفاع گیاه ۰/٤ متر در محاسبات تبخیر و تعرق لحاظ می‌گردد (Bozkurt et al.,2021).

بررسی اثر روش‌های مختلف آبیاری بر روی عملکرد سوخ ارقام پیاز نشان داده است که روش آبیاری قطره‌ای نسبت به سایر روش‌ها عملکرد سوخ پیازها را بیشتر افزایش داد و بهره‌وری مصرف آب آبیاری درروش قطرهای به ترتیب ۲۳ و ۱۲ درصد نسبت به روش‌های آبیاری شیاری و کرتی بیشتر بود (Rastegar and Baghani, 2012).

برای مدیریت کم‌آبیاری و بررسی آثار آن نیاز به ضریب واکنش عملکرد گیاه در شرایط مختلف در دوره‌های مختلف رشد می‌باشد؛ که از اهمیت بالایی در بررسی واکنش گیاه نسبت به کم‌آبیاری برخوردار است. در تحقیقات جدیدی که بر روی کینوا با رژیم‌های مختلف آبیاری در آبیاری سطحی و زیرسطحی انجام‌شده است مقادیر ضریب واکنش گیاه کینوا در محدوده ۰/٦٦ تا ۰/۸۹ گزارش‌شده است و نشان می‌دهد که این گیاه نسبت به کم‌آبیاری مقاوم بوده و می‌توان در مدیریت کم‌آبیاری در شرایط کمبود آب در الگوی کشت از آن بهره برد (Bozkurt et al., 2021). یکی از مهم‌ترین کاربردهای تعیین ضرایب حساسیت گیاه در برنامه‌ریزی آبیاری و تخصیص آب می‌باشد که اگر این اطلاعات به‌درستی در اختیار کارشناسان امر قرار گیرد می‌توان بسیار حائز اهمیت باشد و نتایج را مورد تأثیر قرار دهد (Tafteh et al., 2014a) تا جایی که قبل از بررسی سامانه تخصیص نیاز آبی لازم است تا ضرایب حساسیت گیاه در تنش آبی به‌صورت دقیق واسنجی و صحت سنجی شوند (Tafteh et al., 2014b). در مدل‌های امروزی نیز توابع تولید پیشرفته بر اساس ضرایب حساسیت گیاه مقادیر کاهش عملکرد را در سناریوهای مختلف شبیه‌سازی می‌نمایند (Raes et al.,2006). در مدل پیشرفته آکواکراپ نیز این ضرایب بر اساس اصلاحات پاسکوئله و نسبت شاخص برداشت در مقیاس زمانی روزانه بسیار کاربردی و تعیین‌کننده هستند (Raes et al.,2017).

ارزیابی توابع تولید حاصل‌ضرب اصلاح‌شده Rase, 2004 و حاصل‌ضربی اصلاح‌شده Tafteh et al.(2013) در برآورد عملکرد گیاه کلزا تحت شرایط کم‌آبیاری در بازه‌های ماهانه، مراحل چهارگانه رشد و کل دوره رشد نشان داده است که در هر دو روش مورد ارزیابی کمترین خطا در بازه زمانی کل دوره رشد به‌دست‌آمده است. بررسی شاخص‌های آماری حاکی از آن است که روش Tafteh et al.(2013) در بازه کل دوره رشد با کمترین مقدار ریشه مربعات خطای استاندارد (RMSE)، ریشه مربعات خطای استاندارد نرمال شده (NRMSE) به ترتیب به مقدار ٤٢٣ و ٢١١ / ۰ و بیشترین مقدار شاخص توافق d و ضریب تبیین R2 به ترتیب برابر با ٧٦ / ۰ و ٦٤٥ / ۰ در برآورد عملکرد گیاه کلزا روش مناسب‌تری می‌باشد (Tafteh, and Ebrahimipak, 2018).

در ادامه محققین اهمیت توابع تولید را در بهینه‌سازی توزیع آب در شبکه‌های آبیاری بیان نمودند و گزارش نمودند که بدون داشتن توابع تولید قدرتمند و واسنجی شده نمی‌شود سناریوهای مختلف توزیع آب در شبکه را به‌درستی ارزیابی نمود (Ebrahimipak et al.,2019). محققین با بررسی دو تابع تولید Raes (2004) و Tafteh et al (2013)با استفاده از ضرایب حساست گیاه پیشنهادشده توسط Tafteh et al., (2014a) برای ذرت مورد ارزیابی قرار نتایج نشان داد تابع تولید تافته در تعیین

عملکرد دو رقم ۵۰۰ و ۳۲۰ به‌طور متوسط با مقدار ریشه مربعات میانگین خطا حدود ٥٦٢ کیلوگرم در هکتار، ریشه مربعات میانگین خطای نرمال حدود ۸ درصد و میانگین انحراف خطا حدود ١٦٨ کیلوگرم در هکتار بسیار خوب عمل کرده است. همچنین شاخص توافق حدود ۰/۹۵ و شاخص کارای مدل حدود ۰/۸۳ به دست آمد. این نتایج نشان داد که توابع مطرح‌شده کارایی بالای در تعیین عملکرد هر دو رقم دارند. بررسی تفکیک‌شده این دو رقم نیز نشان داد که رقم ۳۰۲ دارای عملکرد کم‌تر و در شرایط کم‌آبی ضرایب حساسیت آن به گیاه به‌ویژه در دوره میانی رشد بیش‌تر از رقم ۵۰۰ می‌باشد. لذا رقم ۵۰۰ نسبت به رقم ۳۰۲ عملکرد بالاتری دارد و در شرایط کم‌آبی ضرایب حساسیت آن کمتر بوده و مقاومت بیشتری در تنش آبی از خود نشان می‌دهد. ضرایب حساسیت رقم ۳۰۲ در دوره‌های اولیه، میانی و انتهایی رشد به ترتیب برابر با ۰/۵، ١/٤ و ۰/۸ تعیین گردید که با مقادیر پیشنهادی متفاوت است. لذا لازم است ارقام پیشنهادی در شرایط کم‌آبی با استفاده از توابع تولید مورد ارزیابی قرار گیرند (Tafteh et al.,2020).

در این زمینه عبدزاد گوهری و همکاران (١٤٠٠) جهت تخمین ضرایب تنش (Ks) و ضریب گیاهی (Kc) و همچنین ضرایب پاسخ عملکرد گیاه به آب یا ضریب حساسیت (Ky) در مراحل مختلف رشد بادام‌زمینی، تحقیقی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار گزارش کردند که پاسخ عملکرد گیاه به آب در ارقام گیل و جنوبی درروش Raes, (2004)مقدار ریشه میانگین مربعات خطا 183 کیلوگرم در هکتار و مقدار نرمال شده آن حدود ١٦ درصد و شاخص کارایی این روش ۰/۷۲ بود. درروش Tafteh et al, (2013)مقدار ریشه میانگین مربعات خطا 188 کیلوگرم در هکتار و مقدار نرمال شده آن حدود ۱۷ درصد و شاخص کارایی این روش ۰/۷۱ به دست آمد.

نظر به اهمیت تعیین ضریب حساسیت گیاه این پژوهش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی زهک در ۲۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر زابل برای تعیین ضریب حساسیت گیاه بر اساس دو تابع تولید مطرح در این زمینه اجرا شد که اطلاعات در مورد گیاه سیر کم بوده و نیاز بود تا در این تحقیق این توابع بر این گیاه موردبررسی قرار گیرند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با تیمارهای شاهد، ۳۵، ٤٥، ۵۰، ۵۵، ٦٠، ۷۵ و ۸۵ درصد نیاز آبی در سه تکرار در استان سیستان و بلوچستان در ایستگاه تحقیقات کشاورزی در سال‌های زراعی ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در زهک اجرا شد. در ۲۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر زابل واقع در طول جغرافیای ٦١ درجه و ٤١ دقیقه و

شکل ۱. نمایی از منطقه و طرح سیر در منطقه موردمطالعه

جدول ۱. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اعمال تیمارها

بافت	Cu	Mn	Zn	K	P	OC	pb	PWP	FC	SP	EC	pH
			mg/kg				g/cm3		٪		dS/m	
لومی شنی	۰/٦٨	٤/١	۰/١٢	١١٠	١/٧٥	۰/٢٣	١/٤	٨	١٨	٢٧	٦/٢	٨/٢

جدول ۲. نتایج تجزیه آب آبیاری

Na+	Mg2+	Ca2+	HCO3-1	SAR	pH	EC
meq.l-1				–	–	dSm-1
١١	٣٤		٥/١	٢/٦٧	٧/٣	١/٨٢

عرض جغرافیای ۳۰ درجه و ٥٤ دقیقه در منطقه سیستان قرار دارد. ارتفاع ایستگاه از سطح دریا ٤٨٣ متر، میانگین بارندگی سالیانه ٥٥ میلی‌متر و میزان تبخیر سالیانه ٤٥٠٠ تا ٥٠٠٠ میلی‌متر است و این منطقه دارای اقلیم بسیار خشک با تابستان بسیار گرم و زمستان ملایم می‌باشد (شکل ۱).

این ایستگاه در ۲۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر زابل واقع در طول جغرافیای ٦١ درجه و ٤١ دقیقه و عرض جغرافیای ۳۰ درجه و ٥٤ دقیقه در منطقه سیستان قرار دارد. ارتفاع ایستگاه از سطح دریا ٤٨٣ متر، میانگین بارندگی سالیانه ٥٥ میلی‌متر و میزان تبخیر سالیانه ٤٥٠٠ تا ٥٠٠٠ میلی‌متر است و این منطقه دارای اقلیم بسیار خشک با تابستان بسیار گرم و زمستان ملایم می‌باشد. مساحت قطعه آزمایشی برابر ۷۵۰ مترمربع (۱۵×۵۰) انتخاب گردید برای کاشت سیر رقم چینی قبل از کاشت بستر با کود حیوانی تقویت شد و پس از گاو رو شدن بر اساس آزمون خاک کود به میزان ۳۰۰ کیلوگرم فسفات پتاسیم، ۲۰۰ کیلوگرم فسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم اوره به خاک قبل از کشت اضافه گردید. سپس شخم و دیسک و درنهایت تسطیح شد. در دهه دوم مهرماه جهت کاشت سیر رقم چینی شیارهایی به فاصله ۲۰ سانتیمتر و عمق ۵ سانتیمتر با بیلچه ایجاد و غده سیرها به فاصله ۸ سانتیمتر بر روی ردیف‌های کشت گردید. برخی از خصوصیات خاک و آب منطقه موردمطالعه در ترتیب در جدول ۱ و ۲ ارائه‌شده است.

مقادیر نیاز آبی تیمار شاهد بر اساس بیلان رطوبتی از رابطه ۱ محاسبه شد.

$$I_n = \left(\theta_{fc} - \theta_i\right).MAD.\rho_b.D_r \qquad (۱)$$

که در آن: In: عمق خالص آب آبیاری (cm)، θfc و θi: به ترتیب درصد وزنی رطوبت در ظرفیت زراعی و شرایط فعلی، MAD: حداکثر تخلیه مجاز رطوبت خاک (ضریب سهل‌الوصول) به‌صورت اعشار، ρ_b: جرم مخصوص ظاهری (gr/cm3) و Dr: عمق توسعه ریشه گیاه (cm) می‌باشد. به‌منظور اندازه‌گیری و پایش رطوبت از دستگاه TDR با ۵ حس‌گر دوشاخه به‌صورت قائم ٦٠ سانتی‌متری استفاده شد. نمایی از آزمونه‌های اجراشده در شکل ۲ ارائه‌شده است.

شاهد	T2	T1
T4	T3	T5
T7	T6	شاهد
T2	T1	T5
T6	T4	T3
شاهد	T7	T1
T2	T4	T6
T7	T3	T5

شکل ۲. طرح تیمارهای اعمال‌شده

به‌منظور بررسی خصوصیات و اطلاعات گیاهی شامل دوره‌های رشد، قطر غده، تعداد حبه، ارتفاع گیاه و مقادیر

عملکرد سیر نیز اندازه‌گیری شد. به‌منظور ارزیابی حساسیت محصول به کمبود آب خاک و فاکتور واکنش عملکرد به آب یا ضریب عکس‌العمل (Ky) روابط مختلفی ارائه‌شده است که می‌توان به رابطه آب و عملکرد تابع تولید توسط Doorenbos and Kassam, (1979) اشاره کرد که رابطه بین کاهش نسبی محصول و کمبود تبخیر تعرق نسبی که همان نسبت جذب آب در شرایط واقعی به استاندارد را به‌صورت رابطه (۵) ارائه می‌کند.

$$1-\frac{y}{y_m}=k_y\left(1-\frac{ET_a}{ET_m}\right) \qquad (۲)$$

که در آن y: عملکرد واقعی در هر منطقه (کیلوگرم بر هکتار)،ym: حداکثر عملکرد در حالتی که هیچ‌گونه محدودیتی ازنظر آب برای گیاه وجود نداشته باشد (کیلوگرم بر هکتار)،ETa: تبخیر تعرق واقعی (میلی‌متر)،ETm: حداکثر تبخیر تعرق گیاه (میلی‌متر)،Ky: ضریب حساسیت عملکرد محصول نسبت به آب هست. Raes, (2004) در شبیه‌سازی بیلان آب و املاح (با مدل باجت BUDGET) را به کاربرد که در آن مراحل مختلف رشد هر یک به چند بازه زمانی کوچک‌تر تقسیم می‌شوند و توان معادله که تا قبل از این تعریفی برای آن وجود نداشت، به‌صورت حاصل‌ضرب و تابع زمانی نسبی تعریف شد (رابطه ٦).

$$\frac{y}{y_m}=\prod_{j=1}^{n}\left(1-k_{yi}\left(1-\frac{ET_{a,j}}{ET_{m,j}}\right)\right)^{\Delta t_j/Li} \qquad (۳)$$

که در آن n: تعداد بازه‌های زمانی به مدت Δtj (روز) در مرحله رشد i، n: تعداد مراحل دوره رشد،Li: طول کل مراحل رشد (روز)،ETa,j: تبخیر تعرق واقعی در بازه زمانی ETm,j،j: تبخیر تعرق پتانسیل در بازه زمانی j وKyi: ضریب حساسیت عملکرد نسبت به آب در بازه زمانی i است. Tafteh et al, (2013) جهت ارزیابی حساسیت محصول بر روی بازه‌ها و توان‌های مختلف در پژوهشی انجام دادند و درنهایت توان نسبی بر اساس نسبت ضریب واکنش عملکرد به‌کل ضرایب واکنش به‌عنوان توان معادله حاصل‌ضربی پیشنهاد دادند که به‌صورت رابطه (۷) ارائه گردید.

$$\frac{Y_a}{Y_P}=\prod_{i=1}^{n}\left(1-K_{yi}\left(1-\frac{ET_{a,i}}{ET_{m,i}}\right)\right)^{\frac{K_{yi}}{\sum_{i=1}^{n}K_{yi}}} \qquad (٤)$$

که در آن Ya: عملکرد واقعی،Yp: حداکثر عملکرد در حالتی که هیچ‌گونه محدودیتی ازنظر آب برای گیاه وجود نداشته باشد، ETa,i تبخیر تعرق واقعی (میلی‌متر)،ETm,i: حداکثر تبخیر تعرق گیاه (میلی‌متر)،Kyi: ضریب واکنش عملکرد گیاه نسبت به آب،i: مرحله رشد و توسعه، n: تعداد مراحل دوره رشد است. از این توابع می‌توان در برنامه‌ریزی آبیاری و بررسی سناریوهای مختلف توزیع آب استفاده نمود (Tafteh et al, 2014). تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با نرم‌افزارهای SPSS و صحت‌سنجی داده‌ها نیز با استفاده از شاخص‌های آماری زیر انجام شد.

$$RMSE=\sqrt{\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(O_i-P_i)^2\right)} \qquad (رابطه ۵)$$

$$NRMSE=\sqrt{\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(O_i-P_i)^2\right)}/O_{ave} \qquad (٦)$$

$$MBE=\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(O_i-P_i)^2\right) \qquad (۷)$$

$$d=1-\left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-y_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(|x_i-\bar{X}|+|y_i-\bar{Y}|)^2}\right] \qquad (۸)$$

که در آن: RMSE ریشه میانگین مربعات خطا، NRMSE ریشه میانگین مربعات خطای نرمال، EF ضریب کارایی مدل و MBE میانگین انحراف خطا و d شاخص توافق است. پارامترهای O، P، O_{ave} و n به ترتیب داده مشاهده‌شده، برآورد شده و میانگین داده‌های مشاهده‌ای و که در آن n: تعداد داده‌ها، X: داده اندازه‌گیری شده، Y: داده تخمین زده‌شده توسط مدل،$\bar{X}$: میانگین داده‌های اندازه‌گیری شده و$\bar{Y}$: میانگین داده‌های تخمین زده‌شده توسط مدل می‌باشد. در ارزیابی مقادیر شبیه‌سازی‌شده و اندازه‌گیری شده اگر مقادیر RMSE و NRMSE به صفر نزدیک‌تر باشند، نشان‌دهنده این مطلب است که مدل شبیه‌سازی را بهتر انجام داده است. اگر ریشه میانگین مربعات خطا، کمتر از ۱۰ درصد باشد شبیه‌سازی عالی، بین ۱۰ تا ۲۰ درصد خوب، بین ۲۰ تا ۳۰ درصد متوسط و بالاتر از ۳۰ درصد، ضعیف برآورد شده است (Jamieson et al., 1991). میزان ضریب توافق، بین صفر

تا یک متغیر است و هرچه میزان آن به یک نزدیک‌تر باشد، مدل دارای توافق بهتر و مقادیر شبیه‌سازی‌شده قابل‌اطمینان‌تر می‌باشد، مقدار خطای انحراف از میانگین نیز هر چه به صفر نزدیک‌تر باشد عملکرد مناسب‌تر مدل را نشان می‌دهد (Willmott et al., 1982).

نتایج و بحث

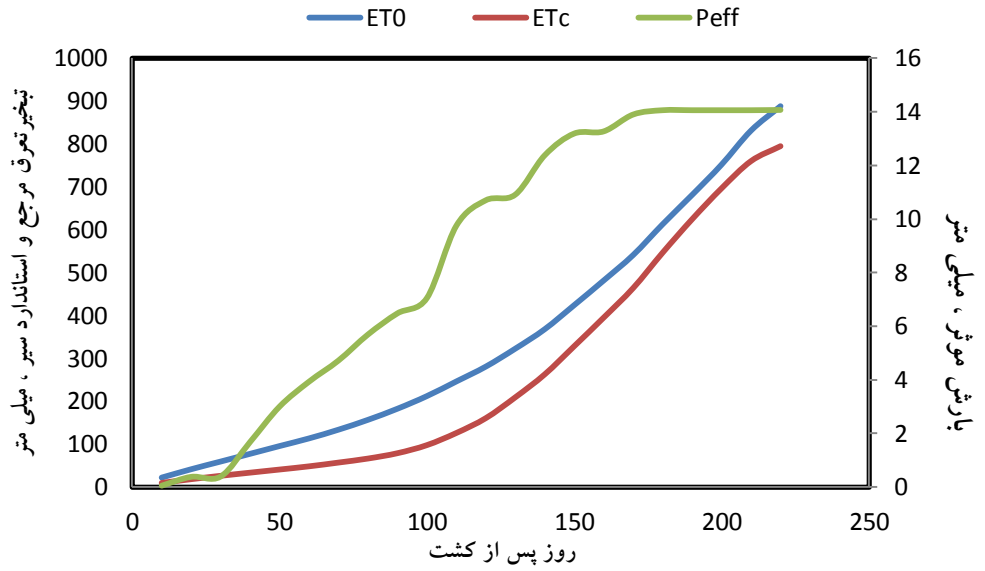
بر اساس اطلاعات سامانه نیاز آبی کشور (نیاز آب) مقدار تبخیر تعرق مرجع در دوره رشد سیر و نیاز آبی استاندارد سیر در منطقه زهک در شکل ۳ ارائه‌شده است. همان‌طور که در شکل مشخص است مقدار بارش در منطقه در دوره رشد سیر بسیار ناچیز بوده و لذا لازم است این گیاه کاملاً به‌صورت آبی کشت و کار گردد. ازاین‌رو برنامه‌ریزی صحیح آبیاری در تنظیم بهره‌وری مصرف آب بسیار حائز اهمیت می‌باشد. همچنین مطالعات در این منطقه نشان می‌دهد که به‌طور متوسط این گیاه در منطقه ۷۹٤ میلی‌متر نیاز آبی داشته است که البته آزمایش‌ها انجام‌شده در دو سال نیز نشان می‌دهد نیاز آبی تیمار شاهد بین ۸۳۳ الی ۹٤٥ میلی‌متر به‌دست‌آمده که با این مقدار منطبق بوده و ازنظر نیاز آبی در منطقه مورد تائید می‌باشد.

در جدول ۳ متوسط برخی از خصوصیات اقلیمی منطقه زهک در دو سال زراعی موردمطالعه ارائه‌شده است. همچنین که مشاهده می‌کنید مقدار بارش متوسط در دو سال زراعی ۸۰ میلی‌متر بوده است که در مقایسه با نیاز آبی سیر بسیار ناچیز می‌باشد.

جدول ۳. متوسط داده‌های اقلیمی در دو سال موردبررسی

کمینه دما C	بیشینه دما C	کمینه رطوبت %	بیشینه رطوبت %	سرعت باد m/s	ساعات آفتابی h	بارش mm
۱۵	۳۰	۱۸	٤۲	۲.۷	89.	۸۱

با توجه به اهمیت مدیریت نیاز آبی و برنامه‌ریزی آبیاری با توجه به شرایط محیطی ارائه‌شده و با توجه به نیاز آبی بالای سیر در منطقه و لزوم کم‌آبیاری نیاز بود تا توابع تولید در شرایط کمبود آب در منطقه بررسی شوند. برای بررسی توابع تولید در تعیین عملکرد سیر و تعیین ضرایب حساسیت گیاه سیر به تنش آبی از داده‌های تبخیر تعرق اندازه‌گیری شده در سال اول استفاده شد که نتایج آن‌ها در جدول ٤ ارائه‌شده است.



شکل ۳. مقادیر نیاز آبی گیاه سیر و تبخیر تعرق مرجع در منطقه زهک در سامانه نیاز آبی کشور

جدول ٤. داده‌های تبخیر تعرق در تیمارهای اعمال‌شده گیاه سیر در سال اول

	ETm	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7*
تبخیر تعرق میلی‌متر	۸۷	۸٤	٦٥	٤۷	٤۳	۸۸	٦٦	۳۷
	۱۳۰	۱۲۰	۹۸	۷۱	۸٤	٥۳	٤۰	۲۹
	۱۰۹	۹۰	۸۱	٥۹	٦۰	۷۲	٥٥	٤۰
	۱۰۹	۹۰	۸۱	٥۹	۸٤	۹۷	۷۳	٥۳
	۲٤۰	۲۱۰	۱۸۰	۱۳۲	۷٤	۷۲	٥٥	٤۸
	۱٦۲	۱۲۰	۱۲۰	۸۷	۷۸	٥۷	٤۳	۳٤
	۱۰۹	۹۰	۸۱	٥۹	٦٥	۱۰۸	۱۰۸	۹۳
جمع	۹٤٥	۸۰٤	۷۰٦	٥۱٥	٤۸۸	٥٤۷	٤۳۹	۳۳۳

* تیمارهای T1تا T7 به ترتیب ۸۵، ۷۵، ۵۵، ۵۰،٦۰،٤٥ و ۳۵ درصد از نیاز آبی ماکزیمم است.

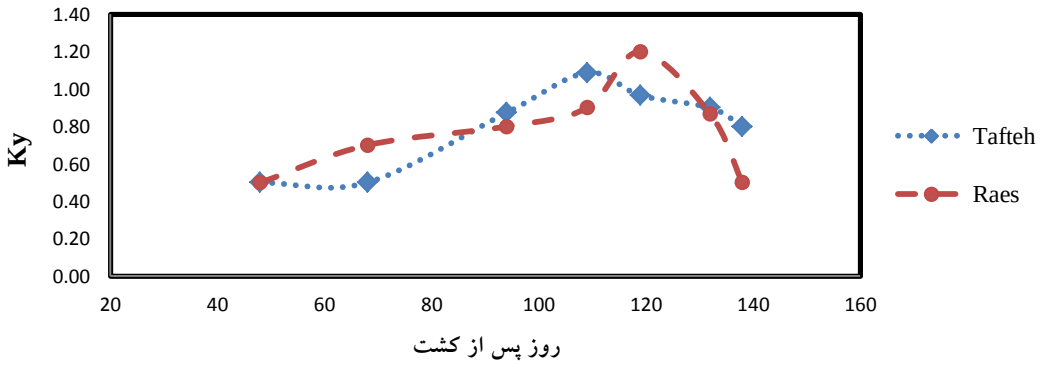
جدول ٥. برخی از خصوصیات گیاه سیر در تیمارهای اعمال‌شده در سال اول

خصوصیات گیاهی	ETm	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	a*۷٤۳۰	a٦٤۰۰	b٥۸۰۰	c٤۲۰۰	c۳۸۰۰	cb٤۸٦۰	c۳۹٥۰	c۳٦٥٥
تعداد حبه در هر سیر	۱۱a	۱۰a	۸b	۸b	۷b	۸b	۷b	۷b
قطر سیر (سانتی‌متر)	٦a	٦a	٥a	۳/٥b	۳b	٤ab	٤ab	۳/٥b
ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	٤٥a	٤۰a	۳۸ab	۳٥b	۳۰b	٤۰a	۳٥b	۳۰b
بهره‌وری مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	b۰/٤۷	b۰/٤۸	ab۰/٥	ab۰/٥	b۰/٤۷	ab۰/٥۳	ab۰/٥٤	a۰/٦٦

*در هر ردیف حروف متفاوت نشان‌دهنده معنی‌داری تیمارها در سطح ۵ درصد می‌باشد.

بیشترین نیاز آبی در تیمار شاهد ۹٤٥ میلی‌متر به دست آمد. برای بررسی بهتر برخی از خصوصیات سیر اندازه‌گیری شده در سال اول در جدول ۵ ارائه شد. بیشترین عملکرد مربوط به تیمار شاهد با ۷٤۳۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد ۳٦٥٥ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیماری بود که ۳۰ درصد نیاز آبی را دریافت نموده بود که با گزارش Tefera et al, (2021) این رنج از عملکرد منطبق است. همچنین مقادیر تعداد حبه و قطر و ارتفاع این گیاه در شرایط تنش آبی به‌صورت معنی‌داری تغییر نموده است که نشان‌دهنده حساسیت این گیاه نسبت به تنش آبی می‌باشد.

بر اساس داده‌های ارائه‌شده در سال اول دو تابع تولید Raes, (2004) و Tafteh et al, (2013) با استفاده از نرم‌افزار SOLVER مورد واسنجی قرار گرفتند و مقادیر Ky بر اساس حل معکوس تابع تولید (Tafteh et al. 2020) بر اساس دو روش به‌صورت شکل ٤ به دست آمد.



شکل ٤. مقادیر ضریب حساسیت به‌دست‌آمده با استفاده از دو تابع تولید

جدول ٦. داده‌های تبخیر تعرق در تیمارهای اعمال‌شده گیاه سیر و عملکرد آن‌ها در سال دوم

	ETm	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
تبخیر تعرق میلی‌متر	٨٤	٥٠	٣٨	٢٧	٢١	٨٤	٧٤	٥٤
	١٤٠	٩٨	٧٤	٥٠	٣٩	٤٢	٣٢	٢٣
	١٠٥	٧٠	٥٣	٣٩	٤٤	٣٥	٢٥	١٩
	١٠٥	٩٨	٧٦	٥٥	٣٤	٨٤	٦٣	٤٦
	١٤٠	٨٦	٦٣	٤٧	٣٥	٢٠	١٣	١١
	١٥٤	٩١	٦٨	٤٩	٩١	١٥٤	١٥٤	١٠٥
	١٠٥	٧٦	٥٦	٤١	٧٦	١٠٥	١٠٥	٧٧
جمع	٨٣٣	٥٦٩	٤٢٧	٣٠٩	٣٣٩	٥٢٤	٤٦٥	٣٣٤

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در شکل ۲ رنج اعداد ۰/٤ تا ۱/۲ به‌دست‌آمده برای ضریب حساسیت گیاه به تنش آبی با گزارش Tefera et al, (2021) برای گیاه سیر منطبق می‌باشد. همچنین این نتایج نشان می‌دهد که حساسیت سیر تا ۸۰ روز پس از کشت کم بوده و سپس این حساسیت افزایش‌یافته و در ۱۰۰ الی ۱۲۰ روز پس از کشت به بیشترین مقدار خود می‌رسد. ازاین‌رو در بازه ۱۰۰ تا ۱۲۰ روز پس از کشت توصیه می‌شود که این گیاه دچار کمبود آب نشود چراکه در این دوره حساسیت بیشتری به کمبود آب داشته و کاهش عملکرد بیشتری درازای هر واحد تنش آبی در این دوره خواهد داشت. پس از ۱۲۰ روز نیز این حساسیت کاهش‌یافته و گیاه مراحل رسیدگی خود را تا برداشت طی می‌نماید. به‌طورکلی حساسیت گیاه سیر از کشت تا ۱۲۰ روز پس از کشت صعودی و پس‌ازآن نزولی می‌گردد. برای بررسی صحت این ضرایب و عملکرد آن‌ها اساس مقادیر ضرایب حساسیت به‌دست‌آمده با استفاده از داده‌های سال دوم این دو تابع تولید و ضرایب به‌دست‌آمده مورد صحت سنجی قرار گرفتند که داده‌های سال دوم که برای صحت سنجی مورداستفاده قرار گرفت در جدول ٦ ارائه‌شده است.

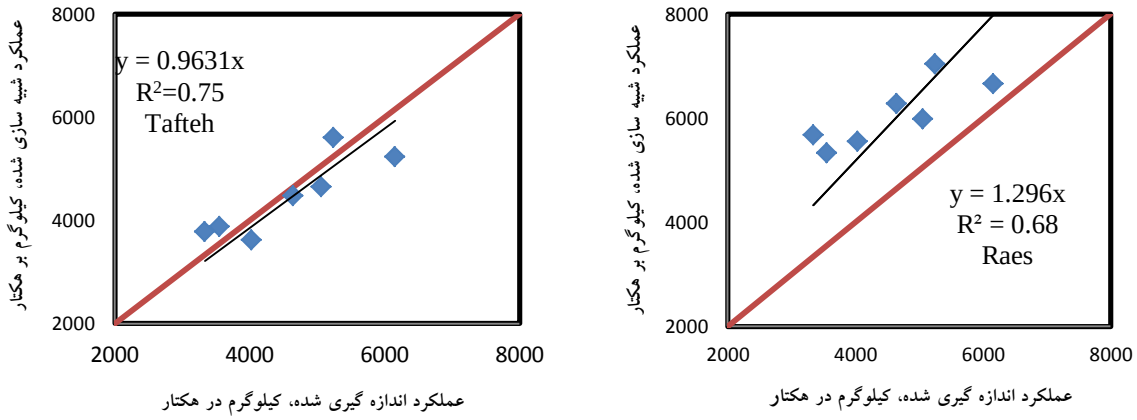
نتایج به‌دست‌آمده در جدول ٦ نشان می‌دهد بیشترین نیاز آبی گیاه سیر در سال دوم ۸۳۳ میلی‌متر بوده است و برای بررسی بهتر برخی از خصوصیات سیر در سال دوم در جدول ۷ ارائه‌شده است.

بر اساس داده‌های جدول ۷ بیشترین عملکرد سیر در تیمار شاهد ۸۲٤۰ کیلوگرم در هکتار بوده و کمترین آن ۳۳٤۰ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین مقادیر تعداد حبه، ارتفاع گیاه و قطر سیر نسبت به تنش آبی به‌صورت معنی‌داری تغییر نموده‌اند و حساسیت گیاه را نسبت به تنش آبی تائید می‌نمایند. با استفاده از اطلاعات به‌دست‌آمده در سال دوم و ضرایب واسنجی شده در سال اول توابع تولید مورداستفاده قرار گرفتند تا مقدار عملکرد گیاه سیر را شبیه‌سازی نمایند. نتایج این شبیه‌سازی در شکل ۵ ارائه‌شده است.

جدول ۷. برخی از خصوصیات گیاه سیر در تیمارهای اعمال‌شده در سال دوم

خصوصیات گیاهی	ETm	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	a*٨٢٤٠	b٥٢٤٥	c٤٦٥٠	c٤٠٣٢	c٣٥٥٠	b٦١٦٠	b٥٠٦٠	c٣٣٤٠
تعداد حبه در هر سیر	١٢a	١٠b	٨c	٨c	٧c	١٠b	١٠b	٧c
قطر سیر (سانتی‌متر)	٧a	٥/٥b	c٣	٣/٥c	٣c	a٦	٥/٥b	٤bc
ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	٥٥a	٤٠ab	٤٠ab	٣٥b	٣٧b	٤٥a	٤٠ab	٣٠b
بهره‌وری مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	b٠/٧	b٠/٧٦	ab٠/٨٢	b٠/٧٣	a٠/٩١	ab٠/٧٦	b٠/٦٥	b٠/٦٩

*در هر ردیف حروف متفاوت نشان‌دهنده معنی‌داری تیمارها در سطح ۵ درصد می‌باشد.



شکل ۵. مقادیر شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده عملکرد بر اساس توابع تولید و ضرایب حساسیت واسنجی شده

نتایج نشان می‌دهد که تابع تولید Tafteh et al, (2013) کم برآورد داشته و خط برازش آن نسبت به خط یک‌به‌یک پایین قرارگرفته است این در حالی است که تابع تولید Raes, (2004) خط برازشی بالای خط یک‌به‌یک داشته و بنابراین بیش برآورد داشته است. برای تحلیل بهتر از شاخص‌های آماری استاندارد مدل‌ها استفاده‌شده که نتیجه این مقایسه آماری در جدول ۸ برای هر دو تابع در تعیین عملکرد سیر ارائه شد.

جدول ۸ داده‌های تبخیر تعرق در تیمارهای اعمال‌شده گیاه سیر و عملکرد آن‌ها در سال دوم

تابع	MBE	RMSE	NRMSE	d
Tafteh et al, (2013)	-۱۱۰	٤٨٥	۰/۱۱	۰/۹۱
Raes, (2004)	۱۰۷۵	۱۳۰۲	۰/۲۳	۰/٦۰

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۸ روش Tafteh et al, (2013) با داشتن ٤٥٨ کیلوگرم خطا و به‌طور نرمال ۱۱ درصد خطا باکم برآوردی حدود ۱۱۰ کیلوگرم به‌طورکلی دارای خطای کمتری بوده و می‌توان از این تابع و ضرایب به‌دست‌آمده در این مطالعه برای تعیین عملکرد گیاه سیر در شرایط تنش آبی بهره برد که این نتیجه با گزارش Abdzad Gohari, et al.,(2021) منطبق است؛ بنابراین مقادیر ضریب حساسیت برای دوره‌های مختلف رشد گیاه سیر به شرح جدول ۹ خواهد بود.

جدول ۹. ضرایب حساسیت گیاه سیر در دوره‌های چهارگانه رشد

دوره	اولیه	توسعه	میانی	پایانی
Ky	۰/۵	۰/۸	۱/۰۱	۰/۸

البته در مدل‌ها پیشنهاد می‌شود جهت افزایش دقت حتماً از داده‌های شکل ۲ دربازهای ۱۰ روزه استفاده شود که بیشترین دقت توابع تولید در این بازه زمانی گزارش‌شده است (Tafteh and Ebrahimipak,2018).

نتیجه‌گیری

بررسی دو تابع تولید و ضرایب حساسیت گیاه در این مطالعه نشان داد که بیشترین عملکرد سیر در منطقه زهک حدود ۸۲٤۰ کیلوگرم در هکتار بوده است که برای تولید آن ۱۱۹۰ میلی‌متر آب مصرف‌شده است. مقادیر ضریب حساسیت گیاه سیر در بازه ۰/۵ تا ۱/۲ در دوره‌های مختلف رشد گیاه سیر به دست آمد که با مقادیر ارائه‌شده توسط Tefera et al.(2021) منطبق می‌باشد. ارزیابی روش ریس در سال دوم با مقدار ریشه میانگین مربعات خطا نرمال شده حدود ۲۳ درصد بود. درروش تافته و همکاران، مقدار ریشه میانگین مربعات خطا نرمال حدود ۱۱ درصد به دست آمد. ازاین‌رو، کاربرد روش تافته و همکاران، بر اساس ضرایب ارائه‌شده برای شبیه‌سازی عملکرد گیاه سیر در شرایط مشابه توصیه می‌شود.

Reference:

Abd El-Latif Kh. M. and A. A. Abdelshafy 2017. Response of Garlic Productivity to Surface and Drip Systems and Irrigation Amounts. Middle East J. Agric. Res., 6(4): 981-995, 2017 ISSN: 2077-4605.

Abdzad Gohari, A., Tafteh, A., Ebrahimipak, N., Babazadeh, H. 2021. Estimation of stress coefficients, plant coefficients and yield response to water in peanut under different levels irrigation. Iranian Journal of Soil and Water Research, doi: 10.22059/ijswr.2021.331076.669083. [in Persian]

Ahmadian, A., salari, A., mousavi, Z., KAVEH, H. 2018. Effect of Different Levels of Stress and Vermicompost Fertilizer on yield, yield component and active compound of Allicin in garlic Medicinal Herbs. Journal of Water and Soil Conservation, 25(1), 215-227. doi: 10.22069/jwsc.2018.14167.2889. [in Persian]

akbari, S., Kafi, M., Rezvan Beidokhti, S. 2016. The Effects of Drought Stress on Yield, Yield Components and Anti-oxidant of Two Garlic (Allium sativum L.) Ecotypes with Different Planting Densities. Journal Of Agroecology, 8(1), 95-106. doi: 10.22067/jag.v8i1.47373

Bozkurt Çolak, Y., Yazar, A., Alghory, A., & Tekin, S. 2021. Yield and water productivity response of quinoa to various deficit irrigation regimes applied with surface and subsurface drip systems. The Journal of Agricultural Science, 1-12. doi:10.1017/S0021859621000265.

Ebrahimipak, N., Egdernezhad, A., Tafteh, A., Ahmadee, M. 2019. Economical Optimization of Water Distribution in Qazvin Irrigation Network under Different Water Deficit Conditions. Journal of Environmental Science and Technology. doi: 10.22034/jest.2019.45194.4719.

Farahbakhsh, M., Sarai Tabrizi, M., Babazadeh, H.2019. Investigating the basil production functions under the conditions of simultaneous water stress and salinity. Journal of Water and Soil Resources Conservation, 8(4), 103-117. [in Persian]

Jamieson, P.D.; Porter, J.R.;Wilson, D.R. 1991. A test of the computer simulation model ARCWHEAT1 on wheat crops grown in New Zealand. Field Crop Res. 27. 337–350.

Mohammed A. Barakat,. Ashraf S. Osman, Wael M. Semida, and Mohammed A. Gyushi. 2019. integrated Use of Potassium and Soil Mulching on Growth and Productivity of Garlic (Allium sativum L.) under Deficit Irrigation. International Letters of Natural Sciences ISSN: 2300-9675, Vol. 76, pp 1-12.doi:10.18052.

Motalebifard, r. 2016. Evaluation of garlic yield, yield components, and wue under different irrigation and nitrogen conditions. Iranian journal of water research in agriculture (formerly soil and water sciences), 29(4), 465-482. Https://www.sid.ir/en/journal/viewpaper.aspx?id=531628. [in Persian]

Raes, D. 2004. Budjet: a soil water and salt balance model. Reference Manual. Version 6.0. and select downloads and next software.

Raes. D., Greets. E., Wellens. J. and Sahli. A. 2006. Simulation of yield decline as a result of water stress with a robust soil water balance model. Agric. Water Manage 81: 335-357.

Raes, D., Steduto, P., Hsiao T.C., and Fereres, E. 2017. Reference manual AquaCrop, FAO, Land and Water Division, Rome, Italy, 25p.

Rastegar, J.,and Baghani, J. 2012. Effect of Different Irrigation Methods on Bulb Yield of Onion Cultivars. Seed and Plant Production Journal, 28(2), 209-223. doi: 10.22092/sppj.2017.110469

Rezvani, S., Bayat, F., Nosrati, A. 2016. Changes of Quality properties of Hamedan white Garlic at the Cut off Dates and Different levels of Irrigation During Storage and Relationship with Water - use Efficiency. Iranian Journal of Irrigation & Drainage, 9(6), 973-982.

Tafteh, A., Ebrahimipak. N. A., Babazadeh, H. and Kaveh, F. 2014.a.Optimization of irrigation water distribution using the MGA method and comparison with a linear programming method. Irrigation and Drainage 63 (5), 590-598.

Tafteh, A., Ebrahimipak. N. A., Babazadeh, H. and Kaveh, F. 2014.b.Determine yield response factors of important crops by different production functions in qazvin plain. Ecology, Environment and Conservation 20(2), 415-422.

Tafteh, A., Babazadeh, H., EbrahimiPak, N.A., and F. Kaveh. 2013. Evaluation and improvement of crop production functions for simulation winter wheat yields with two types of yield response factors. Journal of Agricultural Science. 5 (3). 111-122.

Tafteh ,A.,Babazadeh,H.,Ebrahimipak, N. A.& Kaveh , F.2014.Optimization of irrigation water distribution using the MGA method and comparison with a linear programming method. Irrigation and Drainage63(5), 590–598.

Tafteh, A., Eigder, A., Ebrahimipak, N. 2018. Evaluation of production functions to estimate rapeseed yield in different Interval times. Journal of Water and Soil Resources Conservation, 7(3), 103-113. [in Persian]

Tafteh, A., Nakhjavani Moghadam, M., Egdernezhad, A., Sepehri, S. 2020. Evaluation Of Production Functions In Estimating Two Varieties Of Corn Yield With Native Yield Response Factor In The Iran. Iranian Journal of Soil and Water Research, 51(10), 2519-2529. doi: 10.22059 /ijswr .2020 .304385 .668646. [in Persian]

Tafteh, A., and Ebrahimipak, N. 2018. Evaluation of production functions to estimate rapeseed yield in different Interval times. Journal of Water and Soil Resources Conservation, 7(3), 103-113. [in Persian]

Tefera, Ashebir & Kebede, Solomon & Tegenu, Gebeyehu. 2021. Optimal Irrigation Scheduling for Garlic (Allium sativum L.) in the Central Highland Vertisols Areas of Ethiopia. International Journal of Food Science and Agriculture. 5. 308-316. 10.26855/ijfsa.2021.06.015.

Willmott, C.J., 1982. Some comments on the evaluation of model performance. Bulletin of American Meteorology Society 63: 1309-1313.

Print ISSN: 2251-7480
Online ISSN: 2251-7400

Journal of
Water and Soil Resources Conservation (WSRCJ)

Web site:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

Email:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

Vol. 11
No. 4
Summer 2022

Received:
2021-12-29

Accepted:
2022-04-21

Pages: 103-114

Estimation of Yield Response Factor to Water Stress in Garlic Plant under Deficit Irrigation

Arash Tafteh[1*], Fatemeh Keykhaei[2] and Mojtaba Hadizadeh[3]

1) Assistant professor, Department of irrigation and soil physics, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
2) Research Instructor, Department of irrigation and soil physics, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
3) PhD student in Irrigation and Drainage, Zabol University.
*Corresponding author email: arash_tafteh@yahoo.com

Abstract:

Background and Aim: Due to the importance of determining the behavior of plants in water shortage conditions, it is necessary to determine the coefficients of plant sensitivity to water at different stages of plant growth. Water shortage in the Sistan plain is a serious and important issue, so that the lack of water supply to the Helmand border river, which is the only source of water supply in the region, leads to the destruction of agriculture. The low possibility of increasing new water resources and the need to increase agricultural production from limited water resources in this region requires the use of appropriate scientific and technical methods to increase the productivity of agricultural water consumption. Also, changing the pattern of cultivation and replacement of high-income crops in recent years in arid areas has received much attention from farmers. The purpose of this study is to investigate the effects of water stress on the behavior of garlic in dehydrated conditions to calibrate the production function of this plant to obtain yield response coefficients in conditions of water shortage.

Method: In this study, garlic plant was implemented in the form of a randomized complete block design with three replications in 1398 and 1399 in Sistan and Baluchistan province. Treatments were applied based on stress levels compared to control 30, 35, 40, 45, 50, 60 and 70% of water requirement. This station is located 20 km southeast of Zabol city at latitude 61 degrees and 41 minutes and latitude 30 degrees and 54 minutes in Sistan region. The altitude of the station is 483 meters above sea level, the average annual rainfall is 55 mm and the annual evaporation rate is 4500 to 5000 mm. This region has a very dry climate with very hot summers and mild winters. The area of the experimental plot was equal to 750 square meters was selected for planting garlic of Chinese cultivar before planting the bed was reinforced with animal manure and after growing based on soil fertilizer test, 300 kg of potassium phosphate, 200 kg of triple phosphate and 100 kg. One kilogram of urea was added to the soil. Then plow and disc and finally leveled. On the 24th of October, grooves were planted with a shovel at a distance of 20 cm and a depth of 5 cm to plant garlic of Chinese cultivar, and garlic tubers were planted at a distance of 8 cm on the rows. Then, based on the obtained information, the two functions of Tafteh and Raes production were investigated and yield response factors were determined during the growing period.

Results: Comparing the two methods used the highest yield of garlic in the study was 8240 kg / ha, for the production of which 833 mm of water was used. The data of the first year were used to calibrate the yield response factors of garlic and after calibrating the two production functions of Raes and Tafteh, the values of the yield response factors of garlic were presented. This coefficient was different in the range of 0.5 to 1.2 in different periods of garlic plant growth, the change curve was presented. Evaluation of Rice method in the second year with root mean square error of 1302 kg / ha and normalized value was about 23%.

Conclusion: In the method of Tafteh the mean root mean square error was 485 kg / ha and the normalized value was about 11%. Therefore, the method of Tafteh is recommended in determining the yield of garlic under water stress conditions.

Keywords: Calibration, Evaluation, growth period, production function

10.30495/WSRCJ.2022.20007