نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال هشتم، شماره چهارم، تابستان ۱۳۹۸

ISSN 2251-7480

تعیین تابع تولید گیاه ریحان در شرایط تنش‌های هم‌زمان آبی و شوری

مهشاد سادات فرح بخش [۱]، مهدی سرائی تبریزی [۲*] و حسین بابازاده [۳]

۱) دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۲) استادیار؛ گروه علوم و مهندسی آب؛ دانشگاه آزاد اسلامی؛ واحد علوم و تحقیقات تهران؛ دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی؛ تهران؛ ایران

*. نویسنده مسئول: m.sarai@srbiau.ac.ir

۳) دانشیار؛ گروه علوم و مهندسی آب؛ دانشگاه آزاد اسلامی؛ واحد علوم و تحقیقات تهران؛ دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی؛ تهران؛ ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۲۷

چکیده

کمبود منابع آب و خاک و شوری آن‌ها، از نکات قابل‌توجه و مهم در بخش کشاورزی است. بررسی اثرات متقابل شوری و کم‌آبیاری بر عملکرد گیاهان، اهمیتی فراوان را به‌ویژه برای اصلاح مدیریت خاک و مصرف آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک دارا می‌باشد. هدف از این پژوهش، مطالعه و ارزیابی توابع تولید گیاه ریحان (*Basilicum* L.) رقم توده‌ی مازندران در شرایط تنش هم‌زمان آبی و شوری بود. بدین منظور، آزمایشی در یک مزرعه‌ی تحقیقاتی یک هکتاری در سایت پژوهشی دوشان‌تپه‌ی تهران انجام شد. در این پژوهش برای تعیین میزان تبخیر- تعرق گیاه ریحان از میکرولایسیمتر وزنی- زهکش‌دار استفاده گردید. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با چهار تیمار آبیاری شامل آبیاری کامل (FI)، کم‌آبیاری درحد ۴۰ ($DI_{40\%}$)، ۶۰ ($DI_{60\%}$) و ۸۰ ($DI_{80\%}$) درصدِ نیاز آبی گیاه و سه تیمار فرعی شوری آب آبیاری با هدایت الکتریکی ۱/۱۷۵ (S_1)، ۳ (S_2) و ۵ دسی‌زیمنس بر متر (S_3) در دو سال متوالی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ به اجرا درآمد. نتایج نشان داد که آستانه‌ی کاهش عملکرد گیاه ریحان نسبت به شوری آب آبیاری ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر و شیب خط کاهش عملکرد ۱۰ درصد می‌باشد. همچنین بیش‌ترین مقدار برگ تازه‌ی دارویی با مقدار ۳۰۸۰ و ۳۰۷۶ کیلوگرم در هکتار، بیش‌ترین عملکرد شاخص سطح برگ با مقدار ۸۵۸۴۰ و ۸۵۵۳۷ کیلوگرم در هکتار، بیش‌ترین عملکرد ماده تر با مقدار ۵۹۹۸ و ۵۹۶۶ کیلوگرم در هکتار و بیش‌ترین عملکرد ماده خشک با مقدار ۳۷۸۲ و ۳۶۹۸ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در تیمار آبیاری کامل به‌دست آمد. نتایج نشان داد با کاهش میزان آب آبیاری و افزایش شوری آن، عملکرد محصول کاهش می‌یابد. در تیمار ۶۰٪ نیاز آبی، با چشم‌پوشی از حدود ۴۳٪ کاهش عملکرد، می‌توان به بهره‌وری مصرف آب ۸۱ درصد رسید. کاهش شش درصدی عملکرد محصول در واحد آب مصرفی، منجر به ۴۰٪ صرفه‌جویی در مصرف آب می‌شود. در صورت توجیه اقتصادی، کمبود آب و ازدیاد زمین، این میزان کاهش عملکرد قابل چشم پوشی خواهد بود. با این حال بالاترین میزان عملکرد مربوط به تیمار $S_1W_1F_1$ به میزان ۵۸۳۲/۰۹ کیلوگرم برگ خشک در هکتار می‌باشد. تابع تولید بهینه در شرایط اعمال هم‌زمان تنش آبی و شوری، برای گیاه ریحان در منطقه‌ی سرد و خشک تهران به‌دست آمد. این تابع با ضریب تبیین بالای ۰/۹ نشان دهنده‌ی هم‌بستگی بالای داده‌ها می‌باشد.

کلید واژه‌ها: تنش هم‌زمان؛ کم‌آبیاری؛ گیاه ریحان؛ مدیریت آب کشاورزی

مقدمه

خشکسالی‌های اخیر و تقاضای شدید برای آب در ایران فشار زیادی بر منابع آبی تحمیل کرده است. باتوجه به این شرایط، نیاز است تا کمّیت و کیفیت آب حفظ و مدیریتی اعمال گردد تا ریسک تأمین آب در آینده‌ای نزدیک کاهش یابد. در این خصوص باید تا جایی که امکان دارد بهترین و اثربخش‌ترین مدیریت آب کشاورزی در کشور اعمال شود (بانژاد و همکاران، ۱۳۹۲). در مناطقی که

کشاورزان آب کمی در اختیار دارند تا با آن گیاهان را آبیاری کنند، می‌توانند تمام سطح را زیر کشت ببرند ولی بخشی از نیاز آبی گیاه را برآورده سازند که این راهکار، مرتبط با کم‌آبیاری است (سپاسخواه و همکاران، ۱۳۸۵). از طرفی دیگر شوری خاک‌های زراعی و آب آبیاری را می‌توان از عمده‌ترین عوامل محدودکننده‌ی رشد گیاهان در اغلب نقاط جهان به‌ویژه ایران دانست. هم‌چنین به‌علت افزایش سطح زیر کشت، ضرورت استفاده‌ی هرچه بیش‌تر از منابع آبی موجود از جمله آب‌های شور بیش از پیش احساس شده و مدت‌هاست که مصرف این‌گونه آب‌ها توسط زارعین رایج گردیده است. همچنین منابع عظیمی از آب‌های سطحی و زیرزمینی شور و نیمه‌شور وجود دارند که اگرچه در حال حاضر مورد استفاده قرار نمی‌گیرند لیکن امکان استفاده‌ی احتمالی آن‌ها در آینده نیز وجود دارد (بانژاد و همکاران، ۱۳۹۲). مطالعاتی در زمینه‌ی بررسی اثر توأمان تنش آبی و شوری بر عملکرد گیاهان مختلف انجام شده که در ذیل به‌صورت خلاصه به برخی از آن‌ها اشاره می‌گردد.

در پژوهش کیانی و همکاران (۱۳۸۵)، توابع کاهش عملکرد گندم را در شرایط توأم شوری و کم‌آبی مورد ارزیابی قرار دادند. بدین منظور از داده‌های صحرایی یک طرح پژوهشی که به مدت دو سال زراعی (۱۳۸۰ و ۱۳۸۱) در شمال گرگان اجرا شده استفاده گردید. در این پژوهش، تیمارهای آبیاری در چهار سطح ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی کامل و سطوح شوری در سه سطح ۸/۵، ۱۱/۵ و ۱۴/۲ به کار گرفته شد. نتایج ارزیابی مدل‌های مورد بررسی نشان داد که اثر کمّی تنش‌های شوری و کم‌آبی بر عملکرد یکسان نیست بلکه وزن اثر کمبود رطوبت بیش‌تر از اثر تنش شوری و اثر توأم شوری و کم‌آبی کم‌تر از مجموع اثرات هر یک از تنش‌های فوق می‌باشد.

شهیدی و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی عملکرد گندم در شرایط تنش توأم شوری و آبی در بیرجند پرداختند. آزمایش مورد نظر در قالب طرح فاکتوریل در پایه‌ی کرت‌های خرد شده انجام گردید. در این پژوهش سه سطح مختلف شوری (۱/۴، ۴/۵ و ۹/۶ دسی‌زیمنس بر متر) در چهار سطح آبیاری ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج این تحقیق نشان داد سهم تنش آبی در کاهش عملکرد گندم از سهم تنش شوری بیش‌تر می‌باشد.

محمدی و همکاران (۱۳۸۹)، به‌منظور تعیین ضرایب حساسیت گیاه و تابع بهینه‌ی تولید آب- شوری برای گیاه گوجه‌فرنگی، آزمایش فاکتوریل را در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار شامل دو فاکتور شوری و آب آبیاری در کرج به اجرا درآوردند. در این آزمایش چهار سطح شوری آب آبیاری شامل (آب شرب) ۰/۷، ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و سه سطح آب آبیاری شامل آبیاری کامل (۱۰۰٪ نیاز آبی)W_1، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی بود که در یک خاک با بافت شنی لومی اعمال شدند که تیمار شاهد (W_1S_1) و تیمار W_2S_1 به ترتیب با ۷/۷۵ و ۷/۵ کیلوگرم بر مترمکعب پربازده‌ترین سطوح آبیاری هستند لیکن با افزایش تنش خشکی و شوری بهره‌وری آب کاهش می‌یابد. مقدار متوسط ضریب K_y در شرایط تنش توأمان شوری و خشکی برابر با ۱/۹۶۹ به‌دست آمد. مقادیر ضریب حساسیت گیاه (K_s) با افزایش تنش شوری و خشکی کاهش می‌یابد که کم‌ترین مقدار آن ۰/۵۷ است که مربوط به تیمار W_3S_4 می‌باشد. منحنی‌های هم‌محصول نشان می‌دهند که با افزایش میزان آبیاری، می‌توان از آب آبیاری با شوری بالاتری در آبیاری گیاه گوجه فرنگی استفاده نمود، به نحوی که عملکرد نیز تغییر نکند.

صالحی و همکاران (۱۳۹۰) به‌منظور بررسی واکنش گیاه کوشیا (Kochia) به اثر توأم شوری و کم‌آبی، آزمایشی را طی دو سال زراعی ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ در شمال گرگان انجام دادند. این آزمایش با شش سطح شوری آب آبیاری (۱/۵، ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸ و ۳۵ دسی‌زیمنس بر متر) و

سه سطح کاربرد آب (۲۵، ۷۵ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی) در سال ۱۳۸۷ به‌صورت کشت تابستانه و با همان سطوح شوری آب آبیاری و چهار سطح کاربرد آب (۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد نیاز آبی) در سال ۱۳۸۸ به‌صورت کشت بهاره اجرا گردید. نتایج نشان داد میزان خسارت وارده ناشی از شوری در کشت بهاره بیش‌تر از کشت تابستانه است که به‌دلیل طولانی‌تر بودن دوره‌ی تنش شوری است. میزان خسارت ناشی از مصرف آب کاربردی در کشت تابستانه بیش‌تر از کشت بهاره است که می‌تواند به این دلیل باشد که در کشت بهاره مراحل حساس رشدی در شرایط مناسب آب و هوایی سپری می‌شود در حالی‌که در کشت تابستانه دوره‌ی رشد کوتاه‌تر و گیاه به تغییرات رطوبت حساس‌تر می‌باشد.

نجفی‌مود و همکاران (۱۳۹۱)، در پژوهشی به‌منظور تعیین تابع برتر آب- شوری- عملکرد دو رقم پنبه‌ی ورامین و خرداد در شرایط اقلیمی بیرجند، طرحی به اجرا درآوردند که در آن توابع به فرم‌های خطی ساده، کاب داگلاس، درجه‌ی دوم و متعالی مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج به‌دست آمده در مورد هر دو رقم پنبه‌ی ورامین و خرداد نشان می‌دهند تابع درجه‌ی دوم می‌تواند به‌عنوان تابع برتر در برآورد عملکرد در منطقه‌ی اقلیمی بیرجند معرفی شود.

در پژوهشی میرحسینی و همکاران (۱۳۹۴) آزمایشی را به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف شوری بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ی زردتاغ (*Haloxylon persicum*)، آزمایشی را با استفاده از طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام دادند که سطوح مختلف شوری شامل ۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۰۰، ۳۵۰، ۴۰۰، ۴۵۰ و ۵۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم بود. در طول دوره‌ی آزمایش، سرعت و درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه اندازه‌گیری شد. با افزایش شوری، سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت لیکن نتایج نشان داد که بذر گونه‌ی زردتاغ در ۳۵۰ میلی‌مول Nacl حدود ۴۳ درصد جوانه‌زنی دارد و می‌تواند به‌طور طبیعی این مقدار نمک را تحمل کند. نتایج تجزیه واریانس نیز بیانگر این بود که در سطح احتمال ۱ درصد، اختلافی معنی‌دار از لحاظ درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و شاخص بنیه‌ی بذر وجود دارد.

عبدزادگوهری و همکاران (۱۳۹۶)، پژوهشی را با هدف بررسی عملکرد و تخمین تابع تولید ارقام بادام‌زمینی در شرایط آبیاری و شوری، انجام دادند. این آزمایش در قالب کرت‌های دوبار خرد شده و بر پایه‌ی طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار و به مدت دو سال در استان گیلان اجرا گردید. عامل اصلی شامل آبیاری با مدیریت ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی و تیمار فرعی شامل شوری با مقادیر ۱، ۳، ۵ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر و تیمار فرعی شامل چهار رقم بادام زمینی (گیل، گرگانی، جنوبی و مصری) بود. نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد که مقاومت ارقام بادام زمینی به شوری، متفاوت است و اجزای عملکرد با افزایش شوری کاهش می‌یابد. بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه در ۸۰ درصد نیاز آبی در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ به‌ترتیب ۱۱۷۷ و ۱۱۶۹ کیلوگرم در هکتار بود. سطوح شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر دارای بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه می‌باشد. در اثر متقابل آبیاری و شوری، بیشینه‌ی مقدار عملکرد دانه در ۸۰ درصد نیاز آبی و شوری ۱ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده گردید.

در پژوهشی علی‌حوری (۱۳۹۶)، در پژوهشی اثرات توأم تنش آبی و شوری آب آبیاری را در مرحله‌ی رشد رویشی خرمای رقم برحی که یکی از مهم‌ترین ارقام تجاری کشور است، مورد بررسی قرار داد. این پژوهش به روش فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با دو عامل میزان آب آبیاری و شوری آب آبیاری در سه تکرار روی نهال‌های خرمای رقم برحی انجام شد. میزان آب آبیاری در سه سطح ۷۰، ۸۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و شوری آب آبیاری در سه سطح ۲/۵، ۸ و ۱۲

دسی‌زیمنس بر متر بودند. میزان آب آبیاری با اندازه‌گیری رطوبت خاک محاسبه و توابع تولید آب- شوری- عملکرد ماده‌ی خشک به‌صورت معادلات خطی ساده، لگاریتمی، درجه‌ی دوم و متعالی تعیین شدند. نتایج نشان داد که تیمارهای میزان آب آبیاری، شوری آب آبیاری و اثرات متقابل میزان آب آبیاری و شوری آب اثر معنی‌دار بر تمام صفات رویشی به جز مقدار نسبی آب اندام هوایی داشتند. با کاهش میزان آبیاری از ۱۰۰ به ۸۵ درصد نیاز آبی گیاه، میانگین ماده‌ی تر و خشک اندام هوایی به‌ترتیب فقط ۵/۰ و ۵/۶ درصد کاهش یافت که معنی‌دار نبود. میانگین ماده‌ی تر و خشک اندام هوایی هنگام آبیاری به میزان ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه، به‌ترتیب با ۲۶/۳ و ۲۴/۴ درصد کاهش معنی‌دار داشتند. در حالی‌که با افزایش شوری آب از ۲/۵ به ۸ دسی‌زیمنس بر متر، میانگین ماده‌ی تر و خشک اندام هوایی به‌ترتیب ۴۴ و ۴۲ درصد کاهش معنی‌دار یافتند که این مقادیر در آب ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب به ۵۴/۱ و ۵۲ درصد رسید. بیش‌ترین مقادیر صفات رویشی گیاه در آب آبیاری با آب ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر به میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بود که دارای اختلافی معنی‌دار با سایر تیمارها به جز آبیاری با آب ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر به میزان ۸۵ درصد نیاز آبی بود. آبیاری نهال‌های خرمای رقم برحی هنگام مصرف آب با شوری ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر، می‌تواند بر اساس ۸۵ درصد نیاز آبی گیاه انجام گردد. مقایسه‌ی توابع تولید آب- شوری- عملکرد ماده‌ی خشک نشان داد که در دوره‌ی رشد رویشی خرمای رقم برحی، معادله‌ی درجه‌ی دوم دارای دقتی بیش‌تر در برآورد عملکرد ماده‌ی خشک بود. تمام معادلات به‌جز معادله‌ی درجه‌ی دوم، میزان ماده‌ی خشک اندام هوایی را کم‌تر از میزان واقعی برآورد نمودند.

با توجه به ضرورت حفظ آب به‌عنوان یک سرمایه‌ی حیاتی، برآن شدیم تا تحقیقی در این راستا به اجرا گذاریم. در پژوهش حاضر شبیه‌سازی شرایط کمّی و کیفی آب در ایران بر روی گیاه استراتژیک ریحان انجام شد که هدف از آن به دست آوردن بهترین توابع تولید بهینه جهت برآورد عملکرد در صورت کمبود آب و شوری آب در مزارع است.

مواد و روش‌ها

الف) مشخصات منطقه‌ی مورد مطالعه و مشخصات طرح

این پژوهش در مزرعه‌ی تحقیقاتی سایت پژوهشی دوشان تپه تهران در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ انجام گردید. منطقه‌ی مورد مطالعه در موقعیت طول جغرافیایی ' ۴۲ °۳۵، عرض جغرافیایی' ۲۸ °۵۱ و ارتفاع ۱۲۰۹ متر از سطح دریا در جنوب شرقی تهران واقع شده است. این آزمایش به‌صورت طرح فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با چهار تیمار آبیاری شامل آبیاری کامل (FI)، کم‌آبیاری درحدّ ۴۰ ($DI_{40\%}$)، ۶۰ ($DI_{60\%}$) و ۸۰ درصد نیاز آبی ($DI_{80\%}$) گیاه و سه تیمار شوری آب آبیاری با هدایت الکتریکی ۱/۱۷۵ (S_1)، ۳ (S_2) و ۵ دسی زیمنس بر متر (S_3)، در یک مزرعه‌ی یک هکتاری اجرا شد.

کاشت گیاه ریحان در دو سال متوالی، در تاریخ ۱۶ خرداد ماه سال ۱۳۹۵ در سال اول آزمایش و در تاریخ ۷ اردیبهشت ماه ۱۳۹۶ در سال دوم آزمایش انجام گردید. طول کل دوره رشد گیاه برابر ۹۱ روز و هر یک از دوره‌های رشد در مراحل اولیه، توسعه، میانی و انتهایی رشد به ترتیب ۱۳، ۳۶، ۲۶ و ۱۶ روز بوده است. برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و آب مزرعه در جدول‌های ۱ تا ۴ ارائه شده است.

جدول ۱. مشخصات فیزیکی خاک مزرعه‌ی مورد مطالعه

عمق نمونه (cm)	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	بافت	رطوبت اشباع (٪)	رطوبت وزنی در مکش ۰/۳ اتمسفر	رطوبت وزنی در مکش ۱۵ اتمسفر	جرم مخصوص ظاهری خاک (g/cm^3)
۰-۳۰	۸۰	۷	۱۳	لوم شنی	۴۱/۴	۲۵/۴	۱۱	۱/۵۴
۳۰-۶۰	۷۸	۸/۵	۱۳/۵	لوم شنی	۴۰/۷	۲۴/۹	۱۰/۶	۱/۵۲

جدول ۲. مشخصات شیمیایی خاک مزرعه‌ی مورد مطالعه

عمق نمونه (cm)	کربن آلی (٪)	ازت کل (٪)	فسفر قابل جذب (ppm)	فسفر قابل جذب (ppm)	ave Cu (ppm)	Zn ave (ppm)	Mn ave (ppm)	Fe ave (ppm)
۰-۳۰	۰/۱۳	۰/۰۰۲	۱/۴۸	۸۰	۰/۴	۰/۵۸	۳/۰۶	۳/۸
۳۰-۶۰	۰/۱۱	۰/۰۰۳	۱/۲۴	۷۵	۰/۳۷	۰/۴۳	۲/۶۵	۳/۲

جدول ۳. فاکتورهای شیمیایی مورد بررسی در خاک مزرعه‌ی مورد مطالعه

EC (ds/m)	pH	آنیون‌ها (meq/lit)				جمع آنیون‌ها	کاتیون‌ها (meq/lit)				جمع کاتیون‌ها
		$CO_3^{-}_2$	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{-2}		Mg^{2+}	Ca^{2+}	Na^+	K^+	
۲/۱۳	۷/۴۹	–	۱۲/۵	۷/۵۰	۴/۰۶	۲۴/۰۶	۷/۵۰	۱۱/۲۵	۵/۳۰	–	۲۴/۰۵

جدول ۴. نتایج آزمایش تجزیه شیمیایی نمونه آب چاه سایت پژوهشی دوشان تپه

SAR	EC	pH	آنیون‌ها (meq/lit)				جمع آنیون‌ها	کاتیون‌ها (meq/lit)				جمع کاتیون‌ها
			$CO_3^{-}_2$	HCO_3^-	Cl^-	$SO_4^{-}_2$		Mg^{2+}	Ca^{2+}	Na^+	K^+	
۳/۸۱	۱/۱۷۵	۸/۲۰	۰/۹	۶/۶۰	۳/۰۰	۰/۱۷	۱۰/۶۷	۱/۲	۴/۸۰	۶/۶۰	–	۱۲/۶۰

با استفاده از روش میکرولایسیمتر وزنی- زهکش‌دار، رشد گیاه ریحان در طول دوره‌ی مورد نظر بررسی شد. در وسط مزرعه آزمایشی یک هکتاری مکانی مناسب برای نصب میکرولایسیمترها در نظر گرفته و ظرف جمع‌آوری زهاب به آن اضافه گردید. در طی تمام فصل رشد در هر دوازده ساعت، میکرولایسیمترها و ظرف محتوای زهاب جمع‌آوری شده توزین و کیفیت زهاب با استفاده از ECسنج قابل‌حمل اندازه‌گیری و اطلاعات به‌صورت دو بار در روز به فواصل ۱۲ ساعت (۶ صبح و ۶ بعد از ظهر) ثبت گردید (شکل ۲).

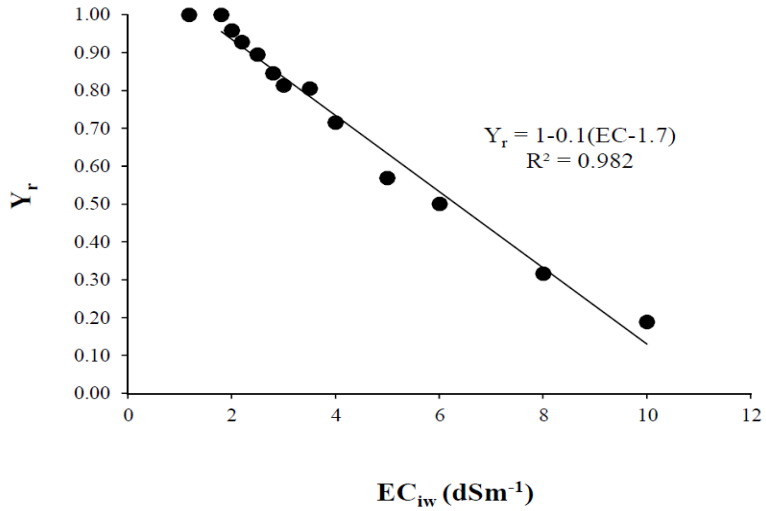
شکل ۱. نمایی از روش میکرولایسیمترهای پیشنهادی در حال اندازه‌گیری در سایت پژوهشی دوشان‌تپه

شکل ۲. نمایی کلی از تیمارهای مختلف شوری برای تعیین پارامترهای گیاهی (حد آستانه‌ی شوری و شیب خط کاهش عملکرد)

نتایج و بحث

اثرشوری بر عملکرد ریحان

در شکل ۳، واکنش گیاه ریحان به سطوح مختلف تنش شوری آب آبیاری ارائه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود تا شوری ۱/۳ ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر، عملکرد نسبی ثابت و از آن به بعد با افزایش شوری عملکرد نسبی کاهش پیدا می‌کند.



شکل ۳. واکنش گیاه ریحان در مقابل تنش شوری آب آبیاری

با توجه به شکل آستانه‌ی کاهش عملکرد گیاه ریحان نسبت به شوری آب آبیاری ۱/۳ دسی‌زیمنس بر متر و شیب خط کاهش عملکرد ۱۰ درصد است. همانطور که در جدول نشان داده شده است، بیش‌ترین مقدار برگ تازه‌ی دارویی با مقدار ۳۰۸۰ و ۳۰۷۶ کیلوگرم در هکتار، بیش‌ترین عملکرد شاخص سطح برگ با مقدار ۸۵۸۴۰ و

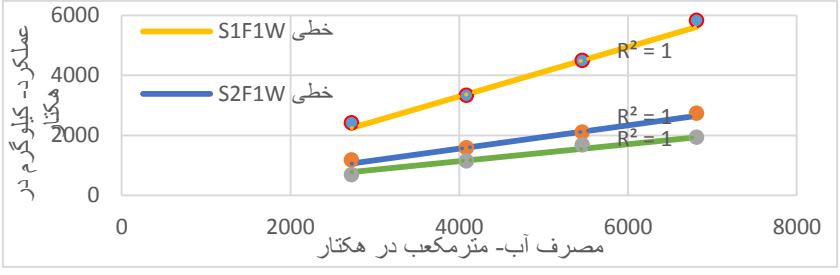
۸۵۵۳۷ کیلوگرم در هکتار، بیش‌ترین عملکرد ماده‌ی تر با مقدار ۵۹۹۸ و ۵۹۶۶ کیلوگرم در هکتار و بیش‌ترین عملکرد ماده‌ی خشک با مقدار ۳۷۸۲ و ۳۶۹۸ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در تیمار آبیاری کامل به‌دست آمد.

در جدول ۶، به‌ترتیب توابع تولید خطی، لگاریتمی، درجه دوم و نمایی حاصل از داده‌های جدول ۵ ارائه شده است. در این جدول ABS به معنی قدر مطلق اختلاف عملکرد پیش‌بینی شده با عملکرد واقعی در مزرعه است. هرچه قدر مطلق اختلاف عملکرد مزرعه با عملکرد تابع تولید کم‌تر باشد، آن تابع عملکرد، دقتی بالاتر برای محاسبات بعدی خواهد داشت. در نمودارهای شکل ۴ تا ۷ نقاط آب مصرفی بر حسب مترمکعب در هکتار در برابر عملکرد محصول شبیه‌سازی شده (برگ خشک بر حسب تن در هکتار) برازش داده شد. جهت دقت محاسبات برای هر تیمار شوری بهینه‌سازی از طریق برنامه‌ی Solver در نرم‌افزار Excell انجام شد. بر این اساس با توجه به تیمارهای شوری و آبی ضرایب توابع تولید به‌دست آمد

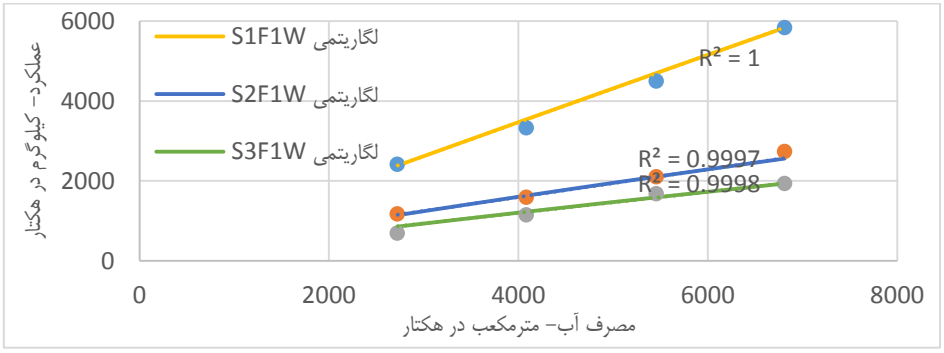
جدول ۶. توابع تولید

نوع تابع تولید	تابع	میانگین مجموع MAE
خطی $Y = a \times W + b \times S + c$	$Y = 0.498W + 0.572S + 1.001$	۷۲/۸۰۶۶۵
لگاریتمی $Y = aW\text{^}bS\text{^}c$	$Y = 0.965W\text{^}0.915$	۸۶/۰۲۲۵۷
درجه دوم $Y = a + bW + cW^2 + dS + eS\text{^}2$	$Y = 0.1 + 0.466W + 0.1S + 0.105S\text{^}2$	۵۹/۳۷۶۳۹
نمایی $Y = a * e^{bW} * e\text{^}cS$	$Y = 3.525 * e^{2.561S}$	۵۱/۸۴۳۵۱

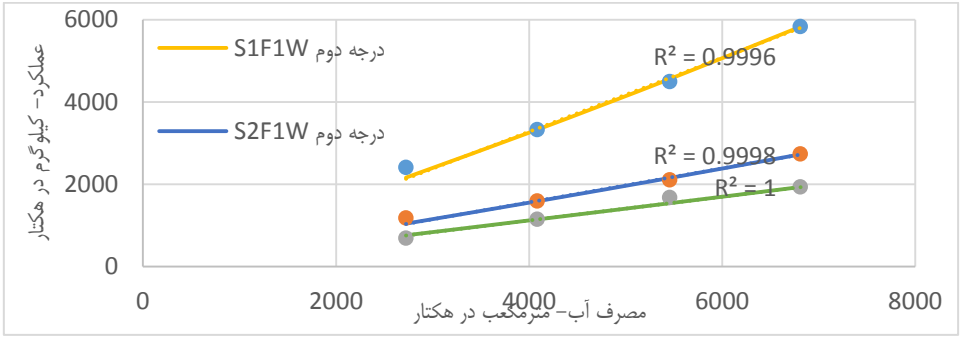
در شکل‌های ۴ تا ۷، خط‌های برازش داده شده، نشان‌دهنده‌ی رابطه‌ی عملکرد پیش‌بینی شده با آب مصرفی و نقاط داده شده تیمارهای آبیاری می‌باشند. با توجه به این شکل‌ها مشاهده می‌شود که هر نمودار در هر برازش، عملکرد محصول با افزایش آب مصرفی به علت کاهش شوری عصاره‌ی اشباع خاک افزایش می‌یابد، لیکن اگر هر خط برازش داده شده را با خط دیگر مقایسه شود مشاهده می‌شود که با افزایش شوری، عملکرد کاهش پیدا خواهد کرد. با توجه به جداول و نمودارها تابع تولید نمایی دقت بیش‌تری را در برآورد عملکرد دارد که با نتایج کیانی و همکاران (۱۳۸۴) هم‌خوانی دارد.



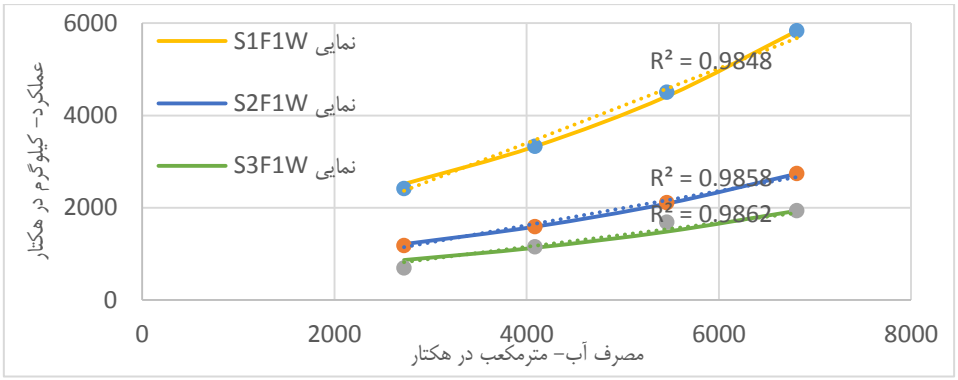
شکل۴. عملکرد خطی شبیه‌سازی شده‌ی گیاه در برابر مصرف آب (نقاط، نشان‌دهنده آب مصرفی و خطوط نشان‌دهنده عملکرد)



شکل۵. عملکرد لگاریتمی شبیه‌سازی شده‌ی گیاه در برابر مصرف آب
(نقاط، نشان‌دهنده آب مصرفی و خطوط نشان‌دهنده عملکرد)



شکل۶. عملکرد درجه دوم شبیه‌سازی شده‌ی گیاه در برابر مصرف آب
(نقاط، نشان‌دهنده‌ی آب مصرفی و خطوط نشان‌دهنده‌ی عملکرد)



شکل۷. عملکرد نمایی شبیه‌سازی شده‌ی گیاه در برابر مصرف آب
(نقاط، نشان‌دهنده‌ی آب مصرفی و خطوط نشان‌دهنده‌ی عملکرد)

به‌طور کلی مشاهده می‌شود که بیش‌ترین عملکرد، در تابع تولید نمایی در تیمار شوری ۱/۱۷۵ دسی‌زیمنس بر متر و آب مصرفی ۶۸۱۲ مترمکعب در هکتار به مقدار۵۸۳۲/۰۹ رخ داده است. در این تابع همچنین کم‌ترین مقدار قدر مطلق اختلاف عملکرد شبیه‌سازی شده با عملکرد مزرعه به مقدار حدودی۰ در تیمار شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر و مقدار آب ۶۸۱۲ مشاهده گردید. بنابراین برای پژوهش‌ها و محاسبات بعدی استفاده از این تابع پیشنهاد می‌شود. کیانی و همکاران (۱۳۸۴) در برآورد تابع تولید آب- شوری گندم در منطقه‌ی شمال گرگان به

این نتیجه دست یافتند که به واسطه‌ی تغییرات رطوبت و شوری در خاک، توابع تولید متعالی و درجه دوم نسبت به خطی برازش بهتری دارند. نجفی‌مود و همکاران (۱۳۹۱) تابع درجه دوم را به‌عنوان تابع برتر در برآورد عملکرد دو رقم پنبه ورامین و خرداد در منطقه‌ی بیرجند معرفی کردند. علی‌حوری (۱۳۹۶) در مقایسه‌ی توابع تولید آب- شوری- عملکرد ماده‌ی خشک به‌صورت خطی، لگاریتمی، درجه دوم و متعالی نشان داد که در دوره‌ی رشد رویشی خرمای رقم برحی، معادله‌ی درجه دوم دارای بیش‌ترین دقت برازش بود.

نتیجه‌گیری

گیاه ریحان، یک گیاه استراتژیک است که علاوه بر مصرف خوراکی، در صنایع دارویی و بهداشتی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابر اهمیت این گیاه و پژوهش‌های کمی که در زمینه‌ی تنش‌های هم‌زمان ریحان انجام شده، پژوهش حاضر می‌تواند برای علاقه‌مندان حائز اهمیت باشد. بر اساس داده‌های حاصل از این آزمایش مزرعه‌ای، توابع تولید در چهار حالت خطی، لگاریتمی، درجه دوم و نمایی به‌دست آمد. نقاط عملکرد حاصل از این توابع در برابر آب مصرفی ترسیم و برازش داده شد. نتایج نشان داد که عملکرد در تابع تولید نمایی دقتی بیش‌تر برای برآورد عملکرد دارد. در صورت اعمال تنش‌های هم‌زمان آبی- شوری بر سبزیجاتی چون ریحان در اقلیم سرد و خشک تهران در پژوهش‌های آتی، به‌منظور پیش‌بینی دقیق‌تر در برآورد عملکرد و صرفه‌جویی در آب مصرفی پیشنهاد می‌شود از تابع تولید نمایی استفاده گردد.

جدول ۵ عملکرد محصول گیاه ریحان را بر اساس میزان برگ خشک در برابر آب مصرفی و شوری آب نشان می‌دهد

جدول ۵. بهره‌وری مصرف آب و عملکرد محصول در برابر میزان آب مصرفی و شوری آب آبیاری

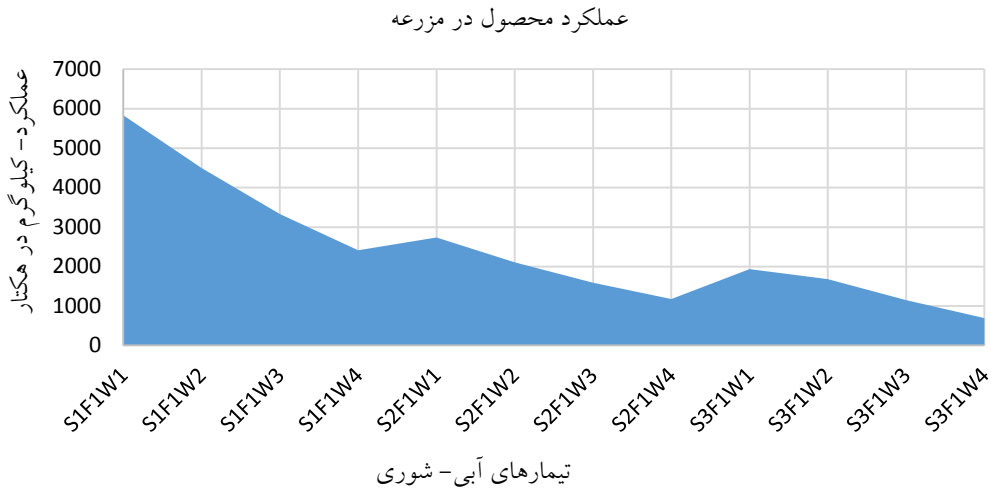
تیمارها	شوری آب آبیاری (ds/m)	مصرف آب (مترمکعب در هکتار)	عملکرد محصول (برگ خشک) (کیلوگرم در هکتار)	بهره‌وری مصرف آب $Kg/Ha.m^3$
$S_1F_1W_1$	۱/۱۷۵	۶۸۱۲/۰۰	۵۸۳۲/۰۹^{a}	۰/۸۶^{a}
$S_1F_1W_2$	۱/۱۷۵	۵۴۵۹/۶۰	۴۴۹۶/۶۱^{ab}	۰/۸۲^{ab}
$S_1F_1W_3$	۱/۱۷۵	۴۰۸۷/۲۰	۳۳۳۰/۱۹^{c}	۰/۸۱^{b}
$S_1F_1W_4$	۱/۱۷۵	۲۷۲۴/۸۰	۲۴۱۲/۷۸^{ed}	۰/۸۹^{a}
$S_2F_1W_1$	۳	۶۸۱۲/۰۰	۲۷۳۶/۴۹^{d}	۰/۴^{d}
$S_2F_1W_2$	۳	۵۴۵۹/۶۰	۲۱۰۶/۱^{e}	۰/۴^{d}
$S_2F_1W_3$	۳	۴۰۸۷/۲۰	۱۵۸۹/۷۴^{f}	۰/۴^{d}
$S_2F_1W_4$	۳	۲۷۲۴/۸۰	۱۱۷۶/۹^{g}	۰/۴۳^{d}
$S_3F_1W_1$	۵	۶۸۱۲/۰۰	۱۹۳۴/۴۲^{ef}	۰/۲۸^{e}
$S_3F_1W_2$	۵	۵۴۵۹/۶۰	۱۶۸۰/۱۷^{f}	۰/۳۱^{e}
$S_3F_1W_3$	۵	۴۰۸۷/۲۰	۱۱۴۸/۰۷^{g}	۰/۲۸^{e}
$S_3F_1W_4$	۵	۲۷۲۴/۸۰	۶۹۳/۳۰^{h}	۰/۲۵^{e}

هرچه مقدار شوری در آب آبیاری بیش‌تر می‌شود و از میزان آب داده شده به گیاه کاسته شود، عملکرد محصول کاهش می‌یابد. هرچه رطوبت بیش‌تر می‌شود اثری که شوری بر گیاه می‌گذارد کم‌تر است و با افزایش شوری خاک اثر وجود آب در محیط رشد گیاه، بر روی عملکرد، به‌صورت کاهشی است.

جدول۶. آنالیز واریانس صفات گیاه ریحان تحت تیمارهای مختلف تنش توأمان آبی و شوری

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد ماده خشک (Kg/ha)	بهره‌وری مصرف آب (WP)
تکرار	۲	۰/۷۱	۰/۸۹
تنش آبی- شوری	۳	۲۱۰۴/۶۲*	۰/۸۴*
خطا	۶	۷/۰۴	۶/۴۲
C.V.		۰/۲۲	۰/۱۲

* و **: به‌ترتیب معنی‌داری در سطوح ۱ و ۵ درصد



شکل ۴. عملکرد محصول در مزرعه (برگ خشک) بر حسب کیلوگرم در هکتار در شرایط وجود تنش‌های هم‌زمان آبی و شوری

شکل ۴ به‌طور کلی نشان می‌دهد که در شرایط وجود تنش‌های هم‌زمان آبی و شوری چه اتفاقی برای گیاه می‌افتد. مشاهده می‌شود با میزان مشخصی از آب آبیاری، هرچه شوری بیش‌تر می‌شود عملکرد کاهش می‌یابد و با یک میزان مشخص از شوری، هرچه آب آبیاری کم‌تر می‌شود عملکرد کاهش می‌یابد. می‌توان دریافت که برای آب‌هایی که شوری بیش‌تری دارند، بالابردن میزان آب آبیاری منجر به افزایش عملکرد نسبت به زمانی می‌شود که مقدار رطوبت کاهش یابد یعنی می‌توان در صورت استفاده از آب شور، میزان آبیاری را بالا برد تا بتوان به مقدار عملکرد نزدیکی در حالت رطوبت کم‌تر دست یافت اما این جایگزینی، تا حد معینی امکان‌پذیر است زیرا می‌توان مشاهده کرد که با شوری‌های بالاتر افزایش رطوبت نمی‌تواند عملکردی بالا بدهد. به‌عنوان مثال در شکل ۴ در مقایسه‌ی تیمار $S_1F_1W_4$ با $S_2F_1W_1$ می‌توان به علت افزایش رطوبت، بالا رفتن مقدار عملکرد را حتی با افزایش شوری مشاهده کرد در حالی‌که در تیمار $S_3F_1W_1$، عملکرد کاهش پیدا کرده است که پیشنهاد می‌شود در شرایط لزوم از مقداری کاهش عملکرد چشم‌پوشی کرد. با این حال باید در نظر داشت که مقدار

کاهش عملکرد به صرفه و قابل جبران است یا خیر. شیب نمودار عملکرد- شوری نسبت به تغییرات میزان آب آبیاری حساس است. به‌طور کلی عملکرد افزایش می‌یابد اگر رطوبت افزایش و شوری کاهش یابد اما تغییرات عملکرد نسبت به رطوبت حساس‌تر از تغیرات عملکرد نسبت به شوری در تیمارهای با شوری بالاتراست یعنی وقتی رطوبت در خاک زیاد ولی شوری کم است تغییرات عملکرد گیاه بیش‌تر است از حالتی که شوری بالا باشد ولی میزان آب کم باشد. در شکل‌های ۵ تا ۸، هر یک از این نمودارها نشان می‌دهند که بر اثر تنش هم‌زمان آب و شوری، عملکرد گیاه چه روندی را طی می‌کند.

جدول ۷، تابع تولید به دست آمده را نشان می‌دهد. جهت دقت محاسبات برای هر تیمار شوری بهینه‌سازی از طریق برنامه‌ی Solver در نرم‌افزار Excell انجام شد. سپس در نرم افزار Sigma- plot، تابع تولید به دست آمد و نمودار مربوط رسم شد (شکل ۴-۵). بر این اساس با توجه به تیمارهای شوری و آبی ضرایب توابع تولید به‌دست آمد

جدول ۷. تابع تولید

نوع تابع تولید	تابع
پارابلوئید سه بعدی $f = y_0 + ax + by + cx^2 + dy^2$	$f = 4179.3488 + 0.317x - 2130.7632y + 232.7006y^2$

*x مقدار آب آبیاری

**Y شوری آب آبیاری

***f عملکرد نسبی محصول

جدول ۸. ضرایب آماری

R	Rsqr	Adj Rsqr	Standard Error of Estimate
۰/۹۶۷۵	۰/۹۳۶	۰/۸۹۹۵	۴۷۴/۱۵۷۳

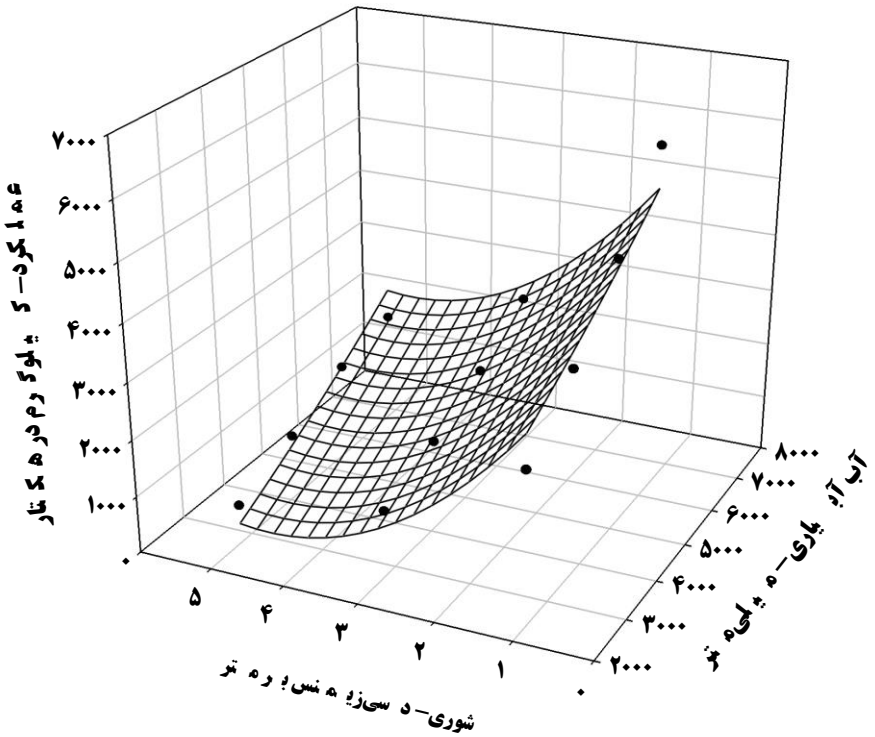
جدول ۹. آنالیز واریانس

	DF	SS	MS
رگرسیون	۴	۲۳۰۲۴۳۷۱.۲۳	۵۷۵۶۰۹۲/۸
باقی‌مانده	۷	۱۵۷۳۷۷۵.۷۶۴	۲۲۴۸۲۵/۱۱
کل	۱۱	۲.۴۵۹۸۱E+۱۱	۲۲۳۶۱۹۵/۲

جدول ۱۰. آزمون‌های آماری

آزمون	نوع	P_{Value}	W Statistic	Significance Level
نرمالیتی	Shapiro- Wilk	۰/۹۷۸۴	۰/۹۷۸۸	۰/۰۵
واریانس ثابت	Spearman Rank Correlation	۰/۲۸۳۹	–	–

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که تیمار تنش آبی- شوری روی صفات اندازه‌گیری شده شامل عملکرد ماده‌ی خشک و بهروری مصرف آب، اثر معنی‌داری داشت ($P\leq$۰/۰۵).



شکل ۵. عملکرد محصول بر حسب کیلوگرم بر هکتار (برگ خشک) در به‌صورت تابعی از میزان آب آبیاری و شوری آب مصرفی با استفاده از داده‌های واقعی مزرعه

نتیجه‌گیری

گیاه ریحان، یک گیاه استراتژیک است که علاوه بر مصرف خوراکی، در صنایع دارویی و بهداشتی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابر اهمیت این گیاه و پژوهش‌های کمی که در زمینه‌ی تنش‌های هم‌زمان ریحان انجام شده، پژوهش حاضر می‌تواند برای علاقه‌مندان حائز اهمیت باشد. بر اساس داده‌های حاصل از این آزمایش مزرعه‌ای، تابع تولید عملکرد محصول به‌دست آمد. نقاط عملکرد حاصل از این توابع در برابر آب مصرفی ترسیم شد. مطابق نتایج این پژوهش براثر وجود هم‌زمان تنش آبی و شوری آب آبیاری، تابع تولید به دست آمده، با دقت بالایی توانایی برآورد عملکرد را دارد. با استناد به این پژوهش پیشنهاد می‌شود در صورت اعمال تنش‌های هم‌زمان آبی- شوری بر سبزیجاتی چون ریحان در اقلیم سرد و خشک تهران در پژوهش‌های آتی، به‌منظور پیش‌بینی دقیق‌تر در برآورد عملکرد و صرفه‌جویی در آب مصرفی از تابع تولید یاد شده استفاده گردد.

منابع مورد استفاده

بانژاد، ح.، مکاری‌قهرودی، ا.، اثنی‌عشری، م. و لیاقت، ع. ۱۳۹۲. بررسی اثر متقابل آب مغناطیسی و شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ریحان. نشریه‌ی آبیاری و زهکشی ایران، ۷ (۲): ۱۸۳-۱۷۸.

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

شهیدی، ع.، نحوی‌نیا، م.ج. و پارسی‌نژاد، م. ۱۳۸۹. ارزیابی توابع کاهش جذب آب در شرایط تنش هم‌زمان شوری و خشکی توسط رقم روشن گندم. مجله‌ی پژوهش آب ایران، ۷ (۴): ۱۲-۱.

صالحی، م.، کافی، م. و کیانی، ع. ۱۳۹۰. تعیین بهترین تابع آب- شوریِ کوشیا در اراضی شمال استان گلستان. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵ (۶): ۱۴۰۳-۱۳۹۵.

علی‌حوری، م. ۱۳۹۶. تعیین تابع تولید برتر آب- شوری- عملکرد ماده‌ی خشک در دوره‌ی رشد رویشی خرما. نشریه پژوهش حفاظت آب و خاک، ۲۴ (۳): ۲۶۶ -۲۵۱.

کیانی، ع.، همایی، م. و میرلطیفی، م. ۱۳۸۵. ارزیابی توابع کاهش عملکرد گندم در شرایط توأم شوری و کم‌آبی. مجله علوم خاک و آب، ۲۰ (۱): ۸۳ -۷۳.

کیانی، ع.ر.، میرلطیفی، م.، همایی، م. و چراغی، ع.م. ۱۳۸۴. تعیین بهترین تابع تولید آب- شوری گندم در منطقه‌ی شمال گرگان. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۶ (۲۵): ۱۴ -۱.

محمدی، م.، لیاقت، ع. و مولوی، ح. ۱۳۸۹. بهینه‌سازی مصرف آب و تعیین ضریب حساسیت گوجه‌فرنگی در شرایط تنش توأمان شوری و خشکی در منطقه‌ی کرج. نشریه‌ی آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۴ (۳): ۵۹۲-۵۸۳.

میرحسینی، ع.، زارع‌زاده، ع. و زارع‌مهرجردی، م. ۱۳۹۴. بررسی اثر تنش شوری بر جوانه‌زنی گیاه‌چه‌ی زردتاغ (*Haloxylon persicum*). مجله جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران، ۷ (۳): ۴۹۸-۴۴۱.

نجفی‌مود، م.ح.، علیزاده، ا.، داوری، ک.، کافی، م. و شهیدی، ع. ۱۳۹۱. تعیین تابع برتر آب- شوری- عملکرد در دو رقم پنبه. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۶ (۳): ۶۷۹ -۶۷۲.

ISSN 2251-7480

Investigating the basil production functions under simultaneous water and salinity stress conditions

Mahshad Farahbakhsh[1], Mahdi Sarai Tabrizi [*2] and Hossein Babazadeh [3]

1) MSc. Student, Department of Water Engineering and Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2 Assistant Professor, Department of Water Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, Tehran Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
[*] Corresponding author: m.sarai@srbiau.ac.ir
3) Associate Professor, Department of Water Engineering and Sciences, Tehran Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received: 13-11-2018 Accepted: 29-04-2019

Abstract

The lack of water and soil resources and their salinity are important points in the agricultural sector. Investigating the interactions between salinity and irrigation on plant yields is important in order to improve soil management and water use in arid and semi-arid regions. The purpose of this study was to study and evaluate the production functions of Basilicum L. in Mazandaran mass cultivar under simultaneous stress conditions of water and salinity. For this purpose, an experiment was conducted on a hectare research site in the Dushantepheh research center of Tehran. In this study, we used microplate weight-drainage to determine the rate of evaporation-transpiration of basil plant. Factorial experiment was conducted in a completely randomized design with four irrigation treatments including complete irrigation (FI), irrigation with 40 (DI40%), 60 (DI60%) and 80 (DI80%) water requirements of the plant and three subsoil treatments Irrigation water with a conductivity of 175/1 (S1), 3 (S2) and 5 dS / m (S3) for two consecutive years of 1395 and 1396 was carried out. The results showed that the basal plant yield reduction was 3.1 dS / m for irrigation water salinity and 10% for grazing line slope. Also, the highest amount of fresh leaf with 3080 and 3076 kg / ha, the highest leaf area index with 85840 and 85537 kg / ha, the highest yield of material was 5998 and 5966 kg / ha, and the highest dry matter yield was 3782 and 3698 kg ha-1 was obtained in full irrigation treatments in 1395 and 1396 respectively. In the case of production functions, the results also show that the exponential production function has a higher accuracy for performance estimation.

Keywords: Agricultural water management; Basil plant; irrigation; Simultaneous stress