Archive of SID

اثرات تنش شوری و کم آبیاری بر شاخص کارایی مصرف آب دو رقم کلزا

حید یزدانی*[۱]، بیژن قهرمان[۲]، کامران داوری[۳]، محمد کافی[۴]

چکیده

کمیت و کیفیت آب عاملهای بسیار مهمی در توزیع گونه های گیاهی در سطح زمین می‌باشند. توان آبی کشور بیانگر محدودیت شدید منابع آبی است. از طرف دیگر، افزایش تولید نیز عمدتا در گرو توسعه‌ی کشتزارهای آبیانه می‌باشد، در نتیجه، بایستی آب با کیفیت پایین را به عنوان یک منبع آب آبیاری به شماره آورده و در برنامه‌ی آینده‌ی توسعه‌ی کشتزارهای آبیانه با اعمال روشهای مدیریتی صحیح جهت تداوم پایداری کشاورزی، و نیل به عملکرد معقول آن را، مورد توجه جدی قرار داد. این تحقیق در مزرعه‌ای در فاصله ۲۵ کیلومتری از مرکز شهر مشهد، در دو سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ و ۹۲-۱۳۹۲ اجرا گردید. طرح آزمایشی مورد نظر به صورت کرتهای دوبار خرده شده در قالب بلوکهای کامل تصادفی بود که در آن چهار عامل مقدار شوری آب آبیاری (در چهار سطح ۰/۵، ۵، ۸ و ۱۱ دسی زیمنس بر متر) به عنوان کرتهای اصلی، چهار سطح آبیاری به عنوان عامل فرعی (تامین ۱۲۵، ۱۰۰، ۸۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی) و دو رقم کلزا (هایولا ۴۰۱ و آرجی اس ۰۰۳) به عنوان عامل فرعی فرعی بودند که در سه تکرار اجرا گردید. نتایج نشان دادند که در کلیه‌ی سطوح تیمارهای مختلف، کارایی مصرف آب برای رقم هایولا بیشتر از رقم آرجی اس می‌باشد، که نشان می‌دهد که در شرایط محدودیت آب و شوری آب آبیاری با اعمال مدیریت در آبیاری ارقام کلزا، رقم هایولا، با توجه به WUE بیشتر از الویت بالاتری برای کشت در منطقه‌ی مورد مطالعه برخوردار است. بطور کلی، افزایش شوری برای هر دو رقم کلزا باعث کاهش نسبی کارایی مصرف آب شده است. با افزایش میزان مصرف آب رقم هایولا تا حدود ۴۰ cm مقدار WUE با شیب نسبتا تندی افزایش یافته و به میزان ($Kg.ha^{-1}.mm^{-1}$) ۵/۴ می‌رسد. با افزایش میزان آب مصرفی بیشتر از ۴۰ cm نه تنها مقدار WUE افزایش نمی‌یابد، بلکه با شیب ملایمتری شروع به کاهش می کند. جهت ثابت نگهداشتن عملکرد با افزایش شوری آب آبیاری، می‌بایست عمق آبیاری افزایش یابد، اما در این قسمت به این نتیجه رسیدیم که افزایش عمق آب آبیاری تا حدی باعث افزایش کارایی مصرف آب گردیده و از آن پس از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نخواهد بود. البته در شوریهای خیلی زیاد افزایش آبیاری باعث فزونی گرفتن جزئی در کارایی مصرف آب می-شود. بنابراین، ملاحظه می‌گردد که می توان از آبهای زیر زمینی شور منطقه به نحوی مطلوب برای کشت استفاده مفید برده، و آب شور صرفه جویی شده را در مناطق دیگر به کار گرفت. البته جامعیت و فراگیری آن مختص شرایط مشابه اقلیمی منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، تنش کم آبی کلزا، کارایی مصرف آب

[۱]- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
[۲]- استاد، گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
[۳]- استاد، گروه مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
[۴]- استاد، گروه مهندسی زراعت، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
*- نویسنده مسئول مقاله v.yazdany@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

از نظر اصول نوین مهندسی آبیاری، تولید سود بیشتر (و در صورت بهینه سازی، کسب بیشترین سود) و استفاده فزونتر و بهتر از واحد آب مصرفی، پذیرش خطر قابل قبول، انعطاف پذیری سیستم‌های آبیاری و تعیین توابع تولید بر اساس آب مصرفی است که همه این ها در بهینه سازی کم آبیاری متجلی می‌شوند. هدف اساسی در به کارگیری روش کم آبیاری، افزایش بازده‌ی کاربرد آب، چه از طریق کاهش میزان آب آبیاری در هر نوبت، و یا حذف آبیاریهایی است که کمترین بازدهی را داشته، و یا نقش موثری در افزایش سود خالص، ندارند. با توجه به محدودیت منابع آب توصیه می‌شود که کم آبیاری به عنوان یک گزینه‌ی کارآمد به منظور افزایش کارایی مصرف آب در طرحهای آبیاری مد نظر قرار گیرد. نتایج تحقیقات انجام شده در ایران حاکی از کارآمد بودن این روش به منظور استفاده‌ی صحیحتر از آب و کسب سود بیشتر است. در به کارگیری فن کم آبیاری رعایت ملاحظات مهندسی از ضروریات رسیدن به موفقیت بوده، و باید توجه داشت که صرفاً با کم آب دادن به گیاه، بدون توجه به زمان، مقدار و کیفیت آب آبیاری، ممکن است نه تنها سود بیشتری حاصل نشود، بلکه موجب بروز زیانهای زیادی نیز گردد. روند برداشت بی‌رویه‌ی آبهای زیرزمینی از طریق چاههای عمیق و نیمه عمیق، و پیشروی آب شور در سفره‌های آب شیرین، باعث شده است تا آب شور از گستردگی بیشتری برخوردار گشته، و هر روز حجم نسبی آن افزایش یابد. به‌دلیل این که کم آبی و کاهش کیفی منابع آب و خاک از عوامل اصلی کاهش تولید می-باشند، کاربرد روش کم‌آبیاری و استفاده از آبهای شور از راهبردهای مهم بهینه‌سازی مصرف آب جهت سازگاری با کم آبی قلمداد شده و از اولویت خاصی برخوردار است، افزون برآن، در این رابطه نباید تنها به بیشترین عملکرد اندیشید، بلکه بایستی به عملکردهای اقتصادی بهای بیشتری داده شود.

کمیت و کیفیت آب عامل بسیار مهمی در توزیع گونه‌های گیاهی در سطح زمین می‌باشند (کوچکی و بنایان، ۱۳۷۳). آب فراوان‌ترین ماده در روی زمین است، کمبود آن مهمترین عامل محدودیت حیات و تولید محصولات کشاورزی به شمار می رود. (خواجه پور، ۱۳۷۵). کلزا گیاهی نیمه حساس تا نیمه متحمل به شوری بوده و به عنوان یکی از مهمترین گیاهان روغنی مورد توجه قرار گرفته است (انفرد و همکاران، ۲۰۰۴). از طرفی، خاکهای شور و شوری آب آبیاری از مهمترین عوامل تنش‌زای محیطی در تولید کلزا می‌باشند (بایبردی و طباطبایی، ۲۰۰۹). کومار (۱۹۹۵) گزارش نمود که گونه‌های جنس براسیکا هنگام سبز شدن و رشد اولیه گیاهچه، به شوری حساس بوده، و در مراحل بعد بویژه از گلدهی تا تشکیل خورجین، نسبتا مقاومتر می‌شوند. کلزا در مراحل جوانه زنی، گلدهی و رشد خورجینها به کم آبی حساس است. آبیاری در این مراحل باعث افزایش تعداد خورجین در متر مربع می‌شود (سیناکی و همکاران، ۲۰۰۷). نیاز آبی کلزا به رقم، هدف تولید و مدیریت زراعی آن بستگی دارد. کل نیاز آبی کلزا طی دوره رشد حدود ۵۰۰ میلیمتر گزارش شده است (پریچارد و همکاران، ۲۰۰۶). کاهش عملکرد در کلزا هنگامی اتفاق می‌افتد که رطوبت خاک طی دوره‌ی رشد از گلدهی تا رسیدن دانه به نصف میزان قابل دسترس برسد. تامین رطوبت خاک بیش از ۷۵ درصد توان باردهی را افزایش داده، دوره‌ی پر شدن دانه‌ها را طولانی کرده، تعداد دانه در خورجین، وزن دانه و در بعضی موارد کیفیت و مقدار روغن را می فزاید (سیناکی و همکاران، ۲۰۰۷). آلباراک (۲۰۰۶) نیز کاهش معنی‌دار عملکرد دانه، ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن دانه و عملکرد روغن را درکلزا تحت تاثیر تنش گزارش کرد . مندال و همکاران (۲۰۰۶) مطالعه‌ای را به منظور تعیین اثر آبیاری و مواد مغذی در مورد رشد کلزا و عملکرد آن تحت شرایط هند انجام دادند. در همین راستا از آب در مراحل مختلف (قبل از کاشت، پس از کاشت و گلدهی) به مقدار ۶۰ میلی‌متر نرخ تبخیر استفاده کردند. آنها گزارش دادند که مقدار تبخیر- تعرق (ET) بین ۹۰ تا ۲۹۰ میلی‌متر متغیر است. بطور کلی، تنش آب منجر به کاهش توسعه‌ی ریشه، زیست توده و عملکرد می‌گردد؛ همچنین، بیان داشتند که آبیاری کامل باعث تقریبا دو برابر شدن عملکرد می‌گردد.

کوپرا (۱۹۹۲) ارقام مختلف کلزا را جهت بررسی تنش

www.SID.ir

Archive of SID

شوری، با آب شور آبیاری کرد. نتایج حاکی از آن بودند که میانگین عملکرد در تیمارهای مختلف شوری ۶، ۹ و ۱۲ میلی موس به ترتیب معادل ۲/۷، ۲/۴ و ۱/۲ تن در هکتار، و در تیمار آب غیر شور، معادل ۳/۸ تن در هکتار بود. همچنین، بین ارقام مختلف از نظر مقاومت به شوری، تفاوت معنی‌داری گزارش گردید. نیازی اردکانی و احمدی (۱۳۸۳)، با بررسی تحمل تنش شوری عملکرد کلزا به این نتیجه رسیدند که با افزایش شوری، اجزای عملکرد از جمله وزن هزاردانه و تعداد دانه در غلاف کاهش می‌یابد. چنین نتیجه‌ای نیز از سوی محمودزاده (۲۰۰۷) گزارش شده است. ماس و هافمن (۱۹۷۷) اظهار داشتند که در بعضی از تحقیقات انجام شده آستانه‌ی تحمل به شوری ارقام مختلف کلزا حدود ۱۰ دسی زیمنس بر متر، و کاهش عملکرد در بالای حد آستانه حدود ۱۳ درصد برآورد شده است. فرانسیس (۱۹۹۶) نشان داد که عملکرد دانه‌ی کلزا بر اثر شوری به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. وی حد آستانه‌ی تحمل به شوری را برای رشد کلزا ۱۱ دسی زیمنس بر متر تعیین کرده است. محمود و همکاران (۲۰۰۳) دریافتند که کاهش عملکرد کلزا در شرایط شوری امری طبیعی است، زیرا با توجه به این که گیاهان بخش عمده‌ای از دوره‌ی رشد خود را در معرض شوری گذارده‌اند، و میزان یونهای سمی کلر و سدیم بطور طبیعی در برگ با افزایش شوری فزونی می‌یابند. بنابراین، شاید می‌توان کاهش عملکرد را به تجمع زیاد یونهای کلروسدیم در داخل گیاه نسبت داد.

در جریان تولید هر کیلو ماده‌ی خشک حدود ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ لیتر آب تعرق می‌گردد، که این موضوع نشانگر اهمیت آب در تولید گیاهان می‌باشد. ممکن است بخشی از آب مورد نیاز گیاهان زراعی بطور مستقیم از ریزشهای جوی تامین گردد، اما غالبا در مناطق خشک و نیمه خشک برف و باران در زمان مورد نیاز و به مقدار کافی نمی‌بارند. به همین جهت، لازم است که بخشی یا تمامی آب مورد نیاز گیاه را از طریق آبیاری به خاک اضافه کرد. هدف از آبیاری افزودن مقدار کافی و در زمان مناسب آب به محیط توسعه-ی ریشه است، بطوری که گیاه بتواند در تمام دوران رشد خود آب را با سرعت کافی و به مقدار مورد نیاز از این طریق جذب کند (خواجه پور، ۱۳۷۵). توکلی (۱۳۷۹) طی تحقیقی برای داده‌های شمال خراسان، بیان داشت که با اعمال سطح کاهش آب مصرفی گندم، جو، ذرت و چغندرقند به ترتیب به میزان ۳۰، ۳۰، ۲۵، ۳۰ و ۲۰ درصد نسبت به آبیاری کامل، میزان عملکرد نسبت به شرایط بدون تنش بترتیب ۱۲، ۱۲، ۸، ۱۰ و ۷/۵ درصد کاهش می‌یابد. کاملا واضح است که می‌توان با روش کم آبیاری کارایی مصرف آب را افزایش داد. در این رابطه کردا (۲۰۰۲) گزارش کرد که با ۲۵ درصد کاهش آب مصرفی، کارایی مصرف آب ۱/۲ برابر آنچه در آبیاری مرسوم (آبیاری کامل) به دست آمده بود، افزایش یافت. طی تحقیقاتی در شمال عراق، بالاترین میزان کارایی مصرف آب در تیمارهای مختلف آبیاری گندم، از تیمار ۵۰ درصد آبیاری کامل بدست آمد (اداری و همکاران، ۲۰۰۲). ژانگ (۲۰۰۳) گزارش نمود که بهره وری آب در تولید گندم در شمال سوریه برای چهار تیمار آبیاری (کامل و ۶۶٪ و ۳۳٪ آبیاری کامل و دیم) به ترتیب ۹/۳، ۱۱/۹، ۹/۹ و ۹/۳ کیلوگرم بر میلی متر است. نتایج نشان دهنده‌ی برتری تیمار ۳۳ درصد کاهش آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل است. اویس و همکاران (۲۰۰۰) پاراساد و همکاران (۲۰۰۶) گوانتیوار و اسموت (۲۰۰۵) نیز در تحقیقات خود در مورد گندم، پنبه و ذرت گزارش کردند که می توان با کاهش آب مصرفی گیاه در شرایط کم آبی تا حدود ۲۰تا ۳۰ درصد، میزان کارایی مصرف آب را به میزان ۱۵ تا ۳۰ درصد افزایش داد. هاتفیلد و همکاران (۲۰۰۱) نیز اعلام کردند که مقادیر عددی کارایی مصرف آب در شرایط تنشهای شدید آبی مورد اعتماد نبوده و با اندازه‌گیریهای عملی سازگاری ندارند.

هاول (۲۰۰۱)، هاتفیلد و همکاران (۲۰۰۱)، اویس و همکاران (۲۰۰۰)، آبات و همکاران (۲۰۰۴)، آنجوس و ون هرواردن (۲۰۰۱) در خصوص کارایی مصرف آب بیان داشتند که افزایش کارایی مصرف آب در کم آبیاریها بیشتر است. گاریتی و سولیوان (۱۹۸۳) اظهار داشتند که بروز تنش آبی با وجودی که صورت کسر کارایی مصرف آب یعنی عملکرد را تحت تاثیر قرار می‌دهد، اما به واسطه‌ی فعالیت ساز و کار تنظیم اسمزی در گیاه کلزا مخرج کسربیشتر کاهش یافته و کارایی مصرف آب تا حدودی افزایش می-یابد. کیمبر و گریگور (۱۹۹۵) گزارش نمودند که با توجه به

www.SID.ir

Archive of SID

اثر همپوشانی بین دو شاخص تعداد غلاف و تعداد دانه در غلاف کلزا، کاهش شمار غلاف به دنبال اعمال تنش تا حدودی به وسیله افزایش تعداد دانه در غلاف جبران می-شود، بنابراین به نظر می‌رشد، تنش های خفیف آبی تاثیر چندانی بر مقدار کارایی مصرف آب ندارد.

هم اکنون در ایران بر اساس طبقه‌بندیهای کیفی آب، حجم عظیمی از آبهای زیرزمینی و همچنین کشتزارهای آبیانه جزء آبهای نامطلوب برای آبیاری محسوب گشته و در هیچ کدام از برنامه ریزیهای آبیاری به عنوان یک منبع آب، لحاظ نمی‌گردد، ولی همان طور که اشاره شد، توان آبی کشور، بیانگر محدودیت شدید منابع آبی است، از طرف دیگر افزایش تولید نیز عمدتا در گرو توسعه‌ی کشتزارهای آبیانه می‌باشد، در نتیجه بایستی آب با کیفیت پایین را به عنوان یک منبع آب آبیاری به شمار آورده و در برنامه‌های آینده‌ی توسعه‌ی کشتزارهای آبیانه را اعمال روشهای مدیریتی صحیح جهت تداوم پایداری کشاورزی و نیل به عملکرد معقول، مورد توجه جدی قرار داد. تجارب بسیاری در سرتاسر دنیا برای استفاده از این نوع آبها در شرایط متفاوت وجود دارد (کیانی و کوچک زاده، ۱۳۸۰). طبق آمار ارائه شده به وسیله امور بررسی منابع آب استان خراسان رضوی، مبه وسیله افت سالانه‌ی سطح آب زیرزمینی در دشت مشهد- چناران طی ده سال اخیر ۰/۶ متر بوده است، که این مطلب بیانگر کمبود و کاهش تدریجی منابع آب زیرزمینی دشت مزبور می‌باشد. از طرفی، مطالعات نشان می‌دهند که با افت سطح آب زیرزمینی در منطقه، کیفیت آب برداشتی نیز کاهش پیدا کرده و شورتر شده است. حال با توجه به آنچه گفته شد، و نظر به این که کمبود آب و کاهش کیفی منابع آب در استان خراسان رضوی، از عوامل اصلی کاهش تولید می‌باشند، کاربرد روش کم آبیاری و استفاده از آبهای لب شور و شور دو راهبرد مدیریتی جهت تعدیل وضعیت خشکسالی و بحران آب قلمداد شده و از اولویت خاصی برخوردار می‌باشد.

از آن جا که معمولا در مناطق خشک و نیمه‌خشک، برای نیل به تولید با صرفه، آبیاری نقش اساسی را ایفا می-کند، واکنش گیاه نسبت به آب عامل بسیار مهمی در ارزیابی عملیات آبیاری، شناسایی می‌باشد، اما چون اغلب آبهای آبیاری منطقه دارای نمکهای محلول هستند، شوری نیز باید همزمان مورد بررسی قرار گیرد. از آن جا که در بررسی منابع مشخص شد که تاکنون تحقیقی در خصوص اثرات همزمان شوری و کم آبیاری در مورد کلزا صورت نگرفته است، لذا ارزیابی پاسخ کلزا در شرایط همزمان شوری و کم آبی در منطقه‌ی مشهد، با توجه به کمبود منابع آبی و شور بودن این آبها می‌تواند راهگشای مشکلات پیش روی کشاورزی در دشت مزبور باشد.

مواد و روش ها

محل اجرای طرح

این تحقیق در مزرعه‌ای که در فاصله ۲۵ کیلومتری از مرکز شهر مشهد، و در فاصله‌ی ۳ کیلومتری از آرامگاه فردوسی در مختصات جغرافیایی ۴۳ ۲۷ ۳۶۰ شمالی و ۵۸ ۲۷ ۵۹۰ شرقی و با ارتفاع ۱۰۴۴ متر از سطح دریا، در دو سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ و ۹۲-۱۳۹۲ اجرا گردید. برای انجام این پژوهش زمینی به مساحت ۱۰۰۰متر مربع، که طی ۲ سال قبلی به صورت آیش بوده است انتخاب گردید.

مشخصات آب و هوایی منطقه

شهر مشهد در مرکز استان خراسان رضوی واقع بوده است و از نظر اقلیمی براساس روش دمارتن نیمه خشک، براساس روش آمبرژه نیمه خشک معتدل، و براساس روش کوپن آب و هوای مدیترانه ای را دارد. آزمایشهای مزرعه ای این تحقیق طی دو سال (۹۱-۹۰ و ۹۲-۹۱) از اسفند آغاز و تا تیر ادامه داشتند. آمار هواشناسی که در این محدوده‌ی زمانی (تهیه شده از ایستگاه سینوپتیک مشهد) در جدول(۱) ارئه شده اند نشان می دهند که اندازه‌ی بارندگی بارندگی طی این دوره ۲۰۶/۴ میلی متر بوده، که بیشترین آن در فروردین به مقدار ۵۴ میلی‌متر، وکمترین آن در تیر به مقدار۹/۹ میلی‌متر بوده است. میانگین دمای ماهانه طی این دوره ۱۰ درجه سانتی گراد بوده که در اردیبهشت با متوسط ۲۰ درجه‌ی سانتی گراد، گرمترین و دی با متوسط ۳ خنکترین ماهها طی دوره رشد می باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱: مقادیر دما، بارندگی، سرعت باد و تبخیراز تشت ردیف A طی ماههای فصل زراعی سالهای ۹۰-۹۱ و ۹۱-۹۲

	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر
درجه حرارت حداقل	-۲/۴	-۱/۷	۲/۷	۱۱/۵	۱۴/۵	۱۸/۹
درجه حرارت بیشتری	۸/۳	۸/۲	۱۵/۴	۲۴/۳	۲۸/۳	۳۷/۴
درجه حرارت(دیوپوینت)(C0)	-۳/۵	-۴/۹	-۱/۳	۵/۶	۶/۹	۳/۹
میزان بارندگی	۴۳/۳	۳۶	۵۴/۶	۴۴/۱	۱۸/۵	۹/۹
تبخیر از تشت	۲۰	۰	۴۰/۷	۱۵۳/۷	۲۱۴/۶	۳۱۹/۶
سرعت باد (m/s)	۱/۹	۳/۶	۳/۶	۲/۷	۳/۴	۳/۹

ویژگیهای خاک محل آزمایش

به منظور تعیین ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از مراحل آماده سازی زمین، در بهمن ماه سال زراعی ۹۰-۹۱ ابتدا زمین مورد نظر انتخاب و قبل از کاشت نمونه‌های مرکبی از ۵ نقطه محدوده‌ی کشت و چهار عمق ۰-۲۵، ۲۵-۵۰، ۵۰-۷۵ و ۷۵-۱۰۰ سانتی‌متری خاک برداشت شدند. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و بعد از خشک کردن، خرد کردن و عبور از الک ۲ میلی‌متری، توزیع اندازه ذرات با استفاده از روش هیدرومتری اندازه‌گیری شد. تعیین هدایت الکتریکی (EC) با استفاده از دستگاه هدایت سنج مدل یوتک PCS35 (کمپانی Eutech) و اندازه گیری (PH) در گل اشباع با کاربرد pH متر مدل یوتک PCS35 (کمپانی Eutech) انجام شد. توان قابل جذب با استفاده از دستگاه فیلم فتومتر، فسفر قابل جذب با استفاده از روش اولسن با اسپکتروفتومتر و درصد کربن آلی از طریق تعیین نیتروژن کل به روش کجلدال اندازه‌گیری شدند. برای تعیین جرم مخصوص ظاهری و جرم مخصوص حقیقی هر لایه خاک نیز نمونه‌های دست نخورده با استفاده از استوانه‌های نمونه‌برداری تهیه شدند و به ترتیب به وسیله روش کلوخه‌ی پارافینی و قانون ارشمیدس تعیین گردیدند.

ویژگیهای شیمیایی خاک قطعه مورد آزمایش در جدول ۲ نشان داده شده اند. نیاز کودی برای گیاه بر اساس نتایج به دست آمده از آزمایش خاک قطعه مورد آزمایش کلزا در نظر گرفته شد. بر این اساس، برای رشد بهتر گیاه کلزا کودهای اوره (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، در سه نوبت: ۱۰۰ کیلو در زمان کاشت به خاک، ۵۰ کیلو در زمان اوایل ساقه دهی و ۵۰ کیلو در زمان گل دهی به صورت سرک) و سوپرفسفات تریپل (۱۷۰ کیلوگرم در هکتار در زمان کاشت) و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد (در زمان کاشت) به گیاه داده شد. از نظر شوری، هدایت الکتریکی لایه‌های سطحی تا لایه نهایی خاک محل آزمایش به ترتیب برابر با ۲/۴۳، ۳/۳۲، ۳/۲۳ و ۲/۶۱ دسی زیمنس بر متر بود و با توجه به این که گیاه کلزا گیاهی نسبتا مقاوم به شوری (با آستانه‌ی شوری ۱۰ و ۱۱ دسی زیمنس بر متر می‌باشد (مساس و هافمن، ۱۹۷۷؛ و فرانسیس، ۱۹۹۶)، لذا محدودیتی را برای رشد کلزا ایجاد نمی‌کند. خاک مورد نظر از لحاظ اسیدیته در تمام اعماق دارای pH خنثی می‌باشد.

جدول ۲: ویژگیهای شیمیایی خاک زمین مورد کشت

عمق	C	EC	K	P	Cl	Mg	Ca	Na
سانتی متر	٪	ds/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
۰-۲۵	۰/۶۲۴	۲/۴۳	۴۴۴/۱	۳۸/۶	۴/۸	۴/۸	۱۰/۴	۹/۱۲
۲۵-۵۰	۰/۴۲۹	۳/۳۲	۱۶۳/۸	۴۹/۲	۷/۲	۷/۷۸	۱۸	۱۲/۷۹
۵۰-۷۵	۰/۴۲۹	۳/۲۳	۱۵۶/۹	۴۰/۸	۷/۲	۷/۶۷	۱۷/۲	۱۳/۲۶
۷۵-۱۰۰	۰/۳۱۲	۲/۶۱	۳۴۶/۸	۲۷/۳	۴/۸	۷/۸	۱۱/۲	۱۲/۴۱

ویژگیهای فیزیکی خاک قطعه مورد آزمایش در جدول ۳ به تفکیک عمق نشان داده شده اند. بررسی خاک مزرعه نشان داد که این خاک در عمق ۰ الی ۵۰ سانتی متر دارای بافت متوسط شنی و در اعماق ۵۰ الی ۷۵ و ۷۵ الی ۱۰۰ سانتی متری به ترتیب دارای بافت متوسط رسی و لوم می-باشد. اعماق ۰ الی ۲۵، ۲۵ الی ۵۰، ۵۰ الی ۷۵ و ۷۵ الی ۱۰۰ سانتی متر به ترتیب دارای چگالی ظاهری ۱/۶۴، ۱/۷۸، ۱/۷۲ و ۱/۶۹ گرم بر سانتی متر مکعب می باشد. بر

www.SID.ir

Archive of SID

اساس نتایج به دست آمده عمق ۲۵ الی ۵۰ سانتی متر دارای بیشترین ظرفیت رطوبتی در ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی است.

جدول ۳: چگالی ظاهری و حقیقی و درصد رطوبت نمونه های خاک مزرعه مورد آزمایش

عمق	۲۵-۰	۵۰-۲۵	۷۵-۵۰	۱۰۰-۷۵
چگالی ظاهری g/cm^2	۱/۶۴	۱/۷۸	۱/۷۲	۱/۶۹
چگالی حقیقی	۲/۸۵	۲/۳۳	۲/۳۸	۲/۵
ظرفیت زراعی (درصد)	۲۱	۲۹	۱۲	۲۸
نقطه‌ی پژمردگی	۱۲	۲۱	۸	۱۹
بافت خاک	شنی متوسط	شنی متوسط	رسی متوسط	متوسط

ویژگیهای آب آبیاری

ویژگیهای کیفی آب مورد استفاده در جدول ۴ نشان داده شده اند. اعداد هدایت الکتریکی (EC) در جدول ۴ نشان می‌دهند که تیمار کیفی اول (با توجه به نمودار ویل کاکس) از نظر شوری در ردیف C_1، تیمار دوم در ردیف C_4 و دو تیمار دیگر خارج از ردیف‌های شوری نمودار ویل کاکس می‌باشد؛ یا به عبارتی می‌توان گفت که کیفیت آب چهار تیمار مورد استفاده در چهار ردیف مختلف شوری قرار گرفته است، لذا برای انجام پژوهش مناسب می‌باشند. مقادیر pH آب در تیمارهای مورد استفاده در جدول ۴ نشان داده شده اند البته اسیدیته یا pH آب آبیاری نمی-تواند به عنوان معیار کیفی مورد استفاده قرار گیرد، زیرا خاک متعادل کننده‌ی pH است. علاوه بر آن،گیاهان زراعی قادرند طیف وسیعی از pH را تحمل کنند. اسیدیته آب معمولی آبیاری در محدوده‌ی ۶ تا ۸/۵ متغیر است (علیزاده، ۱۳۸۳) و چون pH های مشاهده شده در جدول ۴ در این محدوده قرار دارند لذا استفاده از این آبها از این نظر مشکلی را ایجاد نمی‌کند.

همان طور که در جدول ۴ نیز مشاهده می‌گردد، مقادیر نسبت جذبی سدیم (SAR[1]) برای چهار تیمار مورد استفاده نزدیک به هم می‌باشند، به طوری که در سه ردیف S_1، S_2 و S_3 قرار می‌گیرند. البته اگر در نمودار ویل کاکس دقت کنیم ملاحظه می‌شود که خطوط این نمودار برای طبقه بندی آب مورب و رو به پایین است و این نشان می-دهد که در شوریهای زیادتر تاثیر منفی سدیم بر کیفیت آب زیاد نبوده، و به عبارتی دیگر اثر سدیم بیشتر در شوریهای کم مشهود است (علیزاده، ۱۳۸۱) و چون ما در این پژوهش از آبهای نسبتا شور استفاده می‌کنیم، لذا استفاده از این آبها با SAR های مختلف مشکلی را بوجود نمی‌آورد. محدوده‌ی تغییرات کلر در تیمارهای کیفی آب مورد استفاده از ۱/۲ تا ۶۳ متغیر بوده است و با توجه به این که اکثر گیاهان زراعی نسبت به یون کلر حساس نمی-باشند (حق نیا، ۱۳۶۸) لذا در استفاده از این آبها از نظر یون کلر نیز مشکلی ایجاد نمی‌گردد.

[1]- sodium adsorption ratio

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴: تجزیه شیمیایی تیمارهای آب مورد استفاده

EC	pH	SAR	کاتیون ها (meq/L)			آنیون ها (meq/L)			
			Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	CO_3^-	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^-
۰/۵	۷/۷۳	۱/۴	۱/۷	۲/۰	۰/۸	۰/۰۵	۰	۲/۸	۱/۲	۰/۵
۵	۷/۸۰	۸/۱	۲۵/۴	۱۴/۳	۵/۰	۰/۴	۰/۲	۸/۳	۲۵/۶	۱۱/۰
۸	۷/۷۷	۱۰/۴۸	۴۶/۷	۲۷/۶	۱۲/۱	۰/۶۴	۰/۲	۱۱/۵	۴۸/۴	۲۷/۰
۱۱	۷/۷۴	۱۰/۴۵	۵۵/۲	۳۶/۳	۱۹/۴	۰/۹	۰/۳	۱۵/۳	۶۳	۳۳/۰

ارقام مورد کشت

گیاهان مورد آزمایش و کشت با آب شور، شامل دو رقم دو رگ کلزا (هایولا ۴۰۱ (T_1) و آر جی اس ۰۰۳ (T_2)) می‌باشد. رقمهای انتخاب شده برای کشت، در تحقیقات قبلی دارای عملکرد مناسبی در منطقه مشهد بوده‌اند. همچنین، بر اساس تحقیقات صورت گرفته در مشهد زمان مناسب برای کاشت بهاره کلزا اول لغایت ۱۰ اسفند می‌باشد، لذا در همین بازه زمانی اقدام به کشت کلزا گردید.

سطوح شوری آب آبیاری

هدف بررسی حاضر ارائه‌ی راهکار عملی برای استفاده بهینه از آب شور و کم آبیاری می‌باشد، که با توجه به اعمال شوریهای بالا در این تحقیق، و هزینه‌های زیاد حمل آب شور به محل آزمایش برای تامین شوریهای متفاوت، از مخلوط کردن درصدهای مختلف سنگ نمک با آب چاهی با شوری (۰/۵ دسی زیمنس بر متر) استفاده شد. بر این اساس عاملهای کیفیت آبیاری شامل عامل اول آبیاری با آب شیرین (شوری ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر) S_1، عامل دوم آبیاری با آب با شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر S_2، عامل سوم آبیاری با آب با شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر S_3 و عامل چهارم شامل آبیاری با آب با شوری ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر S_4 می‌باشد.

سطوح مختلف آبیاری

برای اعمال عاملهای کمی آب از شاخص رطوبت خاک و یا توان ماتریک خاک به دلیل دقیقتر بودن این روش نسبت به شاخص تبخیر و شاخص گیاهی (علیزاده، ۱۳۸۳) استفاده شد، بدین ترتیب که با قرار دادن بلوک گچی در تیمار آبیاری کامل و شوری ۰/۵ دسی زیمنس بر متر در عمق توسعه ریشه گیاه در روزهای قبل از آبیاری اقدام به اندازه‌گیری درصد رطوبت خاک کرده و زمانی که میانگین وزنی رطوبت حجمی خاک به حد تخلیه مجاز برای کلزا (۰/۵) (قدمی، ۱۳۸۹) رسید با معیار تامین نیاز آبی گیاه به میزان ۱۰۰ درصد اقدام به آبیاری بعدی شد. بنابراین برای اعمال افزایش حجمهای مختلف آب، بر اساس کمبود رطوبت خاک و با معیار قرار دادن تیمار بدون تنش آبی و اعمال ضرایب هر تیمار از رابطه زیر استفاده گردید:

$$SMD = (W_{fc} - W_i) A_s . D . C \quad (۱)$$

در رابطه‌ی فوق SMD کمبود رطوبت خاک میلی‌متر، W_{fc} و W_i به ترتیب درصد وزنی رطوبت در ظرفیت زراعی و موجود در خاک، A_s وزن مخصوص ظاهری خاک (cm^3/g)، D عمق توسعه ریشه (mm) و C ضرایب مربوط به هر تیمار بر حسب اعشار که در این تحقیق تیمارهای عمق آب آبیاری معادل ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد لحاظ شد. مقدار مصرف آب به وسیله گیاه از طریق اندازه‌گیری تراز آب بر اساس رابطه زیر محاسبه گردید:

$$I + P = (ET + D_d + R_o) \pm \Delta S \quad (۲)$$

که در آن : I و P به‌ترتیب عمق آب آبیاری و بارندگی(میلی‌متر)، ET، D_d، R_0 به‌ترتیب تبخیر-تعرق گیاه، عمق آب زهکشی و عمق رواناب (میلی‌متر) و S تغییرات ذخیره رطوبت خاک (میلی‌متر) می‌باشند. چون انتهای کرتها بسته‌اند، بنابراین رواناب سطحی نداریم. مقدار آب زهکشی شده با این فرض که مقدار رطوبت بیشتر از ظرفیت زراعی زهکشی می‌شود، با اندازه‌گیری رطوبت تا عمق ۱ متری خاک به دست می‌آید. به دلیل عمیق بودن سفره‌ی آب زیرزمینی از سهم آب زیرزمینی صرف نظر شد. تغییرات رطوبت خاک از تفاوت رطوبت در ابتدا و انتهای فصل در نیمرخ خاک محاسبه گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

عامل اول (I_1): عمق آب آبیاری کاربردی به منظور تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گیاه بعد از جوانه زنی، عامل اول (I_2): عمق آب آبیاری کاربردی به منظور تامین ۱۲۵ درصد نیاز آبیاری گیاه بعد از جوانه زنی، عامل اول (I_3): عمق آب آبیاری کاربردی به منظور تامین فقط ۷۵ درصد نیاز آبیاری گیاه بعد از جوانه زنی و عامل اول (I_4): عمق آب آبیاری کاربردی به منظور تامین فقط ۵۰ درصد نیاز آبیاری گیاه بعد از جوانه زنی می‌باشند. عامل چهارگانه مقدار آب آبیاری کاربردی از این پس در متن یا محاسبها به ترتیب با علامتهای اختصاری I_1، I_2، I_3 و I_4 نشان داده می‌شوند.

طرح آزمایش مورد استفاده

طرح آزمایشی مورد نظر به صورت کرتهای دوبار خرده شده در قالب بلوکهای کامل تصادفی بود که در آن چهار عامل مقدار شوری آب آبیاری (در چهار سطح) به عنوان کرتهای اصلی، چهار سطح آبیاری به عنوان عامل فرعی و دو رقم کلزا به عنوان عامل فرعی-فرعی بودند که در سه تکرار اجرا گردید. بر این اساس آزمایشها در کرتهایی با مساحت ۲ در ۲ متر انجام گرفت. برای تداخل نداشتن اثر آبیاری فاصله بین کرتهای اصلی برابر ۲ متر منظور گردید. ضمن این که بین هر بلوک نیز ۲ متر فاصله قرار داده شد. لذا با توجه به تعداد تکرارها (۳ تکرار) و تعداد تیمارها (۴ تیمار شوری آب، ۴ تیمار کم آبیاری و ۲ رقم کلزا) زمینی به مساحت ۱۰۰۰ متر مربع مورد نیاز است.

عملیات کاشت، داشت و برداشت

در تاریخ ۵ اسفند سال ۱۳۹۰ سال اول و ۱۳۹۱ در سال دوم اقدام به کشت کلزا شد. تهیه بستر مناسب بذر یکی از شرایط اصلی در موفقیت زراعت کلزا در تمام مناطق می‌باشد. برای تامین شرایط فوق عملیات خاک ورزی شامل شخم عمیق، جنبش بشقابی و ماله انجام گردید. بعد از شخم عمیق برای از بین بردن کلوخهای خاک دوباره جنبش بشقابی عمود بر هم زده شد. کاشتن بذر روی ردیفهایی با فاصله ۳۰ سانتی‌متر و تراکم ۸۰ بوته در مترمربع به صورت دستی انجام شد. مساحت هر کرت ۴ متر مربع و شامل ۶ خط کاشت ۲ متری بود. طی فصل رشد، به موازات اعمال تیمارهای کم آبی و شوری، کنترلهای مربوط به بیماریها و آفات و مبارزه با علفهای هرز صورت گرفت. علفهای هرز زمین مربوط به دوره‌ی رشد عبارت بودند از سلمه تره، هفت بند، و علف شور که در چندین نوبت به وسیله کارگر وجین شدند. هر دو رقم کلزا در طی دوره رشد و در یک نوبت مورد حمله‌ی افت شته کلزا قرار گرفتند که با مبارزه شیمیایی متا سیستوکس با غلظت ۱ در هزار بلافاصله از بین رفتند. جهت تجهیز سامانه‌ی آبیاری به گونه‌ای که بتوان سطوح مختلف شوری آب آبیاری را در کرتهای آزمایشی اعمال کرد، ابتدا سه منبع فلزی هر یک با حجم ۶۰۰۰ لیتر در نزدیکی محل آزمایش قرار داده شد، بطوری که بتوان آب را با شوری ۰/۵ دسی زیمنس بر متر مورد نظر از چاه بالا دست مزرعه به داخل هر یک از منابع آب نموده، سپس از طریق خطوط لوله آب به ابتدای قطعه زراعی مورد آزمایش انتقال داده و میزان آب مورد نیاز هر کرت را از طریق آب شمار حجمی دقیق با دقت ۰/۱ لیتر به کرت منتقل کرد. اولین آبیاری (به میزان ۳۰ لیتر در هر متر مربع) بلافاصله پس از کاشتن بذرها در تاریخ ۸ اسفند ماه با آب شیرین بطور یکنواخت برای کلیه کرتهای آزمایشی انجام گرفت از آن جا که عامل آبیاری جزو تیمارهای آزمایشی بود، از ابتدا تا انتهای کرت بطور یکنواخت آبیاری گردید.

ارزیابی تاثیر اعمال تیمارهای شوری و کم آبیاری بر کارایی مصرف آب ارقام کلزا

به منظور تعیین عملکرد دانه از هر کرت آزمایشی ۱۰ بوته بطور تصادفی انتخاب و این صفت در آنها اندازه‌گیری می شد. برای برداشتن نهایی با احتساب دو نوار کناری و ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای نوار برای اثر حاشیه از سایر نوارها محصول قطع شد و بعد از کاهش رطوبت به حدود ۱۲ درصد و بعد از خرمن کوبی عملکرد دانه به دست آمد.

محاسبات آماری و نرم افزار مورد استفاده

برای محاسبات آماری و رسم شکلها و توابع از نرم‌افزار EXCEL ، و جهت رسم نمودارهای سه‌بعدی و منحنیهای سطح (به عنوان مثال منحنیهای هم محصول) از نرم‌افزار

www.SID.ir

Archive of SID

SURFER استفاده شد.

تعیین کارایی مصرف آب

کارایی مصرف آب عبارت است از مقدار ماده‌ی خشک تولید شده به ازاء هر واحد آب مصرفی به وسیله‌ی گیاه که با استفاده از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$WUE = \frac{D}{W} \quad (۳)$$

که در آن WUE کارایی مصرف آب، D جرم ماده‌ی خشک تولید شده (کیلوگرم) و W جرم آب مصرف شده به وسیله گیاه (متر مکعب) می‌باشد (علیزاده، ۱۳۸۳).

تاثیر تغییرات کمی و کیفی آب آبیاری بر شاخص اقتصادی کارایی مصرف آب

شاخص اقتصادی کارایی مصرف آب جهت مقایسه کارایی مصرف آب در ارقام مختلف گیاه و یا گیاهان مختلف به کار رفته و بیانگر آن است که به ازاء مصرف واحد حجم آب، چه میزان درآمد خالص حاصل شده است و از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$EWUE = WUE.P_y \quad (۴)$$

نتایج و بحث

کمیت و کیفیت آب آبیاری

طی دوره‌ی رشد کلزا شمار دفعات آبیاری (۱۵ نوبت) برای همه‌ی تیمارها یکسان بود. با توجه به تیمارهای مختلف آبیاری، حجم آب مصرف شده بین تیمارها اختلاف چشمگیری داشت، بطوری که در سال اول در تیمارهای I_1، I_2، I_3 و I_4 به ترتیب ۴۰۲۹، ۵۰۳۶، ۳۰۲۲ و ۲۰۱۵ متر مکعب در هکتار بود. مقدار آبیاری در سال دوم نیز با توجه به متفاوت بودن مقدار بارندگی ها در دو سال در تیمارهای I_1، I_2، I_3 و I_4 به ترتیب برابر با ۳۸۴۹، ۴۸۱۱، ۲۸۸۷ و ۱۹۲۵ متر مکعب در هکتار بوده است.

کارایی مصرف آب

کارایی مصرف آب (WUE) یکی از عاملهای مهم مدیریتی می‌باشد که بیانگر شاخص بهره‌وری میزان آب مصرف شده بوده و در اتخاذ تصمیمات مدیریتی زراعی یا اصلاح آن بسیار موثر و راهگشا خواهد بود. خصوصا این که در وضعیت موجود بحران آب نه یک بحران منطقه‌ای بلکه بحرانی بین المللی بوده و از اهمیت آب در کشاورزی تا آن جا ارتقا پیدا کرده است که در ارزیابی طرح‌های آبیاری میزان برداشت از واحد سطح و تلاش در جهت افزایش یا بهبود آن کمتر از قبل مورد توجه قرار می‌گیرد. شاخصی که اهمیت فراوانی در این گونه ارزیابی‌ها دارد میزان محصول برداشت شده به ازای یک واحد مصرف آب است. بازده‌ی بهره‌وری به صورت میزان عملکرد اقتصادی حاصل از مصرف یک واحد آب تعریف می‌گردد. واحد آب می تواند عمق یا آب مصرف شده در نظر گرفته شود و در همین راستا است که مفهوم کم آبیاری موضوعیت پیدا کرده، و در سالهای اخیر موضوع بسیاری از تحقیقات بخش فنی مهندسی را در بخش کشاورزی به خود اختصاص داده است. مقادیر کارایی مصرف آب برای هر دو رقم کلزا در سال اول به تفکیک تیمارهای اعمال شده در جدول ۵ (جدول ۶ برای سال دوم) نشان داده شده است.

بطوری که در جدول(۵) ملاحظه می‌شود در کلیه‌ی سطوح تیمارهای مختلف، کارایی مصرف آب برای رقم هایولا، بیشتر از رقم آرجی اس می‌باشد که این نتیجه نشان می‌دهد که در شرایط محدودیت آب و شوری آب آبیاری با اعمال مدیریت در آبیاری ارقام کلزا، رقم هایولا با توجه به WUE بیشتر برای کشت در منطقه مورد مطالعه از اولویت بالاتری برخوردار است. چنانچه در جدول (۵) ملاحظه می-شود بطور کلی افزایش شوری برای هر دو رقم کلزا باعث کاهش نسبی کارایی مصرف آب شده است. به عنوان نمونه میزان کارایی مصرف آب برای رقم هایولا در تیمار تنش آبی و تنش شوری (S_4I_4 با میانگین ۲/۱۷) ۶۱/۹ درصد کمتر از میزان کارایی مصرف آب در تیمار بدون تنش (S_1I_1 با میانگین۵/۳۵) می‌باشد که این روند کاهشی کارایی مصرف آب بر اثر افزایش شوری، برای سایر تیمارها نیز صادق است. بطوری که در رقم آرجی اس کارایی مصرف آب در تیمار S_4I_4 نسبت به تیمار S_1I_1 با کاهش ۵۴/۶ درصدی روبرو گردید. گفتنی است که بر اساس نتایج به دست آمده، افزایش سطح شوری از S_1 به S_2 تاثیر چندانی بر کارایی مصرف آب ندارد. به عنوان نمونه، در خصوص رقم

www.SID.ir

Archive of SID

آرجی اس، اختلاف کارایی مصرف آب در تیمار بدون تنش آبی و شوری و با سطح شوری S_1 (S_1I_1) با میانگین ۳/۹۹) نسبت به همین تیمار و با سطح شوری S_2(S_2I_1) با میانگین ۳/۴۹) تنها ۱۲/۵ درصد بوده است. این مقدار برای رقم هایولا برابر ۱۸/۳ درصد است.

بنابراین، ملاحظه می‌شود که می توان از آبهای زیر زمینی شور منطقه به نحو مطلوبی برای اراضی استفاده مفید برده و مقدار آب شور صرفه جویی شده را در مناطق دیگری به کار برد، البته، جامعیت و فراگیری آن مختص شرایط مشابه‌ی اقلیمی منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در چنین شرایطی، آبهایی با شوری بالاتر از مقادیر توصیه شده‌ی محافل علمی امکان پذیر می‌باشد. که در این رابطه وانگ و همکاران (۲۰۰۷) در استفاده از آب شور در شرایط کم آبی برای گندم زمستانه در چین به این نکته اشاره نمودند. البته این نکته حایز اهمیت است که استفاده از آب شور در دراز مدت برای خاک مسائل و مشکلاتی را ایجاد می‌کند. بطور کلی اثر تنش آبی بر روند تغییرات کارایی مصرف آب در کلیه تیمارها بدین صورت است که برای تیمار با حداکثر تنش آبی (I_4 یعنی تامین ۵۰ درصد نیاز آبی) مقدار بازده مصرف آب حداقل بوده اما در تیمار I_1 (تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) مقدار آن در کلیه تیمارها به حداکثر رسیده و در تیمار I_3(تامین ۷۵ درصد نیاز آبی) کمی کاهش یافته و این روند کاهشی برای تیمار I_2 (تامین ۱۲۵ درصد نیاز آبی گیاه) با شدت بیشتری نسبت به I_1 اعمال شده است.

به عنوان مثال، در سطح شوری S_1 برای رقم هایولا می توان دید که تیمارهای I_4 (با میانگین ۳/۳۳) I_3 (با میانگین ۴/۸۶) و I_2 (با میانگین ۴/۱۴) نسبت به تیمار I_1 (با میانگین ۵/۳۵) به ترتیب در حد ۳۷/۷۵، ۹، ۲۲/۶ درصد کاهش کارایی مصرف آب را نشان می‌دهند. در همین راستا، مقدار اختلافها برای رقم آرجی اس به ترتیب برابر ۳۱، ۲۶ و ۳۴ درصد است، که این روند برای سایر تیمارهای آبی در سطوح شوری مختلف نیز صادق می باشد: علت اختلاف ۲۲/۶ در رقم هایولا و ۳۴ درصدی در رقم آرجی اس بین تیمارهای I_2 وI_1 احتمالا دلیل وجود آب زهکشی شده در تیمار I_2 است که سبب شده تا مقداری آب به صورت نفوذ عمقی از دسترس گیاه خارج شود و لذا کارایی مصرف آب در تیمار I_2 نسبت به تیمار I_1 کاهش یابد. اویس و همکاران (۲۰۰۰) پاراساد و همکاران (۲۰۰۶) گوانتیوار و اسموت (۲۰۰۵) نیز در تحقیقات خود بر روی گندم، پنبه و ذرت گزارش نمودند که می توان با کاهش آب مصرفی گیاه در شرایط کم آبی تا حدود ۲۰تا ۳۰ درصد، میزان کارایی مصرف آب را به میزان ۱۵ تا ۳۰ درصد افزایش داد. اما علت اختلاف زیاد (۳۷/۷۵ درصدی) در کارایی مصرف آب در تیمار I_4 نسبت به I_1 احتمالا به این دلیل است که تنش در تیمار I_4 بقدری زیاد بوده که گیاه نتوانسته است روند رشد طبیعی خود را طی کند بنابراین کاهش محصول زیادی داشته و چون میزان محصول در صورت کسر (رابطه‌ی کارایی مصرف آب) قرار می گیرد، لذا سبب افت شدید در کارایی مصرف آب در تیمار I_4 نسبت به تیمار I_1 گردیده است. هاتفیلد و همکاران (۲۰۰۱) نیز اعلام کردند که مقادیر عددی کارایی مصرف آب در شرایط تنشهای شدید آبی مورد اعتماد نبوده و با اندازه‌گیریهای عملی سازگاری ندارند. مقادیر کارایی مصرف آب در سال دوم کشت نیز در جدول ۶ آورده شده اند. همان طور که در جدول ۶ نیز مشخص است، روند تغییرات کارایی مصرف آب در سال دوم همانند سال اول بوده اند. همچنین، باید اشاره داشت که مقادیر کارایی مصرف آب در سال دوم در هر دو رقم بالاتر از سال اول بوده اند. دلیل این امر را می‌توان در بارندگی بیشتر سال دوم (هم از لحاظ مقدار کل و هم از لحاظ عمق بارش در هر بارندگی) نسبت به سال اول کشت جستجو کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۵:کارایی مصرف آب در دو رقم کلزا تحت تیمارهای عمق و شوری آب آبیاری سال اول

تیمارها		ضرایب	عمق آبیاری (mm)	بارندگی (mm)	مصرف گیاه (mm)	عملکرد (kg/ha)		کارایی مصرف آب (kg/ha.mm)		کارایی اقتصادی مصرف آب (R.kg/ha.mm)	
						هایولا ۴۰۱	آرجی اس ۰۰۳	هایولا ۴۰۱	آرجی اس ۰۰۳	هایولا ۴۰۱	آرجی اس ۰۰۳
S_1	I_1	۱.۰۰	۴۰۲.۹	۲۰۶	۶۰۸.۹۱	۳۲۵۶.۸۰	۲۴۲۸.۲۷	۵.۳۵	۳.۹۹	۹۰۹۲۶.۰۸	۶۷۷۹۴.۳۹
	I_2	۱.۲۵	۵۰۳.۶	۲۰۶	۷۰۹.۶۳	۲۹۳۷.۷۳	۱۸۶۶.۵۳	۴.۱۴	۲.۶۳	۷۰۳۷۶.۴۰	۴۴۷۱۴.۷۱
	I_3	۰.۷۵	۳۰۲.۲	۲۰۶	۵۰۸.۱۸	۲۴۶۸.۲۷	۱۵۰۰.۶۷	۴.۸۶	۲.۹۵	۸۲۵۷۰.۱۸	۵۰۲۰۱.۳۵
	I_4	۰.۵۰	۲۰۱.۵	۲۰۶	۴۰۷.۴۵	۱۳۵۸.۸۰	۱۱۲۲.۰۰	۳.۳۳	۲.۷۵	۵۶۶۹۲.۶۰	۴۶۸۱۲.۷۰
S_2	I_1	۱.۰۰	۴۰۲.۹	۲۰۶	۶۰۸.۹۱	۲۶۶۲.۲۷	۲۱۲۶.۲۷	۴.۳۷	۳.۴۹	۷۴۳۲۷.۴۰	۵۹۳۶۲.۹۰
	I_2	۱.۲۵	۵۰۳.۶	۲۰۶	۷۰۹.۶۳	۲۵۷۳.۶۰	۱۶۵۱.۷۳	۳.۶۳	۲.۳۳	۶۱۶۵۳.۲۱	۳۹۵۶۸.۹۶
	I_3	۰.۷۵	۳۰۲.۲	۲۰۶	۵۰۸.۱۸	۱۸۰۱.۸۷	۱۲۰۸.۹۳	۳.۵۵	۲.۳۸	۶۰۲۷۷.۳۰	۴۰۴۴۲.۰۸
	I_4	۰.۵۰	۲۰۱.۵	۲۰۶	۴۰۷.۴۵	۱۲۱۳.۷۳	۹۹۰.۱۳	۲.۹۸	۲.۴۳	۵۰۶۴۰.۰۵	۴۱۳۱۰.۸۹
S_3	I_1	۱.۰۰	۴۰۲.۹	۲۰۶	۶۰۸.۹۱	۱۵۸۰.۴۰	۱۳۲۲.۱۳	۲.۶۰	۲.۱۷	۴۴۱۲۲.۹۴	۳۶۹۱۲.۴۳
	I_2	۱.۲۵	۵۰۳.۶	۲۰۶	۷۰۹.۶۳	۲۲۹۱.۳۳	۱۴۴۵.۶۰	۳.۲۳	۲.۰۴	۵۴۸۹۱.۲۳	۳۴۶۳۰.۸۲
	I_3	۰.۷۵	۳۰۲.۲	۲۰۶	۵۰۸.۱۸	۱۳۸۰.۸۰	۹۷۴.۰۰	۲.۷۲	۱.۹۲	۴۶۱۹۱.۴۸	۳۲۵۸۲.۹۳
	I_4	۰.۵۰	۲۰۱.۵	۲۰۶	۴۰۷.۴۵	۹۹۸.۹۳	۸۴۹.۳۳	۲.۴۵	۲.۰۸	۴۱۶۷۸.۰۵	۳۵۴۳۶.۳۵
S_4	I_1	۱.۰۰	۴۰۲.۹	۲۰۶	۶۰۸.۹۱	۱۰۹۴.۱۳	۱۰۵۱.۸۷	۱.۸۰	۱.۷۳	۳۰۵۴۶.۹۳	۲۹۳۶۶.۹۰
	I_2	۱.۲۵	۵۰۳.۶	۲۰۶	۷۰۹.۶۳	۱۱۹۶.۹۳	۱۰۹۹.۷۳	۱.۶۹	۱.۵۵	۲۸۶۷۳.۷۶	۲۶۳۴۵.۲۳
	I_3	۰.۷۵	۳۰۲.۲	۲۰۶	۵۰۸.۱۸	۱۱۱۸.۸۰	۸۵۰.۲۹	۲.۲۰	۱.۶۷	۳۷۴۲۶.۸۸	۲۸۴۴۴.۶۱
	I_4	۰.۵۰	۲۰۱.۵	۲۰۶	۴۰۷.۴۵	۸۸۴.۵۳	۷۳۷.۸۷	۲.۱۷	۱.۸۱	۳۶۹۰۴.۹۹	۳۰۷۸۵.۶۸

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶:کارایی مصرف آب در دو رقم کلزا تحت تیمارهای عمق و شوری آب آبیاری سال دوم

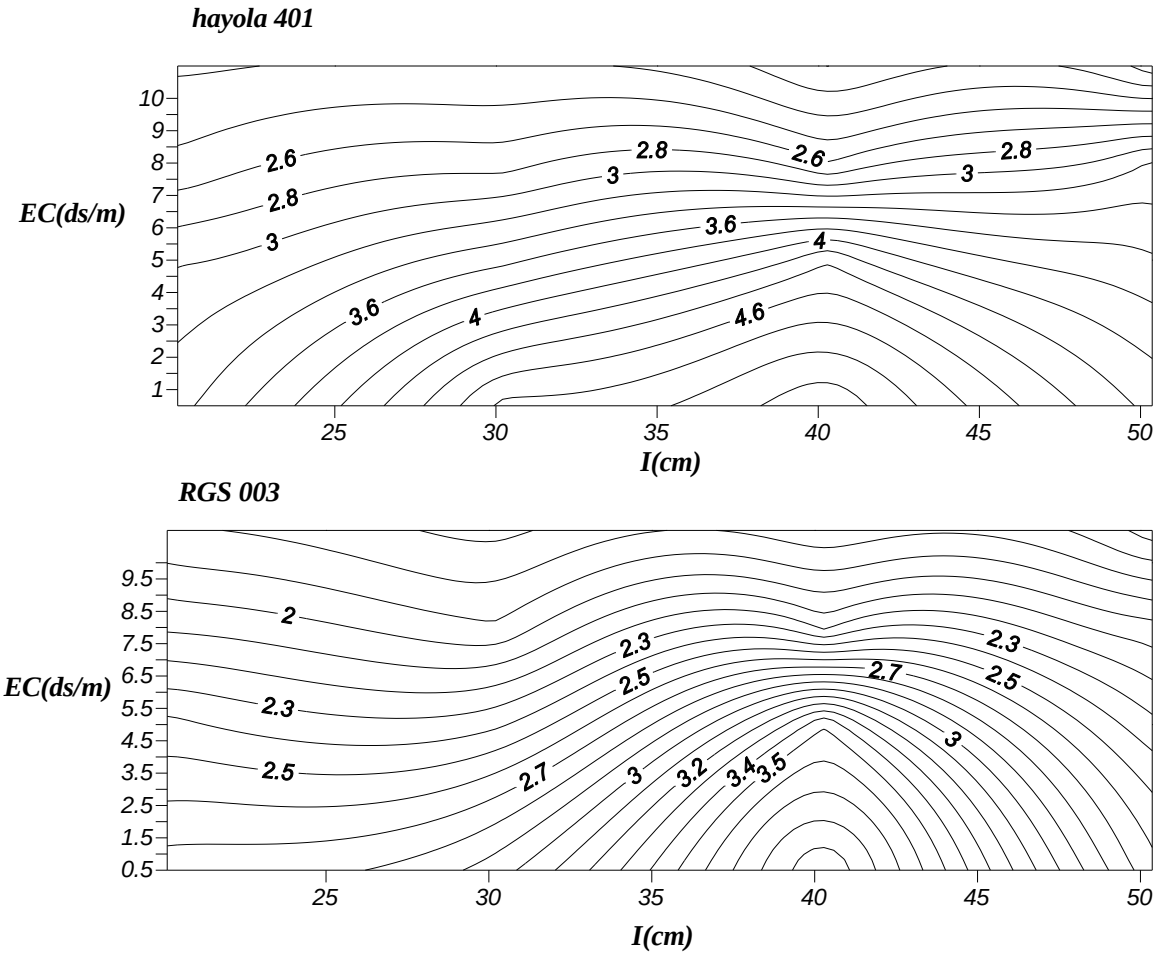
تیمارها		ضرایب	عمق آبیاری (mm)	بارندگی (mm)	مصرف گیاه (mm)	عملکرد (kg/ha)		کارایی مصرف آب (kg/ha.mm)		کارایی اقتصادی مصرف آب (R.kg/ha.mm)	
						هایولا ۴۰۱	آرجی اس ۰۰۳	هایولا ۴۰۱	آرجی اس ۰۰۳	هایولا ۴۰۱	آرجی اس ۰۰۳
S_1	I_1	۱.۰۰	۳۸۴.۹	۲۱۰	۵۹۴.۹۰	۳۲۷۷.۳۳	۲۴۵۸.۶۷	۵.۵۱	۴.۱۳	۹۳۶۷۰	۷۰۲۱۰
	I_2	۱.۲۵	۴۸۱.۱	۲۱۰	۶۹۱.۱۳	۲۹۰۴.۰۰	۱۸۸۵.۳۳	۴.۲۰	۲.۷۳	۷۱۴۰۰	۴۶۴۱۰
	I_3	۰.۷۵	۲۸۸.۷	۲۱۰	۴۹۸.۶۸	۲۴۸۶.۶۷	۱۴۷۴.۶۷	۴.۹۹	۲.۹۶	۸۴۸۳۰	۵۰۳۲۰
	I_4	۰.۵۰	۱۹۲.۵	۲۱۰	۴۰۲.۴۵	۱۳۸۱.۳۳	۱۱۵۶.۰۰	۳.۴۳	۲.۸۷	۵۸۳۱۰	۴۸۷۹۰
S_2	I_1	۱.۰۰	۳۸۴.۹	۲۱۰	۵۹۴.۹۰	۲۶۲۶.۱۶	۲۰۳۵.۴۷	۴.۴۱	۳.۴۲	۷۴۹۷۰	۵۸۱۴۰
	I_2	۱.۲۵	۴۸۱.۱	۲۱۰	۶۹۱.۱۳	۲۵۷۳.۶۰	۱۷۸۰.۱۶	۳.۷۲	۲.۵۸	۶۳۲۴۰	۴۳۸۶۰
	I_3	۰.۷۵	۲۸۸.۷	۲۱۰	۴۹۸.۶۸	۱۷۶۱.۰۷	۱۳۹۴.۶۷	۳.۵۳	۲.۸۰	۶۰۰۱۰	۴۷۶۰۰
	I_4	۰.۵۰	۱۹۲.۵	۲۱۰	۴۰۲.۴۵	۱۲۴۴.۵۳	۱۱۴۶.۱۳	۳.۰۹	۲.۸۵	۵۲۵۳۰	۴۸۴۵۰
S_3	I_1	۱.۰۰	۳۸۴.۹	۲۱۰	۵۹۴.۹۰	۱۵۹۵.۶۰	۱۱۱۲.۰۰	۲.۶۸	۱.۸۷	۴۵۵۶۰	۳۱۷۹۰
	I_2	۱.۲۵	۴۸۱.۱	۲۱۰	۶۹۱.۱۳	۲۰۲۶.۲۹	۱۳۸۶.۱۳	۲.۹۳	۲.۰۱	۴۹۸۱۰	۳۴۱۷۰
	I_3	۰.۷۵	۲۸۸.۷	۲۱۰	۴۹۸.۶۸	۱۳۸۰.۹۶	۱۰۷۳.۲۰	۲.۷۷	۲.۱۵	۴۷۰۹۰	۳۶۵۵۰
	I_4	۰.۵۰	۱۹۲.۵	۲۱۰	۴۰۲.۴۵	۹۹۸.۱۳	۹۳۶.۴۸	۲.۴۸	۲.۳۳	۴۲۱۶۰	۳۹۶۱۰
S_4	I_1	۱.۰۰	۳۸۴.۹	۲۱۰	۵۹۴.۹۰	۱۰۱۳.۰۷	۹۰۱.۷۹	۱.۷۰	۱.۵۲	۲۸۹۰۰	۲۵۸۴۰
	I_2	۱.۲۵	۴۸۱.۱	۲۱۰	۶۹۱.۱۳	۱۰۹۶.۸۰	۱۱۴۰.۲۷	۱.۵۹	۱.۶۵	۲۷۰۳۰	۲۸۰۵۰
	I_3	۰.۷۵	۲۸۸.۷	۲۱۰	۴۹۸.۶۸	۱۰۶۶.۹۳	۸۸۴.۸۰	۲.۱۴	۱.۷۷	۳۶۳۸۰	۳۰۰۹۰
	I_4	۰.۵۰	۱۹۲.۵	۲۱۰	۴۰۲.۴۵	۸۹۰.۶۷	۷۹۱.۷۳	۲.۲۱	۱.۹۷	۳۷۵۷۰	۳۳۴۹۰

www.SID.ir

Archive of SID

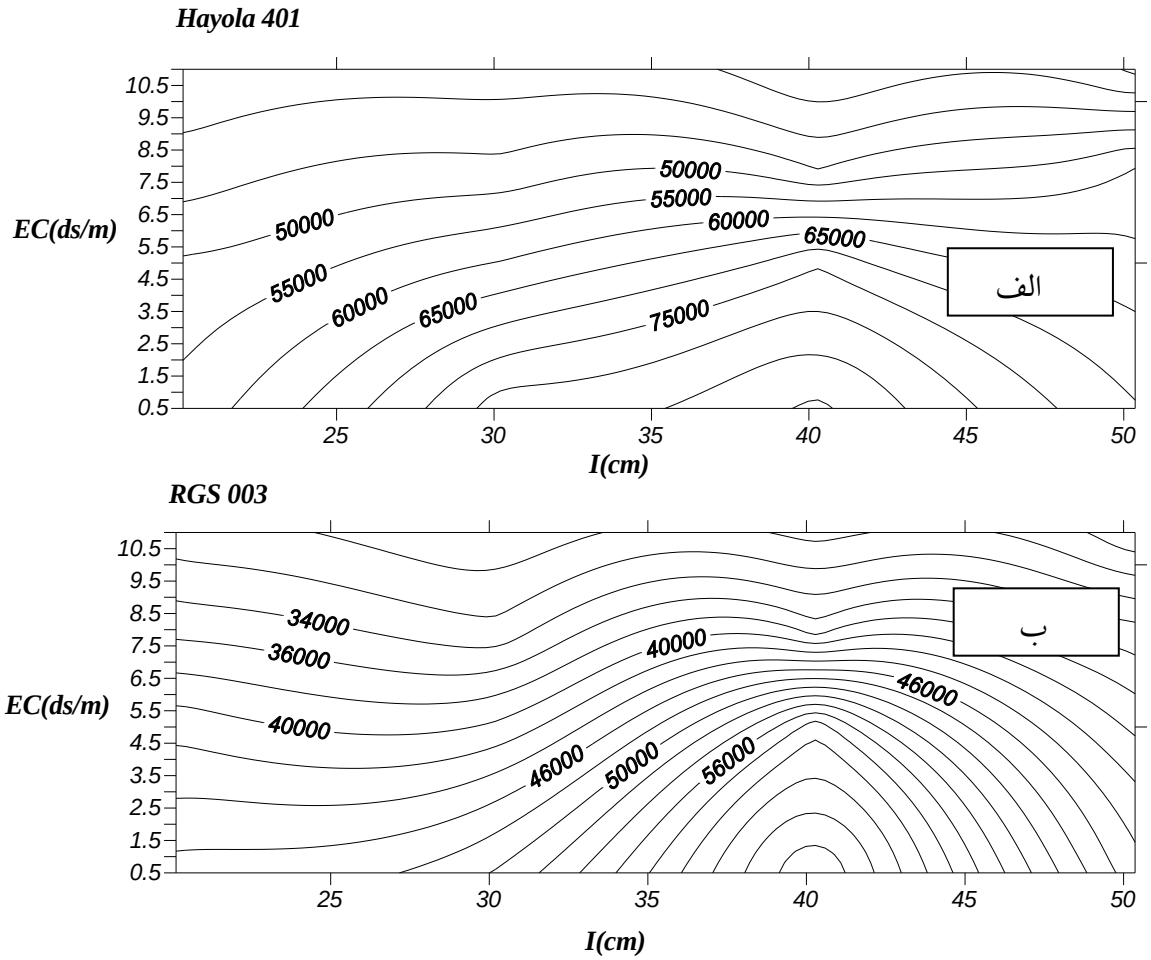
تاثیر تغییرات کمی و کیفی آب آبیاری بر شاخص کارایی مصرف آب (WUE)

تأثیر مقادیر مختلف شوری و عمق آب آبیاری بر شاخص کارایی مصرف آب (WUE) برای دو رقم کلزا مورد بررسی در این تحقیق در شکل ۱ نشان داده شده است. بر اساس نتایج موجود در شکل ۱ روند و محدوده‌ی تغییرات شاخص کارایی مصرف آب برای دو رقم کلزا تا حدی متفاوت بوده و به شکل توابع تولید به دست آمده بستگی دارد، به طوری که در شکل (۱) برای هر دو رقم کلزا ملاحظه می‌گردد با افزایش شوری، کارایی مصرف آب در هر دو رقم کلزا کاهش می‌یابد. با توجه به ارقام شاخص کارایی مصرف آب در روی منحنیها مشخص می‌شود که سطح کلی این شاخص برای رقم هایولا بالاتر از رقم آرجی اس بوده که نشانگر کارایی بالاتر مصرف آب در رقم هایولا نسبت به رقم آرجی اس در شرایط توأم شوری و کم آبی می‌باشد. همان طور که در شکل ۱ نیز مشخص است، بیشترین مقدار کارایی مصرف آب در رقم هایولا در عمق آبیاری ۴۰ سانتی متر و شوری کمتر از ۱ دسی زیمنس بر متر حاصل می‌شود. چنین نتیجه ای نیز در رقم آرجی اس قابل دریافت است.



www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱: الف) منحنی های کارای مصرف آب در تیمارهای مختلف به تفکیک رقم ب) منحنی کارایی اقتصادی مصرف آب در تیمارهای مختلف

در شکل (۱) ملاحظه می‌گردد که در یک سطح شوری ثابت (مثلا ۳ds/m) با افزایش آب مصرفی گیاه (در محور افقی) از حدود ۲۵ تا ۴۰ سانتی متر میزان شاخص WUE با شیب تند افزایش می یابد، به طوری که میزان این شاخص در میزان آب مصرفی ۲۵ سانتی متر حدود (mm^{-1}. ۳/۴($Kg.ha^{-1}$ بوده و این مقدار تا رسیدن به آب مصرفی گیاه به میزان ۴۰ سانتی متر به (۴/۶($Kg.ha^{-1}$ .mm^{-1} افزایش می‌یابد و بیانگر آن است که افزایش کارایی مصرف آب در کم آبیاریها بیشتر است که در این رابطه هاول (۲۰۰۱)، هاتفیلد و همکاران (۲۰۰۱)، اویس و همکاران (۲۰۰۰)، آبات و همکاران (۲۰۰۴)، آنجوس و ون هرواردن (۲۰۰۱) به نتیجه مذکور در خصوص کارایی مصرف آب دست یافته‌اند. گاریتی و سولیوان (۱۹۸۳) اظهار داشتند که بروز تنش آبی با وجودی که صورت کسر WUE، یعنی عملکرد را تحت تاثیر قرار می‌دهد، اما به واسطه‌ی فعالیت ساز و کار تنظیم اسمزی در گیاه کلزا مخرج کسربیشتر کاهش یافته و WUE تا حدودی افزایش می‌یابد. کیمبر و گریگور (۱۹۹۵) گزارش نمودند که با توجه به اثر همپوشانی بین دو شاخص تعداد غلاف و تعداد دانه در غلاف کلزا، کاهش تعداد غلاف به دنبال اعمال تنش تا حدودی بر اثر افزایش شمار دانه در غلاف جبران می‌شود، بنابراین، به نظر می‌رسد که تنشهای خفیف آبی تاثیر چندانی بر مقدار WUE ندارد.

با استفاده از این منحنیها می‌توان بیشتری کارایی مصرف آب را در یک شوری معین به دست آورد، به عنوان مثال، در شکل (۳) ملاحظه می‌گردد که بیشتری کارایی

www.SID.ir

Archive of SID

مصرف آب در سطح شوری ۵ ds/m و با آب مصرفی حدود ۴۵ سانتی متر به ترتیب برای رقم هایولا و آرجی اس معادل۳/۶ و۳، $Kg.ha^{-1}.mm^{-1}$ می‌باشد. با افزایش آب مصرفی از مقدار ۴۰ cm به بعد و در همان سطح شوری ثابت ۵ ds/m روند تغییرات کارایی مصرف آب با شیب ملایمتری کاهشی می‌گردد. همان طور که در شکل ۳ نیز مشخص است رقم هایولا در کم آبیاریها دارای کارایی مصرف آب بالاتری است، به طوری که در سطح شوری ثابت ۵ ds/m و در محدوده آب مصرفی ۲۵ cm مقدار شاخص WUE برابر با ۳/۴ بوده (که نسبت به شوری ۵ دسی زیمنی مربوط به رقم آرجی اس در همین شرایط بطور قابل ملاحظه ای بالاتر است ($(Kg.ha^{-1}.mm^{-1})$ ۲/۴)) و نشان می دهد که کارایی مصرف آب در کم آبیاریها برای رقم هایولا بیشتر از رقم آرجی اس است.

با افزایش میزان مصرف آب در رقم هایولا تا حدود ۴۰ cm مقدار WUE با شیب نسبتا تندی افزایش یافته و به میزان ($Kg.ha^{-1}.mm^{-1}$) ۵/۴ می‌رسد. با افزایش میزان آب مصرفی بیشتر از ۴۰ cm نه تنها مقدار WUE افزایش نمی-یابد، بلکه با شیب ملایمتری شروع به کاهش می‌نماید. البته در شوریهای بالاتر از ۵ دسی زیمنس بر متر شیب کاهشی بسیار ملایم و در شوریهای نزدیک به ۱۱ دسی زیمنس کمی افزایشی است. از طرفی، در بحثهای قبلی مشخص شد که با افزایش شوری آب آبیاری جهت ثابت نگهداشتن عملکرد می‌بایست عمق آبیاری افزایش یابد، اما در این قسمت که افزایش عمق آب آبیاری تا حدی باعث افزایش کارایی مصرف آب می‌گردد، و از آن به بعد از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نخواهد بود. البته در شوریهای خیلی زیاد افزایش آبیاری باعث افزایش جزیی در کارایی مصرف آب می‌شود.که در این خصوص آبات و همکاران (۲۰۰۴) در پژوهشی در مورد گندم و مجد نصیری (۱۳۸۶) در رابطه با گلرنگ به نتایج مشابه دست یافتند.

نتیجه گیری

در کلیه سطوح تیمارهای مختلف، کارایی مصرف آب برای رقم هایولا بیشتر از رقم آرجی اس می‌باشد، که این نتیجه نشان می‌دهد که در شرایط محدودیت آب و شوری آب آبیاری با اعمال مدیریت در آبیاری ارقام کلزا، رقم هایولا با توجه به WUE بیشتر از الویت بالاتری برای کشت در منطقه مورد مطالعه برخوردار است. بطور کلی افزایش شوری برای هر دو رقم کلزا باعث کاهش نسبی کارایی مصرف آب شده است. به عنوان نمونه میزان کارایی مصرف آب برای رقم هایولا در تیمار تنش آبی و تنش شوری (S_4I_4 با میانگین ۲/۱۷) ۶۱/۹ درصد کمتر از میزان کارایی مصرف آب در تیمار بدون تنش (S_1I_1 با میانگین۵/۳۵) می‌باشد که این روند کاهشی کارایی مصرف آب در اثر افزایش شوری، برای سایر تیمارها نیز صادق است، به طوری که در رقم آرجی اس کارایی مصرف آب در تیمار S_4I_4 نسبت به تیمار S_1I_1 با کاهش ۵۴/۶ درصدی روبرو گردید.

بر اساس نتایج به دست آمده، افزایش سطح شوری از S_1 به S_2 تاثیر چندانی بر کارایی مصرف آب ندارد. به عنوان نمونه در خصوص رقم آرجی اس، اختلاف کارایی مصرف آب در تیمار بدون تنش آبی و شوری و با سطح شوری S_1 (S_1I_1 با میانگین ۳/۹۹) نسبت به همین تیمار و با سطح شوری S_2 (S_2I_1 با میانگین ۳/۴۹) تنها ۱۲/۵ درصد بوده است. این مقدار برای رقم هایولا برابر ۱۸/۳ درصد است. بنابراین ملاحظه می‌شود که می توان از آبهای زیر زمینی شور منطقه به نحو مطلوبی برای اراضی استفاده مفید برده و مقدار آب شور صرفه جویی شده را در مناطق دیگر به کار برد. البته جامعیت و فراگیری آن مختص شرایط مشابه اقلیمی منطقه مورد مطالعه می‌باشد. علت اختلاف زیاد (۳۷/۷۵ درصدی) در کارایی مصرف آب در تیمار I_4 نسبت بهI_1 احتمالاض به این دلیل است که تنش در تیمار I_4 بقدری زیاد بوده که گیاه نتوانسته است که روند رشد طبیعی خود را طی کند؛ بنابراین، کاهش محصول زیادی داشته، و چون میزان محصول در صورت کسر (رابطه کارایی مصرف آب) قرار می گیرد، لذا سبب افت شدید در کارایی مصرف آب در تیمار I_4 نسبت به تیمار I_1 گردیده است. با افزایش میزان مصرف آب رقم هایولا تا حدود ۴۰ cm مقدار WUE با شیب نسبتا تندی افزایش یافته و به میزان ($mm^{-1}.Kg.ha^{-1}$) ۵/۴ می‌رسد و با افزایش میزان آب مصرفی بیشتر از ۴۰ cm نه تنها مقدار WUE افزایش نمی‌یابد بلکه با شیب ملایمتری شروع به کاهش می‌نماید. البته در شوریهای بالاتر از ۵ دسی زیمنس بر متر شیب کاهشی

www.SID.ir

Archive of SID

بسیار ملایم و در شوری های نزدیک به ۱۱ دسی زیمنس کمی افزایشی است. از طرفی، در بحثهای قبلی مشخص شد که با افزایش شوری آب آبیاری جهت ثابت نگهداشتن عملکرد می‌بایست عمق آبیاری افزایش یابد اما در این قسمت به این نتیجه رسیدیم که افزایش عمق آب آبیاری تنها تا حدی باعث افزایش کارایی مصرف آب گردیده، و از آن به بعد از نظر توجیه اقتصادی مقرون به صرفه نخواهد بود. البته در شوریهای خیلی زیاد افزایش آبیاری باعث افزایش جزیی در کارایی مصرف آب می‌شود.

Refrence

۱. توکلی، ع. ۱۳۷۹. بررسی نقش کم آبیاری در مدیریت مصرف آب، خلاصه مقالات کارگاه فنی کم آبیاری، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۳۶.

۲. خواجه پور، م. ر. ۱۳۷۵. اصول و مبانی زراعت، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان، چاپ دوم، ۴۶۷ صفحه.

۳. خیرابی، ج.، ع. توکلی، م.ر. انتصاری و ع. ر. سلامت، ۱۳۷۵. دستور العمل های کم آبیاری، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۲.

۴. خیرابی، ج.، و ع. توکلی، ۱۳۷۶، بحث نظری و کاربردی دربتره مدل های بهینه سازی کم آبیاری، مجله آب خاک و ماشین، ۲۷: ۵۰-۴۰ و ۲۸: ۴۵-۳۳.

۵. علیزاده، ا. ۱۳۸۳. رابطه آب و خاک و گیاه، دانشگاه امام رضا، چاپ چهارم.

۶. قدمی، ن.ا. ۱۳۸۹. زراعت و اصلاح کلزا (کاشت، داشت و برداشت). انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، چاپ اول، ۲۳۱ صفحه.

۷. کیانی، ع. م. کوچک زاده، ۱۳۸۰. راهکارهای اجرایی و مدیریتی کاربرد آب شور در کشاورزی، اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، دانشگاه زابل.

۸. کوچکی، ع.، و م. بنایان، ۱۳۷۳. فیزیولوژی عملکرد در گیاهان زراعی، (ترجمه) ، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد،۲۰۴ صفحه.

۹. لیاقت، ع. م.، و ص. دربندی، ۱۳۷۹. استراتژی مدیریتی کم آبیاری برای بهینه سازی مصرف آب، خلاصه مقالات کارگاه فنی کم آبیاری، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۳۶.

10. Abbat, P.E., J.L. Dardanelli, M.G. Canatarero, M. Melchiori, and E. Suero. 2004. Climate and water availability effects on water use efficiency in wheat. Crop Sci. 44: 474-483.
11. Adary, A., A. Hachum, T. Oweis, and M. Pala. 2002. Wheat productivity under supplemental Irrigation in Northern Iraq. On-farm water husbandry research report Series, No. 2, International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria.
12. Al-Barrak, Kh .M .2006 .Irrigation interval and nitrogen level effects on growth and yield of canola) Brassica napus L ..Sci. King Faisal Uni . Al-Hassa, Saudi Arabia .7:87-102.
13. Chopra, N .and N. K .Chopra, 1992 . Salt tolerance of raya (Brassica napus var .glouca varieties.) Indian Agron. 37:93-96.
14. Enferad, A. K . Poustini, Majnoun-Hosseini N .and A.A Khajeh-Ahmad-Attari, .2004 .Physiological responses of rapeseed) Brassica napus L.) varieties to salinity stress in vegetative growth phase .J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour. 7:103 –113.
15. Francois, L.E .1994 .Growth, seed yield, and oil content of canola grown under saline conditions . Agron. J . 86:233-234.
16. Gorantiwar, S. D. and I.K. Smout. 2005. Multilevel approach for optimizing land and water resources and irrigation deliveries for tertiary units in large irrigation schemes. II: Application, ASCE, J. Irrig. and Drain. Eng. 131: 264-278.
17. Hatfield, J.L., Th.J. Sauer, and J.H. Prueger. 2001. Managing soil to

www.SID.ir

Archive of SID

achieve greater water use efficiency : A review. Agron. J. 93: 271-280.
18. Kirda, C. 2002. Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance, pp. 3-10, *In*: FAO, Water report No. 22. Deficit Irrigation practices.
19. Mahmoodzadeh, M . 2007 .Effects of salinity stress on the morphology and of two cultivars of canola) *Brassica napus* L .(6)409-414.
20. Mahmoode, S., S .Iran, and H. R . Athar, 2003 . Intraspecific variability in sesame) *Sesamum indicom* (for various quantititive and qualitive attributes under differential salt regimes . J . Res Sci, Bahauddin Zakariya University, multan pakistan .14 :177-186.
21. Mandal, K.G., K.M. Hati., A.K. Misra, and K.K. Bandyopadhyay. 2006. Assessment of irrigation and nutrient effect on growth, yield and water use efficiency of Indian mustard in central India. Elsevier Science.
22. Mass, E.V . and G.J.Hoffman .1977; Analysis of crop salt tolerance data :pp 258 -271 .In:Shain, Iberg and J, Shalhevet Soil salinity under irrigation : process and management .Ecological
23. Pritchard, F.M., H.A. Eagles., R.M. Norton., P.A. Salisbury, and M. Nicolas. 2006. Environmental effects on seed composition of Victorian canola. Aust. Exp. Agric. 40: 679- 685.
24. Sinaki, J.M., E. Majidi., A.H. Shirani Rad., G. Noormahamadi. and G. Zarei. 2007. The effect of water deficit during growth stage of canola. Ame. of Agri. and Enviro. Sci. 2: 417- 422.
25. Solomon, K.H. 1983. Irrigation uniformity and yield theory. Ph.D. dissertation, Agricultural and Irrigation Engineering Dept., Utah State University, Logan.
26. Wang, Y.R., Sh.Zh. Kang, F.Sh. Li, and L. Zhang. 2007. Saline water irrigation scheduling through a crop-water-salinity production function and
a soil-watersalinity dynamic model. Pedosphere, 303-317.
27. Zhang, H. 2003. Improving water productivity through deficit irrigation: Examples from Syria, the North China plain and Oregon, USA. pp. 301-309. In: J.W., Kijne, R. Barker, and D. Molden, (Eds.) Water productivity in Agriculture, Limits and Opportunities for Improvement. International Water Management Institute (IWMI). Colombo, Sri Lanka.

www.SID.ir