تأثیر شوری آب آبیاری بر عملکرد جو، رطوبت و شوری خاک در طول فصل رشد، و بهره‌وری آب

هادی پیرسته انوشه[1]، یحیی امام، سیدعبدالرضا کاظمینی و فرهاد دهقانی

استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران؛ h.pirasteh@areo.ir

استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، شیراز، ایران؛ Yaemam@shorazu.ac.ir

دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، شیراز، ایران؛ Kazemin@shirazu.ac.ir

استادیار مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران؛ Dehghany47@gmail.com

دریافت: 95/3/3 و پذیرش: 95/12/2

چکیده

در یک مطالعه 2 ساله مزرعه‌ای، رطوبت و هدایت الکتریکی عصاره اشباع (ECe) خاک در سه عمق در طول فصل رشد و همچنین عملکرد بیولوژیک و دانه و بهره‌وری آب گیاه جو رقم نصرت تحت تأثیر دو سطح شوری آب آبیاری به میزان 2 و 12 دسی‌زیمنس برمتر پایش شد. نتایج نشان داد که عملکرد بیولوژیک و دانه و بهره‌وری آب در اثر تنش شوری به ترتیب با کاهش 36/0%، 52/1% و 23/0 درصدی در سال اول و 48/4%، 69/1% و 31/7 درصدی در سال دوم همراه بود، که این افت بیشتر در سال دوم ناشی از مقدار کمتر بارش بود. میانگین دو ساله بهره وری آب بر حسب عملکرد دانه، در مورد آب با شوری 2 دسی‌زیمنس برمتر 0/87 کیلوگرم بر مترمکعب و با آب شور12 دسی‌زیمنس برمتر برابر 0/64 کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. در تمام روزهای پس از اعمال تیمار شوری، رطوبت خاک در هر سه عمق در کرت‌های شاهد به‌طور معنی‌داری کمتر از کرت‌های شور بود. این تفاوت در عمق اول روند مشخص‌تری داشت و تا آخر فصل رشد ادامه داشت. به‌طور میانگین، درصد رطوبت در کرت‌های شور نسبت به کرت‌های شاهد در سال‌های اول و دوم به ترتیب به میزان 16/8% و 22/4 درصد بیشتر بود. در هر دو سال هدایت الکتریکی خاک نیز، بلافاصله پس از اعمال شوری تحت تأثیر قرار گرفت و با گذشت زمان، این تأثیر بیشتر شد. تیمارهای شوری 2 و 12 دسی‌زیمنس برمتر به ترتیب باعث کاهش و افزایش هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک گردیدند. بیشینه هدایت الکتریکی خاک در هر سه عمق در 160 روز پس از کاشت به‌دست آمد. به‌طورکلی، آبیاری با آب شور باعث افزایش تقریباً دو برابری هدایت الکتریکی خاک در پایان فصل نسبت به شروع آزمایش و همچنین افزایش 20 درصدی شوری خاک نسبت به شوری آب آبیاری گردید. مقدار بیشتر رطوبت در شرایط شور به دلیل سهل‌الوصول نبودن و کیفیت پایین آن برای گیاهان زراعی کاربردی ندارد، ولی گیاهان شورزیست مانند ارزن پادزهری، کوشیا، و سالیکورنیا در تناوب با جو احتمالاً می‌تواند از رطوبت باقیمانده در خاک استفاده کرده و با مصرف آب کمتر، محصول قابل قبولی داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: آبشویی، آب شور، خاک شور، عصاره اشباع

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: یزد، بلوار آزادگان، خیابان نهالستان، مرکز ملی تحقیقات شوری

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

شور و سدیمی‌شدن خاک‌ها مدت‌های زیادی است که یک مشکل جهانی است و هیچ قاره و اقلیمی عاری از خاک‌های متأثر از شوری با منشا اولیه یا ثانویه نیست. شوری اولیه مربوط به ماهیت و جنس خاک می‌باشد، یعنی خاک از ابتدا دارای مقادیر قابل‌توجهی از نمک‌های معدنی می‌باشد. در حالت شوری ثانویه، عواملی مانند زهکشی نامناسب خاک، آبیاری با آب شور، کاربرد بیش‌از حد کودهای شیمیایی و نابودی پوشش مرتعی چندساله باعث ایجاد شوری در اراضی می‌شود (اشرف و خانوم، 1997). افزایش هدایت الکتریکی خاک منجر به ایجاد تنش شوری در گیاه شده و تغییرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیک را به دنبال دارد که درنهایت موجب کاهش رشد و عملکرد گیاهان می‌شود (نموتو و ساساکوما، 2002).

کشور ایران از نظر اقلیمی در زمره‌ی مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. از ویژگی‌های این نوع مناطق می‌توان به تبخیر زیاد و بارش‌های جوی اندک و پراکنده اشاره کرد که درنهایت منجربه تجمع املاح مختلف در لایه سطحی و نیمرخ (پروفیل) بیشتر خاک-های کشور گردیده است. این روند به دلیل مدیریت نادرست آبیاری تشدید شده است (امام و همکاران، 1392). کشور ایران هم با شوری آب و هم با شوری خاک مواجه است. سطح کل اراضی فاریاب ایران 7/3 میلیون هکتار و سطح کل اراضی زراعی مبتلا به درجات مختلف شوری خاک، آب و یا هر دو، 3/5 میلیون هکتار برآورد شده است (بنایی و همکاران، 1383). همچنین برآورد گردیده است که حدود 1/73 میلیارد مترمکعب منابع آب زیرزمینی شور با محتوای نمک بیش از 5000 میلی‌گرم در لیتر (بیش از 7 دسی‌زیمنس برمتر) در حوزه-های رودخانه‌ای مهم کشور وجود دارد (نیریزی، 1387). بر اساس آمار موجود، بالغبر 10/6 میلیارد مترمکعب از آب‌های سطحی نیز شامل آب‌های شور و لب‌شور می‌باشد (نوشادی و همکاران، 1392).

به‌طورکلی، درصد رطوبت و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک رابطه مستقیمی با شوری آب آبیاری دارد. حوری و همکاران (1394) بیان کردند که شوری خاک در تیمارهای آبیاری با آب شور به‌طور معنی‌داری افزایش و با افزایش عمق، شوری خاک کاهش یافت. روستا و همکاران (1392) نیز گزارش کردند که کمینه درصد رطوبت وزنی خاک در تیمار آبیاری با آب غیرشور و بیشینه آن در تیمارهای بیشتر از 6 دسی‌زیمنس برمتر مشاهده شد. این پژوهشگران همچنین نشان دادند که شوری آب زهکش با افزایش سطح شوری آب آبیاری به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد. افزایش خاک‌های شور در کشور وضعیت نگران‌کننده‌ای را به وجود آورده است که برای جلوگیری از کاهش میزان تولیدات کشاورزی بایستی از تشدید روند شور شدن خاک‌ها جلوگیری کرد. به‌طورکلی، مطالعات اندکی به مقایسه تأثیر آبیاری با آب غیرشور و شور بر ویژگی‌های خاک به‌ویژه رطوبت و شوری خاک پرداخته‌اند؛ بنابراین، در پژوهش حاضر تأثیر آبیاری با آب با شوری‌های مختلف بر درصد رطوبت و هدایت الکتریکی خاک در طول فصل رشد و همچنین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص بهره‌وری آب جو در دو سال زراعی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر شوری آب بر رطوبت و شوری خاک در مزرعه جو در طول سال‌های زراعی 92-1391 و 93-1392 در مزرعه تحقیقات شوری مرکز ملی تحقیقات شوری در استان یزد انجام شد. تیمارهای این آزمایش شامل آبیاری با آب مطلوب با هدایت الکتریکی 2 دسی‌زیمنس برمتر و آبیاری با آب شور با هدایت الکتریکی حدود 12 دسی‌زیمنس بر متر بود که در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید.

عملیات خاک‌ورزی شامل شخم به عمق خاک زراعی (حدود 30 سانتی متر) و دیسک بود. پیش از کاشت برای یکنواخت کردن شوری خاک، آبشویی در تمام کرت‌ها انجام گردید. در اواخر آبان ماه بذرهای یکنواخت جو رقم نصرت در کرت‌هایی با طول سه متر و عرض 4 متر براساس 120 کیلوگرم در هکتار کشت شد. قبل از کاشت، بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول‌های 1 و 2)، میزان 120 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره و 60 کیلوگرم در هکتار فسفر خالص از منبع سوپرفسفات تریپل به خاک اضافه شد. نحوه مصرف کودهای شیمیایی بدین صورت بود که نصف کود اوره و کل کود سوپرفسفات تریپل پیش از کشت و مابقی کود اوره در مرحله طویل شدن ساقه به‌کاربرده شد. مقدار بارش در سال‌های اول و دوم به ترتیب برابر با 110 و 67/2 میلی‌متر بود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 1- ویژگی‌های فیزیکو-شیمیایی خاک در دو عمق خاک مزرعه پیش از آبشویی قبل از کشت

عمق خاک (cm)	شوری ($dS\ m^{-1}$)	بافت	FC (%)	PWP (%)	اسیدیته گل اشباع	پتاسیم ($mg\ kg^{-1}$)	فسفر ($mg\ kg^{-1}$)	کربن آلی (%)
0-30	5/0	لومی شنی	21/6	7/3	7/37	142/0	16/2	0/64
30-60	4/6				7/61	121/3	10/3	0/38

جدول 2- مقادیر کاتیون‌ها و آنیون‌های خاک ($meq\ L^{-1}$) در دو عمق خاک مزرعه پیش از آبشویی قبل از کشت

عمق خاک (cm)	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	CO_3^{2-}	HCO_3^{2-}
0-30	101/2	23/0	27/4	71/30	0/76	2/91	2/76
30-60	45/0	15/2	11/2	27/09	0/59	2/83	1/06

تنش شوری پس از مرحله استقرار کامل گیاهچه (44 و 46 روز پس از کاشت به ترتیب در سال‌های اول و دوم) از طریق آبیاری با آب دارای شوری‌های مدنظر اعمال شد. آب شور با هدایت الکتریکی 12 دسی‌زیمنس برمتر از ترکیب آب دو استخر موجود در مزرعه با شوری‌های 2 و 14 دسی‌زیمنس برمتر به دست آمد. منبع آب این دو استخر از دو چاه آب غیرشور و شور در مزرعه تحقیقات شوری بود. آب استخر به‌وسیله سیستم لوله‌کشی زیرزمینی از استخر به کرت‌های آزمایشی منتقل می‌شد. نتایج تجزیه شیمیایی آب آبیاری در جدول 3 آمده است. در طول فصل رشد، در طی فصل‌های پاییز و زمستان با درنظر گرفتن بارش‌ها، آبیاری با فاصله 16-15 روز و در طول فصل بهار آبیاری با فاصله 12-10 روز و در حد ظرفیت مزرعه برای کرت های شاهد و شور به صورت جداگانه انجام شد. بدین منظور، قبل از هر نوبت آبیاری از خاک مزرعه و تا عمق توسعه ریشه نمونه خاک تهیه و میزان رطوبت وزنی (θ_m) آن اندازه‌گیری شد. عمق خالص آب آبیاری (d_n) براساس رابطه زیر تعیین شد:

$$d_n = \frac{(\theta_{FC} - (\theta_m \times \rho_b)) \times Rd}{100}$$

در این معادله، θ_{FC} حجم آب خاک در ظرفیت زراعی، ρ_d متوسط جرم مخصوص ظاهری خاک، و Rd عمق توسعه ریشه است. عمق توسعه ریشه در طول فصل رشد متفاوت و بر اساس رابطه زیر محاسبه شد (بورگ و گریمز، 1986):

$$Rd = Pd + Rd\max[0.5 + 0.5\sin(3.03\frac{Dag}{Dtm} - 1.47)]$$

در این معادله *Pd* عمق کاشت، *Dag* تعداد روز پس از کاشت، *Dtm* روز پس از کاشت تا رسیدن گیاه به حداکثر رشد و Sin براساس رادیان می‌باشد. بر اساس گزارش فائو (آلن و همکاران، 1998) بیشینه عمق ریشه جو، یک متر در نظر گرفته شد. میزان آب مصرفی در هر کرت با استفاده از کنتور حجمی اندازه‌گیری شد. برای کرت های شور 20 درصد کسر آبشویی در نظر گرفته شد. حجم آب آبیاری در شکل 3 آمده است.

در طول فصل رشد گیاه در هر دو سال، در پنج مرحله شامل زمان کاشت، 25، 95، 128 و 160 روز پس از کاشت نمونه خاک از سه عمق صفر تا 30 سانتی‌متر، 30 تا 60 سانتی‌متر و 60 تا 90 سانتی‌متر خاک از هر کرت تهیه و هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع آن تعیین شد. همچنین، نمونه‌برداری برای تعیین محتوای رطوبت خاک پیش از آبیاری در سه عمق فوق‌الذکر در پنج زمان 60، 110، 130، 140 و 160 روز پس از کاشت در سال اول و هفت زمان 40، 60، 110، 130، 140، 150 و 160 روز پس از کشت در سال دوم انجام شد. در پایان فصل رشد در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، با رعایت اثر حاشیه، کل بوته‌های جو هر کرت برداشت گردید و پس از 48 ساعت نگهداری در آون با دمای 5±70 درجه سانتی‌گراد توزین شدند. وزن کل بوته به‌عنوان عملکرد بیولوژیک و وزن کل دانه‌ها به‌عنوان عملکرد دانه در نظر گرفته شدند. پس از آزمون نرمال بودن داده‌ها با نرم‌افزار آماری Minitab، تجزیه واریانس عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص بهره‌وری آب با نرم‌افزار آماری SAS انجام گردید. میانگین‌های شوری خاک، رطوبت خاک، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بر اساس برآورد خطای استاندارد (±SE) و میانگین شاخص بهره‌وری آب با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی سال و اثر برهمکنش سال با شوری در همه روزهای نمونه‌برداری و اثر اصلی تنش شوری در روزهای 95، 128 و 160 روز پس از کشت بر درصد رطوبت خاک

Archive of SID

www.SID.ir

معنی‌دار بود (جدول 4). در اولین مرحله نمونه‌برداری، تفاوت معنی‌داری بین رطوبت خاک در کرت‌های با شوری‌های مختلف نبود.

جدول 3- تجزیه شیمیایی دو آب مورد استفاده در آزمایش

شوری ($dS\ m^{-1}$)	اسیدیته	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+
2	8/25	1/69	15/00	7/44	3/95	7/75	12/76	0/17
12	7/71	3/23	92/31	26/46	9/03	28/36	84/65	0/51

در این زمان، اعمال تیمار شوری آب آبیاری آغاز گردیده بود (شکل 1). به‌طور میانگین، در سه عمق صفر تا 30 سانتی‌متر، 30 تا 60 سانتی‌متر و 60 تا 90 سانتی‌متر رطوبت خاک به ترتیب برابر با 0/084، 0/124 و 0/141 سانتی‌مترمکعب آب در سانتی‌مترمکعب خاک در سال اول و برابر با 0/080، 0/115 و 0/135 سانتی‌مترمکعب آب در سانتی‌مترمکعب خاک در سال دوم بود.

در مرحله 110 روز پس از کاشت، تفاوت معنی‌داری بین رطوبت خاک در کرت‌های شاهد و شور مشاهده شد، به‌طوری‌که در این زمان رطوبت خاک در کرت‌های شاهد نسبت به کرت‌های شور در سه عمق خاک به ترتیب به میزان 24/7، 14/3 و 21/0 درصد در سال اول و 23/7، 9/2 و 12/5 درصد در سال دوم بیشتر بود. این تفاوت تا آخرین نمونه‌برداری یعنی 160 روز پس از کشت همچنان حفظ شد و کرت‌های شور دارای رطوبت بیشتری بودند.

از دلایل بیشتر بودن محتوی رطوبت خاک در کرت‌های شور می‌توان به رشد کمتر گیاه، کمتر بودن تبخیر و تعرق و همچنین تخریب ساختمان خاک در این کرت‌ها اشاره کرد. در شرایط شور گیاه رشد کمتری دارد و بنابراین تعرق آن کمتر است و آب کمتری نیز استفاده می‌کند. این موضوع در مطالعه حوری و همکاران (1394) نشان داده‌شده است. این پژوهشگران گزارش کردند که تبخیر و تعرق از کرت‌های آبیاری شده با آب غیرشور (2/3 دسی‌زیمنس برمتر) به میزان 1/8 برابر بیشتر از کرت‌های آبیاری شده با آب شور (12 دسی‌زیمنس برمتر) است. رجب و همکاران (2008) اعتقاد دارند که با افزایش شوری آب آبیاری، هدایت الکتریکی خاک به‌تدریج افزایش می‌یابد. این پژوهشگران مشاهده کردند که هدایت الکتریکی خاک در کرت‌های آبیاری شده با آب با شوری‌های 4/8، 6/6 و 8/9 دسی‌زیمنس برمتر به ترتیب 5، 8 و 16 درصد افزایش یافت. یکی دیگر از دلایل افزایش رطوبت خاک افزایش تجمع نمک در خاک و تخریب سریع ساختمان خاک در نتیجه‌ی افزایش غلظت نمک‌هایی مانند سدیم است (فائو، 2002).

در هر دو سال، در هر دو سطح شوری با افزایش عمق مقدار رطوبت خاک بیشتر شد (شکل 2). به‌طوری‌که رطوبت خاک در عمق 30 تا 90 سانتیمتر نسبت به عمق صفر تا 30 سانتیمتر در شرایط 2 و 12 دسی‌زیمنس برمتر به ترتیب به میزان 58/5 و 57/9 درصد در سال اول و 70/3 و 54/2 درصد در سال دوم بیشتر بود. ال-بورایی (1997) نیز مشاهده کرد که وقتی شوری آب آبیاری افزایش یابد تخلیه رطوبتی خاک کاهش خواهد یافت و آب بیشتری در کرت‌های شور باقی خواهد ماند. البته این نکته را باید مدنظر داشت که افزایش آب نگهداری شده در خاک پس از آبیاری با آب شور منجر به افزایش آب غیرقابل‌استفاده در پایان فصل خواهد شد (رجب و همکاران، 2008). رجب (2008) ارتباط منفی و معنی‌داری را بین مقدار آب سهل‌الوصول[1] و سطح شوری آب گزارش کرد. بنابراین اگرچه در کرت‌های شور آب بیشتری موجود بود، ولی این آب سهل‌الوصول نبوده و همچنین از نظر کیفیت، حداقل برای گیاهان زراعی قابل‌استفاده نیست. در پژوهش حاضر نیز مشخص شد که براساس رطوبت خاک، میزان آب آبیاری مورد نیاز برای کرت‌های شاهد به‌طور قابل‌توجهی بیشتر از کرت‌های شور بود (شکل 3).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، شوری عصاره اشباع خاک تحت تأثیر معنی دار اثر اصلی سال و اثر برهمکنش سال با شوری در همه روزهای نمونه‌برداری و اثر اصلی تنش شوری در همه نمونه برداری ها به جز روزهای 40 و 60 پس از کاشت قرار گرفت (جدول 4). میانگین هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک پیش از شروع آزمایش برای دو سال در سه عمق خاک برابر با 7/4، 7/6 و 7/8 دسی‌زیمنس برمتر بود (جدول 1). پس از آبشویی و در زمان کاشت، هدایت الکتریکی در این سه عمق به ترتیب به 4/9، 4/7 و 5/2 دسی‌زیمنس برمتر کاهش یافت (شکل 4). تناسب آب‌شور برای مصارف آبیاری تحت تأثیر عوامل متعدد اقلیمی و مدیریتی قرار دارد.

[1] Easily available water

Archive of SID

www.SID.ir

جدول 4- نتایج تجزیه واریانس شوری و رطوبت خاک

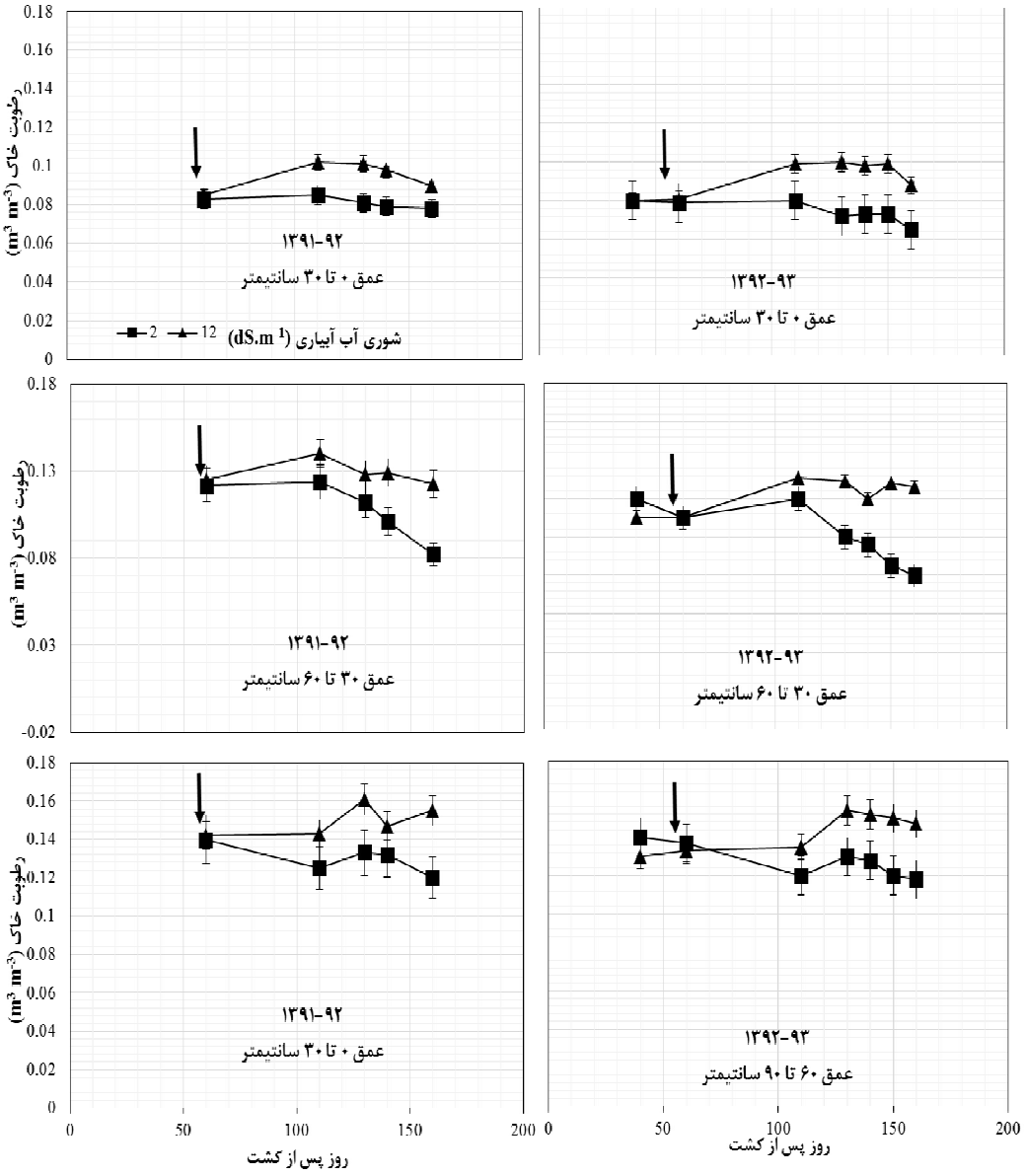
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات شوری عصاره اشباع خاک (روز پس از کشت)						میانگین مربعات درصد رطوبت خاک (روز پس از کشت)					
		0	25	95	128	160	40	60	110	130	140	150	160
سال (Y)	1	3/852**	1/588*	18/250*	63/205*	33/025**	x	0/0008**	0/0016*	0/0036**	0/0010*	x	0/0030**
بلوک (B)	2	0/581ns	0/682ns	1/267ns	42/015*	35/333**	0/0001ns	0/0001ns	0/0001ns	0/0002ns	0/0009*	0/0002ns	0/0018*
Y×B	2	0/621	0/365	4/258	9/254	5/206	x	0/0001	0/0003	0/0003	0/0002	x	0/0004
شوری (S)	1	0/052ns	0/334ns	10/25*	38/269**	58/315**	0/0002ns	0/0001ns	0/025**	0/009**	0/0005*	0/021**	0/0011*
S×Y	1	0/325*	1/201*	11/357*	21/223*	22/218*	x	0/0005*	0/036**	0/058**	0/008**	x	0/007**
خطا	4	0/055	0/287	2/205	4/354	4/067	0/0001	0/0001	0/0002	0/0002	0/0001	0/0003	0/0002
ضریب تغییرات		5/150	8/301	10/390	11/893	9/878	9/091	9/909	12/087	12/113	8/869	15/867	13/341

ns غیرمعنی‌دار؛ * و ** معنی‌دار به ترتیب در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

x. برای درصد رطوبت خاک، داده برداری در زمان های 40 و 150 روز پس از کاشت انجام نشد، بنابراین این صفت مورد تجزیه اثر سال قرار نگرفت.

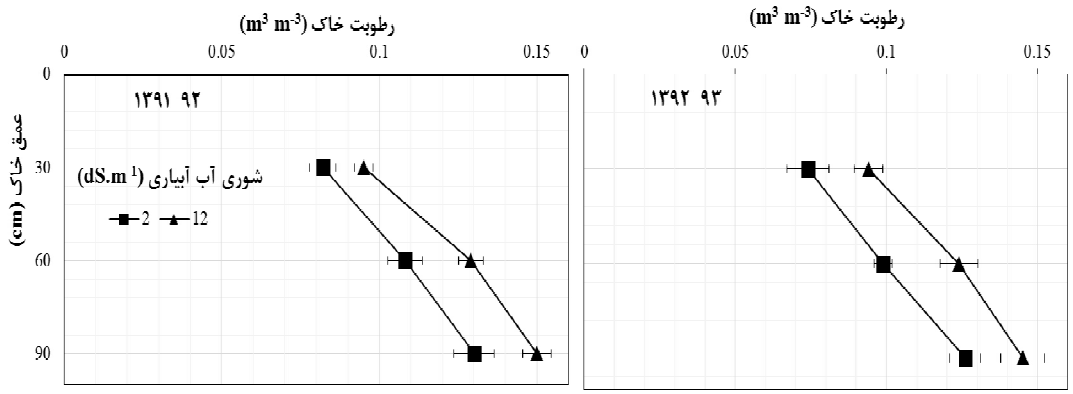
Archive of SID

www.SID.ir

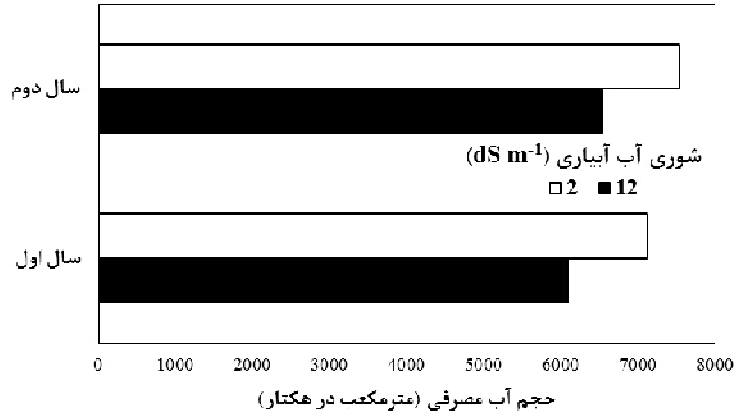


شکل 1- تغییرات محتوای رطوبت خاک در طول فصل رشد در کرت‌های آبیاری شده با تیمارهای مختلف شوری در دو سال زراعی. بارهای عمودی نشان‌دهنده خطای استاندارد است. فلش‌ها نشان‌دهنده زمان اعمال تیمار شوری است

www.SID.ir



شکل 2- میانگین محتوای رطوبت خاک در کرت‌های آبیاری شده با تیمارهای مختلف شوری در دو سال زراعی. بارهای افقی نشان‌دهنده خطای استاندارد است



شکل 3- حجم آب مصرفی در کرت‌های آبیاری شده با تیمارهای مختلف شوری در دو سال زراعی

یکی از این مدیریت‌ها، آبشویی املاح می‌باشد. به منظور جلوگیری از افت عملکرد می‌بایست با بکارگیری آبیاری، نمک‌های اضافی را به پایین منطقه توسعه ریشه شستشو داد (چراغی و رسولی، 1388). در سال اول، اولین تفاوت معنی‌دار در اولین نمونه‌برداری پس از اعمال تیمار شوری پدیدار گردید. اعمال تیمارهای آبیاری موجب افزایش هدایت الکتریکی خاک در کرت‌های شور و کاهش آن در کرت‌های غیرشور گردید و بدین ترتیب تفاوت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در دو تیمار بسیار بیشتر از تفاوت هدایت الکتریکی آب آبیاری این دو تیمار گردید. باگذشت زمان، این تفاوت بیشتر شد و هدایت الکتریکی خاک در کرت‌های شور افزایش یافت (شکل 4). بیشینه هدایت الکتریکی خاک در 160 روز پس از کشت در کرت‌های شور در سال‌های اول و دوم به ترتیب برابر با 14/3 و 14/6 دسی‌زیمنس برمتر (میانگین سه عمق) بود. کمینه آن نیز، در همین زمان در کرت‌های شاهد در سال‌های اول و دوم به ترتیب برابر با 3/2 و 3/1 دسی‌زیمنس برمتر (میانگین سه عمق) به دست آمد. این موضوع به دلیل بیشتر شدن مقدار املاح محلول در آب آبیاری با افزایش هدایت الکتریکی آن می‌باشد (حوری و همکاران، 1394). این نتایج با یافته‌های برخی پژوهش‌های پیشین مانند آقاخانی و همکاران (1385)، صالحی و همکاران (1390) و حوری و همکاران (1394) مطابقت دارد. حوری و همکاران (1394) نشان دادند که بیشترین هدایت الکتریکی خاک در هر سه عمق صفر تا 25 سانتی متر، 25 تا 50 سانتیمتر و 50 تا 75 سانتی متر از کرت‌های شور به دست آمد. ال-بورایی (1997) نیز گزارش کرد که هدایت الکتریکی خاک با افزایش سطوح شوری آب آبیاری افزایش می‌یابد و مقدار یون‌های سدیم، کلسیم و منیزیم در خاک افزایش خواهد یافت.

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج تغییرات هدایت الکتریکی در طول دوره رویشی، نشان‌دهنده آن است که به‌طور میانگین در دو سال، آبیاری با آب با شوری 2 دسی‌زیمنس برمتر موجب کاهش 2/6، 2/3 و 2/7 برابری شوری خاک در پایان فصل نسبت به آغاز فصل به ترتیب در سه عمق صفر تا 30 سانتیمتر، 30 تا 60 سانتیمتر و 60 تا 90 سانتیمتر گردیده است (شکل 5). از سوی دیگر، آبیاری با شوری 12 دسی‌زیمنس برمتر موجب افزایش 2/8، 2/7 و 2/3 برابری شوری خاک در پایان فصل نسبت به آغاز فصل در سه عمق خاک گردید. دوسوکی (1999) در مطالعه خود مشاهده کرد که افزایش شوری آب آبیاری از 0/58 به 3/67 دسی‌زیمنس برمتر موجب افزایش شوری خاک از 1/87 دسی‌زیمنس برمتر در ابتدای آزمایش به 24/83 دسی‌زیمنس برمتر در انتهای سال زراعی شد.

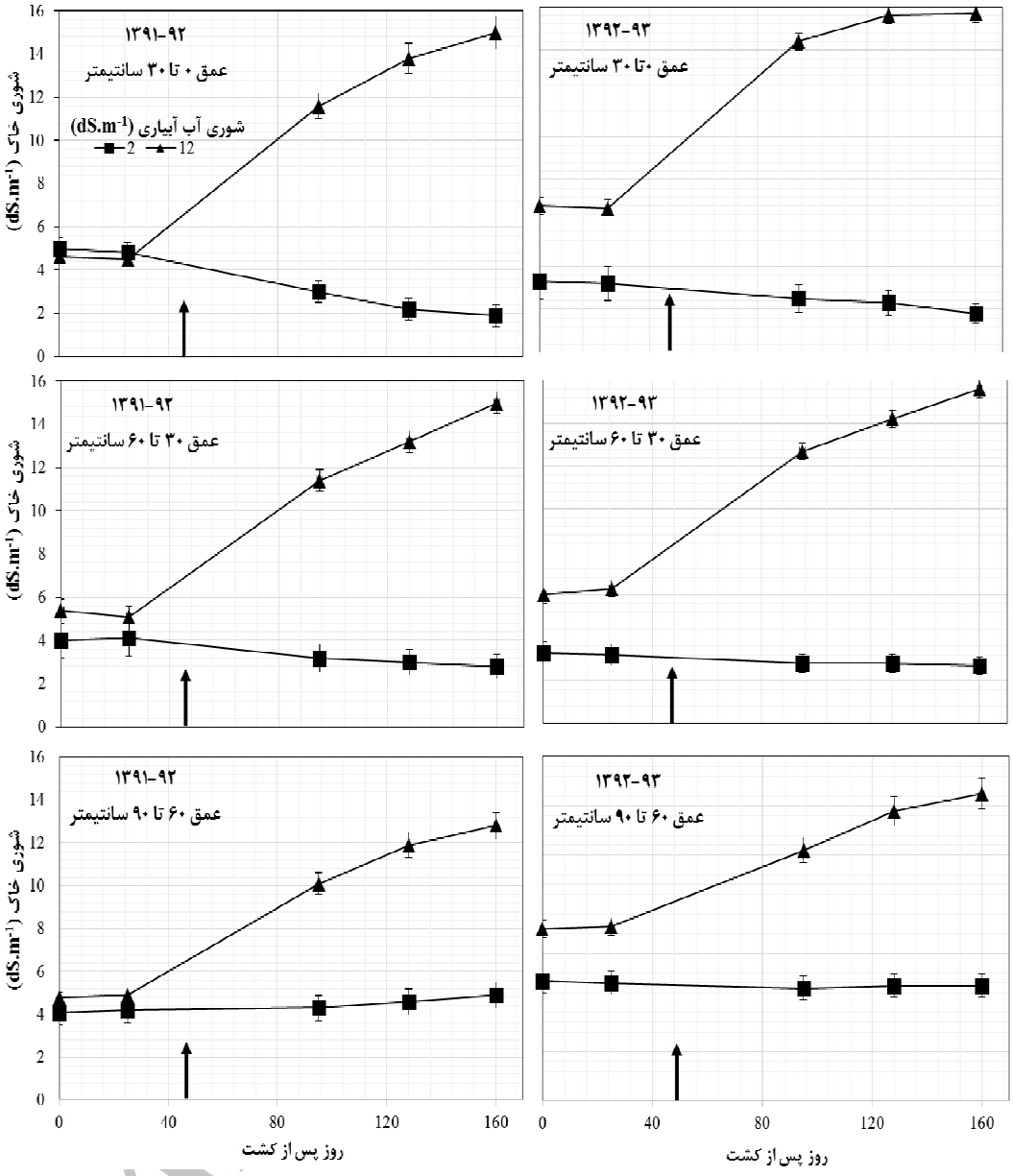
بنابراین، تجمع نمک‌ها در خاک رابطه نزدیکی با غلظت نمک در آب آبیاری و مدیریت آبیاری دارد که ارتباط نزدیکی با میزان آبشویی واقعی دارد. چراغی و رسولی (1388) با بررسی آبشویی و شوری در اراضی تحت کشت گندم در شرایط شور استان فارس گزارش کردند که بارندگی به دلیل کاهش غلظت املاح در طول دوره رویشی گیاه، نقش موثری در تولید گندم در اراضی شور دارد. در این شرایط، پروفیل شوری، توزیع یکنواخت املاح در خاک را نشان داد که ناشی از مصرف زیاد آب در اراضی بود. زین‌العابدین و همکاران (2004) نیز با مقایسه هدایت الکتریکی کرت‌های آبیاری شده با آب غیرشور (آب کانال) و شور (آب زهکش مزارع بالادست) نتیجه گرفتند که شوری خاک 2/8 برابر افزایش خواهد یافت. در هر دو سال، هدایت الکتریکی خاک در عمق‌های بالاتر در کرت‌های غیرشور کمتر بود و برعکس، در کرت‌های شور عمق‌های پایین‌تر هدایت الکتریکی کمتری داشتند. این موضوع به دلیل افزایش نمک‌های محلول در آب آبیاری در کرت‌های شور و نفوذ به عمق‌های پایین‌تر است. در مطالعه حوری و همکاران (1394) با افزایش عمق خاک، هدایت الکتریکی کاهش یافت که مطابق با شرایط غیرشور در پژوهش حاضر بود. فیضی و سعادت (1394) نشان دادند که شوری خاک در انتهای فصل زراعی نسبت به ابتدای فصل در کرت‌های غیرشور کاهش و در تیمارهای متوسط و شدید شوری افزایش نشان داد. در شوری متوسط با افزایش عمق خاک، کمی افزایش شوری و در شوری شدید با افزایش عمق خاک، به دلیل افزایش آبشویی حاصل از بیشتر بودن آب قابل دسترس (به‌دلیل جذب کمتر آب توسط گیاه در این شرایط)، اندکی کاهش شوری مشاهده شد.

آبیاری با آب شور با هدایت الکتریکی 12 دسی‌زیمنس برمتر، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک جو را در هر دو سال زراعی کاهش داد (جدول 5). بوته‌های آبیاری شده با آب 2 دسی‌زیمنس برمتر به ترتیب دارای 36 و 52 درصد عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بیشتری بودند (جدول 6). در سال دوم بارش کمتر منجربه تشدید شوری شد، به‌طوری این مقادیر برای سال دوم به ترتیب برابر با 48 و 69 درصد شد. نتایج یک پژوهش نشان داد که هرچند افزایش شوری آب آبیاری سبب افزایش شوری و نسبت جذب سدیم خاک و در نتیجه کاهش عملکرد شد، ولی در فصولی از سال با بارندگی زیاد، استفاده از آب‌های با شوری نسبتاً بالا، بدون افت قابل‌توجه عملکرد و بدون آسیب جدی به خاک امکان‌پذیر بود.

این موضوع به دلیل آبشویی املاح از عمق خاک زراعی و در نتیجه کاهش شوری در محدوده توسعه ریشه است (شرما و رائو، 1998). کاهش رشد و عملکرد در اثر تنش شوری یک موضوع کاملاً شناخته‌شده است و در بسیاری پژوهش‌ها به‌خوبی نشان داده‌شده است (امام و همکاران، 1392؛ ژو و همکاران، 2004؛ توکلی و همکاران، 2010؛ شایب، 2011؛ پیرسته انوشه و همکاران، 2016). تنش شوری، تولید مواد فتوسنتزی را محدود کرده و همراه با تأثیر منفی بر سایر متابولیسم‌های گیاه منجربه کاهش رشد گیاه می‌شود (توکلی و همکاران، 2010). شایب (2011) و ژن و همکاران (2004) سمیت یون‌ها و جذب بیش‌ازحد سدیم را علت کاهش رشد گیاه در شرایط تنش شوری بیان کردند؛ آن‌ها همچنین بیان کردند افزایش غلظت سدیم و کلر بر جذب رقابتی بسیاری از عناصر ضروری و انتخاب پذیری یونی در غشا اثر دارد، که منجربه کاهش وزن خشک گیاه می‌گردد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل 4- تغییرات هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در طول فصل رشد در کرت‌های آبیاری شده با تیمارهای مختلف شوری در دو سال زراعی. بارهای عمودی نشان‌دهنده خطای استاندارد است. فلش‌ها نشان‌دهنده زمان اعمال تیمار شوری است

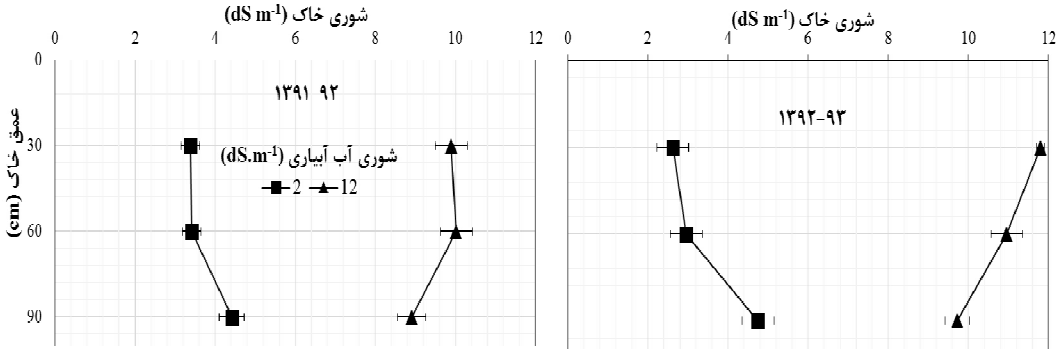
تنش شوری همچنین با کاهش شاخص بهره‌وری آب همراه بود (شکل 5). این کاهش برای سال اول 22/6 و برای سال دوم 31/7 درصد بود. اگرچه حجم آب آبیاری برای شرایط شور کمتر بود (مخرج کسر شاخص بهره‌وری آب)، ولی افت عملکرد دانه ناشی از تنش شوری (صورت کسر شاخص بهره‌وری آب) به حدی بود که شاخص بهره‌وری آب نیز کاهش یافت. تحت شرایط شور کارایی مصرف آب در گیاه کاهش می‌یابد (مانس، 2002) که همین موضوع یکی از پیامدهایی شوری است که منجر به کاهش رشد و عملکرد می‌شود. نتایج حاکی از این بود که برای تولید یک کیلوگرم عملکرد دانه در سال اول و دوم به ترتیب 1/04 و 1/27 مترمکعب آب با شوری 2 دسی‌زیمنس برمتر یا 1/36 و 1/86 مترمکعب آب با شوری 12 دسی‌زیمنس برمتر مصرف شد، به‌عبارت دیگر، برای تولید مقدار معین عملکرد دانه آب شور بیشتری مصرف خواهد شد. در شرایط شور، تبخیر و تعرق محاسبه‌شده برای گیاهان نسبت به شرایط غیرشور کاهش می‌یابد و گیاه تحت شرایط شور توانایی بالقوه

www.SID.ir

برای استفاده کارا از آب موجود را از دست می‌دهد (سپاسخواه و بیروتی، 2009).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش دوساله مزرعه‌ای نشان داد که رابطه مستقیمی بین شوری آب آبیاری با درصد رطوبت و هدایت‌الکتریکی عصاره اشباع خاک وجود دارد، به‌طوری‌که با افزایش شوری آب آبیاری، رطوبت بیشتری در خاک باقی خواهد ماند و همچنین هدایت الکتریکی به‌طور فزاینده‌ای افزایش می‌یابد. با این‌وجود، شاخص بهره‌وری آب نیز در شرایط شور کاهش قابل‌توجهی یافت. آبشویی بهینه می‌تواند شوری خاک در عمق خاک زراعی را در طول فصل رشد کاهش دهد. مقدار آب مصرفی توسط گیاه در کرت‌های شاهد به‌مراتب بیشتر از کرت‌های شور است. بنابراین، اگرچه در کرت‌های شور، رطوبت موجود در خاک در پایان فصل رشد بیشتر است، ولی به دلیل سهل‌الوصول نبودن و کیفیت پایین آن برای گیاهان زراعی غیرمتحمل کاربردی ندارد، ولی اگر گیاهان متحمل به شوری مانند گیاهان شورزیست از جمله ارزن پادزهری، کوشیا، سالیکورنیا و ... در تناوب با گیاه جو قرار بگیرد می‌تواند از رطوبت باقیمانده در خاک استفاده کرده و احتمالاً با مصرف آب آبیاری کمتر محصول قابل قبولی بدهد.



شکل 5- میانگین هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در کرت‌های آبیاری شده با تیمارهای مختلف شوری در دو سال زراعی. بارهای افقی نشان‌دهنده خطای استاندارد است

جدول 5- نتایج تجزیه واریانس عملکرد و شاخص بهره‌وری آب جو

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	بهره‌وری آب
سال (Y)	1	1925302/51*	9845323/25*	0/062**
بلوک (B)	2	325621/11ns	1847593/44ns	0/008ns
Y×B	2	452326/67	2563511/87	0/009
شوری (S)	1	2832223/33**	9845367/67*	0/152**
S×Y	1	1752380/88*	19317520/31**	0/084**
خطا	4	397514/02	2042511/29	0/006
ضریب تغییرات		12/13	10/73	10/25

ns غیرمعنی‌دار؛ * و ** معنی‌دار به ترتیب در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

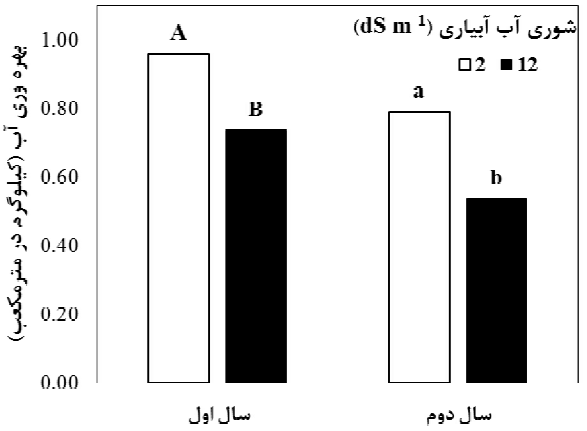
جدول 6- عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک جو (کیلوگرم در هکتار) در شرایط آبیاری با تیمارهای مختلف شوری در دو سال زراعی

شوری آب آبیاری (dSm^{-1})	1391-92		1392-93	
	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک
2	6826/78±332/2	16532/0±658/2	5954/14±291/21	14685/7±569/0
12	4488/78±235/2	12156/1±741/2	3521/19±220/4	9895/6±505/9

اعداد جلوی میانگین خطای استاندارد (±SE) می‌باشند.

Archive

www.SID.ir



شکل 6- شاخص بهره‌وری آب حجم در شرایط آبیاری با شوری های 2 و 12 دسی‌زیمنس برمتر در دو سال زراعی

فهرست منابع:

1. آقاخانی، ع.، ب. مصطفی‌زاده، م. حیدرپور، و ح. منصوری. 1385. تأثیر شوری آب آبیاری و میزان آبشویی بر کیفیت و کمیت زه آب. دومین کنفرانس مدیریت منابع آب، دانشگاه صنعتی اصفهان: 129-123.
2. امام، ی.، ا. حسینی، ن. رفیعی، و ه. پیرسته انوشه. 1392. رشد اولیه و جذب یون‌های سدیم و پتاسیم در ده رقم جو در شرایط تنش شوری. فیزیولوژی گیاهان زراعی. 19: 5-15.
3. بنایی، م.ح.، ع. مومنی، م. بایبوردی و م.ج. ملکوتی. 1383. خاک‌های ایران: تحولات نوین در شناسایی، مدیریت و بهره برداری. موسسه تحقیقات خاک و آب، انتشارات سنا، تهران، ایران، 500 صفحه.
4. چراغی, س.ع.م. و ف. رسولی. 1388. جزء آبشویی و پروفیل شوری در اراضی تحت کشت گندم در شرایط شور استان فارس، دهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان، دانشگاه شهید باهنر.
5. حوری، م.ع.، ع. ناصری، س. برومندنسب، و ع. کیانی. 1394. اثر کم آبیاری و شوری آب آبیاری بر توزیع شوری خاک و رشد رویشی نهال های خرما. نشریه حفاظت منابع آب و خاک. 4: 13-1.
6. روستا، م.ج.، م. سلطانی، ن. بشارت، و، سلطانی، م. صالحی، و غ. رنجبر. 1392. بررسی تأثیر سطوح مختلف پلیمر سوپرجاذب و شوری آب آبیاری بر نگهداری رطوبت خاک. مجله پژوهش آب ایران. 12: 244-241.
7. فیضی، م.، و س. سعادت. 1394. اثر مدیریت آبیاری با آب شور بر شوری خاک در یک دورهٔ تناوب زراعی. مدیریت آب و آبیاری. 5: 25-11.
8. صالحی، م.، م. کافی، و ع. کیانی. 1390. اثر تنش شوری و کم آبی بر تولید زیست توده کوشیا (*Kochia scoparia*) و روند شوری خاک. مجله به زراعی نهال و بذر. 27: 433-417.
9. نیریزی، س. 1387. مدیریت و کاربردآب لب‌شور و شور در کشاورزی پایدار. کارگاه ملی مدیریت استفاده از آب‌های شور. 17-1.
10. Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop requirements. Irrigation and Drainage Paper No. 56, FAO, Rome, Italy.

Archive of SID

www.SID.ir

11. Ashraf, M., and A. Khanum. 1997. Relationship between ion accumulation and growth in two spring wheat lines differing in salt tolerance at different growth stage. J. Agron. Crop Sci. 179: 39-51.
12. Borg, H., and D.W. Grimes. 1986. Depth development of roots with time, an empirical description. Trans. Amer. Soc. Agric. Biol. Eng. 29: 194-197.
13. Dosoky, A.K.R. 1999. Effect of saline water on some physical and chemical soil properties. M.Sc. Thesis, Moshtohor Zagazig University, Egypt.
14. El-Boraie, F.M. 1997. A study on the water management under arid conditions. M.Sc. Thesis, Ain-Shams University, Egypt.
15. Nemoto, Y., and T. Sasakuma. 2002. Differential stress responses of early salt stress responding genes in common wheat. Phytochem. 61: 129-133.
16. Pirasteh-Anosheh, H., G. Ranjbar, H. Pakniyat, and Y. Emam. 2016. Physiological mechanisms of salt stress tolerance in plants; an overview. p. 141-160. In: M.M. Azooz, and P. Ahmad (eds.) Plant-environment interaction: responses and approaches to mitigate stress. John Wiley & Sons, London.
17. Ragab, A.A.M.M., F.A. Hellal, and M. Abd El-Hady. 2008. Irrigation water salinity effects on some soil water constants and plant. 12th International Water Technology Conference, Alexandria, Egypt.
18. Sharma, D.P., and K.V.G.K. Rao. 1998. Strategy for long term use of saline drainage water for irrigation in semi-arid regions. Soil Till. Res. 48: 287-295.
19. Shiyab, S. 2011. Effects of NaCl application to hydroponic nutrient solution on macro and micro elements and protein content of hot pepper (*Capsicum annuum* L.). J. Food Agric. Environ. 9: 350-356.
20. Tavakkoli E., P. Rengasamy, and G.K. McDonald. 2010. High concentrations of Na+ and Cl^- ions in soil solution have simultaneous detrimental effects on growth of faba bean under salinity stress. J. Exp. Bot. 61: 4449-4459.
21. Xue, Z.Y., D.Y. Zhi, G.P. Xue, H. Zhang, Y.X. Zhao, and G.M. Xia. 2004. Enhanced salt tolerance of transgenic heat (*Triticum aestivum* L.) expressing a vacuolar Na^+/H^+ antiporter gene with improved yields in saline soils in the field and a reduced level of leaf Na^+. Plant Sci. 167: 849–859.
22. Zein El-Abedine, I.A., S.B. El-Amir, A.E. Abd-Allah, and A.A.M. Ragab. 2004. Influence of irrigation with saline drainage waters on some soil physico-chemical properties of the northern west area of Nile delta. Fayom. J. Agric. Res. Dev. 18: 133-142.

Archive of SID

www.SID.ir

Effect of Irrigation Water Salinity on Soil Moisture and Salinity during Growing Season, Barley Yield, and Its Water Productivity

H. Pirasteh-Anosheh[1], Y. Emam, S. A. Kazemeini and F. Dehghany

Assistant Professor., National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran; E-mail: h.pirasteh@areo.ir

Professor, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran; E-mail: Yaemam@shorazu.ac.ir

Associate Professor., College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran; E-mail: Kazemin@shirazu.ac.ir

Assistant Professor., National Salinity Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran; E-mail: Dehghany47@gmail.com

Received: May, 2016 & Accepted: February, 2017

Abstract

In a 2-year field study, soil moisture and EC of soil extract (ECe) during growing season as well as grain and biological yield and water productivity of barley plant cv. Nosrat were monitored as affected by two salinity levels of irrigation water. Salinity levels of irrigation water were 2 and 12 $dS.m^{-1}$. The results showed that salinity stress reduced grain, biological yield, and water productivity by, respectively, 36.0%, 52.1%, and 23.0% in the first year, and 48.4%, 69.1% and 31.7% in the second year. Higher losses in the second year were due to lower precipitation. Two-year averages of water productivity in terms of grain yields were 0.87 and 0.64 kg/m^3, for 2 and 12 $dS.m^{-1}$ water, respectively. In all days after imposing salinity treatment, soil moisture in control plots was significantly lower than saline plots. This difference was more distinct in the first depth and continued until the end of the growing season. On average, soil moisture levels in saline plots were higher than the control plots by 16.8% and 22.4% in the first and second years, respectively. In both years, ECe was also affected by salinity treatment, and this effect became more over time. The 2 and 12 $dS\ m^{-1}$ salinity treatments decreased and increased ECe, respectively. The highest ECe values were observed at 160 days after planting in all three soil depths. Overall, in this condition, irrigation with saline water increased ECe about twice at the end of season compared to early growth, and increased ECe by 20% over EC of irrigation water. Greater soil moisture in saline conditions is not useful for crops because it is not easily available and has low quality, however, halophytes such as *Panicum antidotale, Kochia spp., Salicornia spp.* in rotation with barley might use this higher soil moisture and produce acceptable yield with less water.

Keywords: Drainage, Saline soil, Saline water, Soil extract

[1]. Corresponding author: National Salinity Research Center, Nahalestan Street, Azadegan Boulevard, Yazd, Iran.

Archive of SID

www.SID.ir