Iranian Journal of Soil and Water Research ISNN: 2423-7833
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

Interaction Effects of Water Salinity and Deficit Irrigation on Growth of Grain Maize under Single row of Tape Irrigation

Mahboobeh Lor Mohammad Hasani[1], Rezvan Talebnejad[2]✉, Masoud Noshadi[3]

1. Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran, Email: Mahbobehhasani75@gmail.com
2. Corresponding Author, Water Engineering Department and Drought Research Center, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran, Email: rtalebnejad@shirazu.ac.ir
3. Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran, Email: noshadi@shirazu.ac.ir

Article Info

Article type: Research Article

Article history:

Received: July. 1, 2022

Revised: Sep. 14, 2022

Accepted: Sep. 20, 2022

Published online: Nov. 22, 2022

Keywords:
Micro Irrigation,
Water Productivity,
Salinity threshold of soil water saturation extract.

ABSTRACT

In order to investigate the effect of different salinity levels and deficit irrigation on the growth and yield and water productivity of maize, an experiment was conducted in the research farm of the College of Agriculture, Shiraz University, Iran in 2018. The factorial experiment was performed as a randomized complete block design with three replications. Four salinity levels of irrigation water including control (0.6), 2, 3.5 and 5 dS m^{-1} and three levels of irrigation water depths including full irrigation, 75% and 50% of full irrigation were applied. Maximum seed yield, number of seeds per ear and total dry matter were observed in full irrigation treatment with salinity level of 0.6 dS m^{-1}. Increased salinity from 0.6 to 3.5 dS m^{-1} had no significant effect on harvest index. Increasing the stress to 50% of full irrigation caused an average of 23% increase in seed maize water productivity. Maximum dry matter water productivity of 3.06 kg $m^{-3}$was observed in the treatment of 50% full irrigation with salinity of 2 dS m^{-1}. Therefore, in case of water shortage from the point of view of water resources management and soil salinity management, considering the salt leaching to prevent salt accumulation in the soil, treatment of 50% full irrigation with irrigation water salinity of 2 dS m^{-1} is recommended due to higher water productivity and lower yield slope per unit increase in salinity.

Cite this article: Lor Mohammad Hasani, M., Talebnejad, R., Noshadi, M. (2022) Interaction Effects of Water Salinity and Deficit Irrigation on Growth of Grain Maize under Single row of Tape Irrigation, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, http//doi.org/ 10.22059/ijswr.2022.345172.669308, 53 (9), 1997-2008.

© The Author(s). Publisher: University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2022.345172.669308

مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۳، شماره ۹ شاپا: ۷۸۳۳-۲۴۲۳
Homepage: http://ijswr.ut.ac.ir

برهمکنش اثرات شوری آب و کم‌آبیاری بر رشد ذرت دانه‌ای در سیستم آبیاری قطره‌ای نواری یک ردیفه در منطقه باجگاه استان فارس

محبوبه لرمحمدحسنی[۱]، رضوان طالب‌نژاد[۲]✉، مسعود نوشادی[۳]

۱. بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران، ایمیل: Mahbobehhasani75@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، بخش مهندسی آب و مرکز مطالعات خشکسالی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران، ایمیل: rtalebnejad@shirazu.ac.ir

۳. بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران، ایمیل: noshadi@shirazu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۴/۱۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۶/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۶/۲۹

تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۹/۱

واژه‌های کلیدی:
آبیاری موضعی،
بهره‌وری آب،
حد آستانه شوری عصاره اشباع آب خاک.

چکیده

محدود بودن منابع آبی و وجود خشکسالی‌ها و کمبود منابع آب شیرین و کاهش کیفیت منابع آبی، کمبود غذا را روز به روز تشدید می‌کند. به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف شوری و کم‌آبیاری بر رشد، اجزا محصول ذرت و بهره‌وری آب، آزمایشی در مزرعه‌ای تحقیقاتی بخش مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز سال ۱۳۹۸ در منطقه باجگاه استان فارس انجام شد. آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا درآمد، چهار سطح شوری آب آبیاری شامل شاهد ۰/۶، ۲، ۳/۵ و ۵ دسی زیمنس بر متر و سه سطح آبیاری شامل آبیاری کامل، ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل اعمال گردید. حداکثر مقدار محصول دانه، تعداد دانه در بلال و کل ماده‌ی خشک در تیمار آبیاری کامل با شوری ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده گردید. افزایش شوری از ۰/۶ تا ۳/۵ دسی‌زیمنس بر متر اثر معناداری بر روی شاخص برداشت نداشت. افزایش تنش به ۵۰ درصد آبیاری کامل به‌طور متوسط باعث افزایش ۲۳ درصدی بهره وری مصرف آب محصول دانه شد. حداکثر مقدار بهره وری مصرف آب ماده‌ی خشک ۳/۰۶ کیلوگرم بر مترمکعب در تیمار۵۰ درصد آبیاری کامل با شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده گردید؛ بنابراین در شرایط کمبود آب از دیدگاه مدیریت منابع آب و مدیریت شوری خاک با در نظر گرفتن آبشویی نمک برای جلوگیری از آسیب تجمع نمک در خاک، تیمار ۵۰ درصد آبیاری کامل با شوری ۲ دسی زیمنس بر متر به دلیل بهره‌وری بیشتر آب و شیب کمتر کاهش محصول به ازای یک واحد افزایش شوری، توصیه می‌شود.

استناد: لر محمدحسنی؛ محبوبه، طالب نژاد؛ رضوان، نوشادی؛ مسعود، (۱۴۰۱) برهمکنش اثرات شوری آب و کم‌آبیاری بر رشد ذرت دانه‌ای در سیستم آبیاری قطره‌ای نواری یک ردیفه در منطقه باجگاه استان فارس، *مجله تحقیقات آب و خاک ایران*، http//doi.org/ 10.22059/ijswr.2022.345172.669308 ، ۵۳ (۹)، ۲۰۰۸- ۱۹۹۷.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijswr.2022.345172.669308

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

مقدمه

یکی از بزرگ‌ترین نگرانی‌های جهان کمبود آب شیرین است که امنیت غذایی را تهدید می‌کند (Karandish & Simunkek, 2017). از سوی دیگر یکی از عوامل مهمی که حفظ و توسعه کشاورزی اراضی فاریاب را در نواحی خشک دچار مشکل می‌کند، کمبود آب است و کاهش کمی و کیفی منابع آب شیرین در مناطق خشک و نیمه‌خشک، توسعه پایدار کشاورزی را دچار خطر جدی کرده است (Wan *et al*., 2012). در این راستا، می‌توان از آب‌های باکیفیت پایین یا آب‌های غیرمتعارف و هم‌چنین استراتژی‌های کم آبیاری برای رفع این مشکل استفاده کرد (Huang *et al*., 2019). مصرف زیاد آب در بخش کشاورزی، نیاز به اتخاذ استراتژی‌های مختلف دستیابی به کار آیی مناسب مصرف آب دارد. به این منظور استفاده از آبیاری قطره‌ای–نواری با توجه به راندمان بالا و هدر رفت کم، گزینه مناسبی است (Huang *et al*., 2019). کم‌آبیاری باعث افزایش بهره‌وری آب از طریق کاهش مصرف آب و درعین‌حال به حداقل رساندن اثرات منفی بر محصول است (Aydinsakir *et al*., 2013). برای جلوگیری از کاهش محصول می‌توان از آبی که از طریق کم‌آبیاری ذخیره‌شده است در مراحل حساس به تنش آب استفاده کرد (Ali *et al*., 2008).

شوری یکی از تنش‌های محیطی است که سبب کاهش تولید محصولات کشاورزی در نواحی وسیعی از جهان می‌گردد و از عوامل محدودکننده تولیدات کشاورزی است (Amer, 2010). مطالعات صورت گرفته در گیاه ذرت نشان داده است که شوری یکی از علل اصلی محدودکننده رشد این گیاه است (Wan *et al*., 2010). آب‌شور باعث شوری خاک می‌شود و شوری خاک ناشی از کاربرد آب آبیاری شور منجر به تخریب خاک و پوشش گیاهی می‌شود و حتی می‌تواند باعث غیرقابل استفاده شدن زمین‌های زراعی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک شود (Huang *et al*., 2019). طی تحقیقی Mass & Hafman(1977) آستانه تحمل ذرت نسبت به شوری آب و خاک را به ترتیب ۱/۱ و ۱/۷ دسی زیمنس بر متر و نیز میزان کاهش عملکرد دانه به ازای هر واحد افزایش شوری خاک را معادل ۱۲ درصد گزارش کردند. در تحقیقی دیگر Hafman *et al*. (1977) تحمل ذرت به شوری را بررسی کردند نتایج این تحقیق نشان داد که میانگین شوری محلول خاک در محدوده ریشه در طول فصل رشد تا نزدیک ۳/۷ دسی زیمنس بر متر باعث کاهش محصول نشد اما به ازای هر واحد افزایش بیش‌تر شوری، عملکرد دانه، ۱۴ درصد کاهش داشت. نتایج تحقیقی در شمال چین با اعمال پنج تیمار شوری آب آبیاری از ۰/۹ تا ۸/۶ دسی زیمنس بر متر در مورد گیاه ذرت نشان داد که سرعت جوانه‌زنی گیاه تحت تأثیر آبیاری با آب‌شور در سامانه آبیاری قطره‌ای قرار نگرفته، اما پارامترهای رشد با افزایش شوری آب آبیاری کاهش‌یافته است و به ازای افزایش شوری آب آبیاری به‌اندازه یک دسی زیمنس بر متر، محصول حدود ۰/۴ تا ۳/۳ درصد کاهش یافت (Kang *et al*., 2010). آبیاری قطره‌ای یکی از بهترین روش‌ها برای اصلاح خاک‌های با شوری بالا بوده و می‌توان از این سامانه در شرایط آب‌وهوای خشک با آب‌شور، با اعمال روش‌های مدیریتی مناسب در کشت ذرت استفاده کرد (Wan *et al*., 2012). ازآنجایی‌که آبیاری قطره‌ای باعث می‌شود آب دقیقاً در منطقه ریشه قرار گیرد و به‌طور یکنواخت با حجم بسیار کم توزیع شود، رواناب سطحی را حذف و نفوذ عمقی را به‌شدت کاهش می‌دهد، این ویژگی‌ها آبیاری قطره‌ای را به‌طور بالقوه بسیار کارآمدتر از سایر روش‌های آبیاری می‌کند و به‌طور قابل‌توجهی باعث صرفه‌جویی آب می‌شود (Hanson *et al*., 2008). بنابراین کاربرد سیستم‌های نوین آبیاری همچون آبیاری قطره‌ای به دلیل دور آبیاری کم و بالا نگه‌داشتن رطوبت خاک یکی از گزینه‌های مناسب در مورد کاربرد آب‌های شور می‌باشد (Huang *et al*., 2019). و به طور کلی در آبیاری قطره‌ای بدون در نظر گرفتن روش مدیریتی، میزان کاهش عملکرد با افزایش شوری در مقایسه با آبیاری سطحی کم‌تر است (Azizian & Sepaskhah, 2014). راندمان کاربرد روش آبیاری قطره‌ای می‌تواند تا ۹۰ درصد در مقایسه با ۶۰ تا ۸۰ درصد برای آبیاری بارانی و ۵۰–۶۰ درصد برای آبیاری سطحی باشد (Li *et al*., 2015). با وجود آنکه آبیاری قطره‌ای به‌عنوان قابل‌اطمینان‌ترین راه سازگاربامحیط‌زیست در شرایط کم‌آبی برای استفاده از منابع آب کم کیفیت است (Liu *et al*., 2015; Li *et al*., 2015). بااین‌حال، مسأله مسدود شدن قطره‌چکان‌ها همیشه مانع اصلی استفاده از مقیاس بزرگ و ارتقاء فن‌آوری آبیاری قطره‌ای بوده است، زیرا این امر به‌طور مستقیم بر عملکرد سیستم و عمر مفید سیستم اثر می‌گذارد (Hanson *et al*., 2008; Li *et al*., 2015). ازآنجاکه در مدیریت آبیاری با آب‌شور، جلوگیری از تجمع نمک در خاک لازم است، به این منظور فن‌آوری آبیاری قطره‌ای اغلب بر روش‌های بارانی و دیگر روش‌های آبیاری ترجیح داده می‌شود، زیرا آبیاری قطره‌ای می‌تواند آب را در منطقه ریشه گیاه حفظ کند، تولید محصول را افزایش دهد و باعث افزایش کیفیت محصول شود (Liu *et al*., 2015).

بنابراین با توجه به آنکه آبیاری قطره‌ای نواری یک ردیفه در صورت طراحی، اجرا و مدیریت مناسب یکی از راهکارهای افزایش راندمان مصرف آب است و امکان کاربرد آب‌شور در این روش آبیاری در کشت ذرت دانه‌ای به‌عنوان یک گیاه با ارزش اقتصادی زیاد و آب

مصرفی قابل‌ملاحظه وجود دارد. هدف از این پژوهش بررسی اثرات شوری آب و کم آبیاری بر رشد ذرت دانه‌ای در آبیاری قطره‌ای نواری یک ردیفه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف شوری و کم‌آبیاری بر رشد و اجزای محصول ذرت و بهره‌وری آب، آزمایشی در مزرعه‌ای تحقیقاتی بخش مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در سال ۱۳۹۸ انجام شد. دانشکده کشاورزی واقع در منطقه باجگاه در ۱۶ کیلومتری شمال شیراز با طول جغرافیایی ´۳۲ °۵۲ و عرض جغرافیایی ´۳۲ °۲۹ و در ارتفاع ۱۸۱۰ متری از سطح دریای آزاد واقع‌شده است. اطلاعات هواشناسی موردنیاز از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک واقع در دانشکده کشاورزی تهیه گردید.

جهت انجام پژوهش، آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا درآمد، چهار سطح شوری آب آبیاری شامل (EC1=0.6، EC2=2، EC3=3.5 و EC4=5) دسی زیمنس بر متر و تیمارهای مقدار آب آبیاری در سه سطح آبی آبیاری کامل (I1 ,FI= Full Irrigation)، ۷۵ درصد آبیاری کامل (I2 ,0.75FI) و ۵۰ درصد آبیاری کامل (I3 ,0.5FI) در نظر گرفته شد. نمایی از طرح تحقیق و نحوه قرارگیری تیمارها در پلات‌های به ابعاد ۳ متر در ۲/۵ متر در شکل ۱ ارائه‌شده است. مزرعه موردنظر در خاک با بافت لوم رسی با ظرفیت زراعی ۳۲درصد حجمی (رطوبت در مکش ۰/۳۳ بار) و نقطه پژمردگی دائم ۱۹ درصد حجمی انجام شد، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه موردمطالعه در جدول ۱ ارائه‌شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه موردمطالعه

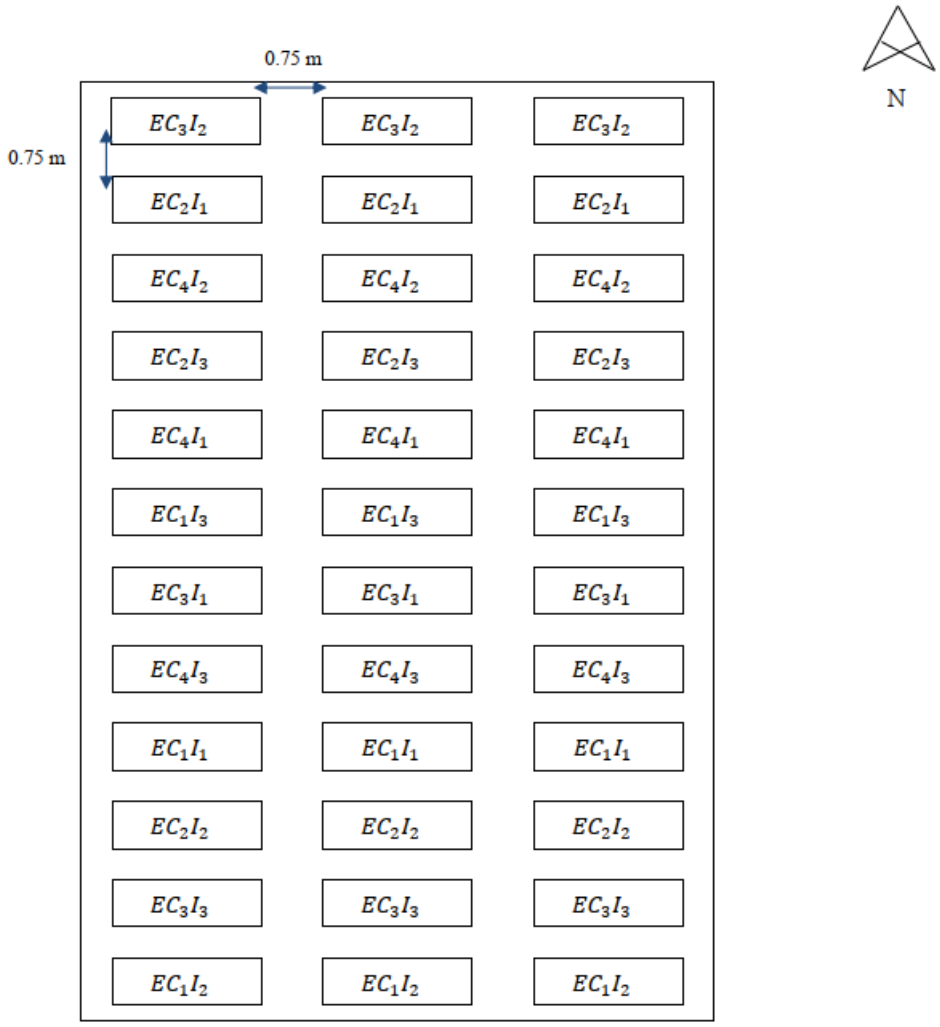
جدول خصوصیات فیزیکی و شیمیایی	عمق خاک (cm)		
	۰-۳۰	۳۰-۶۰	۶۰-۹۰
ظرفیت زراعی ($cm\ cm^{-3}$)	۰/۳۲	۰/۳۳	۰/۳۴
نقطه پژمردگی دائم ($cm\ cm^{-3}$)	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۲۰
چگالی ظاهری ($g\ cm^{-3}$)	۱/۴۷	۱/۶	۱/۶۶
شن %	۳۳/۵	۲۲/۳	۲۰
سیلت %	۳۴/۲	۳۶/۹	۳۸/۱
رس %	۳۲/۳	۴۰/۸	۴۱/۹
بافت خاک	لوم‌رسی	لوم‌رسی	لوم‌رسی
EC_e ($dS\ m^{-1}$)	۰/۸	۰/۹۲	۱/۱
Cl^- ($meq\ l^{-1}$)	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۴
Na^+ ($meq\ l^{-1}$)	۰/۳۹	۰/۶۴	۰/۹
Ca^{2+} ($meq\ l^{-1}$)	۱/۴	۱/۸	۲/۴
Mg^{2+} ($meq\ l^{-1}$)	۱/۶	۲	۲/۲
N- No_3 ($mg\ kg\ soil^{-1}$)	18.7	5.85	17.7
P ($mg\ kg^{-1}$)	۱۸/۲	--	--
K ($meq\ kg^{-1}$)	۰/۳۶	۰/۲۹	۰/۱۹
Organic C (%)	۱/۴۶	۱/۲۲	۰/۸۵

--داده اندازه گیری شده وجود ندارد.

به‌منظور آماده‌سازی زمین پس از شخم عمیق به کمک تراکتور، ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر (P_2O_5) به‌صورت سوپر فسفات تریپل با خلوص ۴۶ درصد در ابتدای کشت و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌صورت اوره با خلوص ۴۶ درصد، طی دو مرحله در جوانه‌زنی در تاریخ ۲۷ خرداد و آغاز گلدهی در تاریخ ۳۱ مرداد به عنوان کود شیمیایی مورد نیاز مزرعه بر اساس عرف زارع در منطقه در سال ۱۳۹۸ اعمال گردید. در مرحله اول کود دهی به شکل پاشش در سطح مزرعه و در مرحله دوم از طریق تزریق کود همراه با آب‌شور

به‌صورت محلول انجام شد.

آبیاری مزرعه به‌صورت قطره‌ای-نواری یک ردیفه با فواصل ۷۵ سانتی‌متر برای نوارها انجام شد خروجی‌ها به فاصله ۲۰ سانتی‌متر و دبی ۳ لیتر بر ساعت بوده است. برای اعمال تیمارهای شوری آب آبیاری، از مخزن ۲۰ لیتری متصل به سه عدد نوار تیپ که تکرارهای آزمایش محسوب می‌شدند استفاده شد. ذرت رقم سینگل‌کراس، واریته ۷۰۴ با تراکم ۷۵ هزار بوته در هکتار در عمق تقریبی ۵ سانتی‌متر با بذرپاش کشت گردید و برای جلوگیری از حرکت و نشت نمک به تیمارهای کناری، بین هر تیمار با تیمار مجاور یک ردیف ذرت به‌عنوان محافظ در نظر گرفته شد. آب با شوری‌های مختلف با اضافه نمودن نمک‌های NaCl و $CaCl_2$ به وزن یکسان اکی والانی به آب شاهد با شوری ۰/۶ دسی زیمنس بر متر تهیه شد. کاشت محصول در تاریخ ۲۷ خرداد ۱۳۹۸ و برداشت محصول ۱۱۴ روز بعد از کاشت در تاریخ ۱۶ مهر ۱۳۹۸ انجام شد. مقدار محصول دانه و کاه و کلش هر کرت به‌طور جداگانه بسته‌بندی شد. وزن کل تر با ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شد و سپس برای اندازه‌گیری وزن خشک گیاه، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و به مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و سپس وزن خشک اندازه‌گیری شد، شاخص برداشت از نسبت محصول دانه به کل ماده خشک محاسبه شد.



شکل ۱- نمایی از طرح تحقیق

مقدار آب آبیاری با توجه به مقدار تبخیر-تعرق بالقوه روزانه گیاه مرجع و ضریب گیاهی ذرت با استفاده از معادله پنمن-مانتیث فائو اصلاح‌شده (Razzaghi & Sepaskhah 2012) تعیین گردید.

رابطه۱)

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{2215}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.84u_2)}$$

که در این رابطه T میانگین روزانه دمای هوا در ارتفاع ۲ متری (درجه سلسیوس)، e_s: فشار بخار اشباع (کیلو پاسکال)، e_a: فشار بخار واقعی(کیلو پاسکال)، $e_s - e_a$: کمبود فشار بخار اشباع(کیلو پاسکال)، Δ: شیب منحنی فشار بخار(کیلو پاسکال بر درجه سلسیوس)، γ: ضریب ثابت سایکرومتری(کیلو پاسکال بر درجه سلسیوس) می‌باشد، u_2 میانگین روزانه سرعت باد در ارتفاع ۲ متری(متر بر ثانیه)، G: شار گرمای خاک(مگا ژول بر مترمربع بر روز)، R_n: تابش خالص ورودی به سطح گیاه(مگا ژول بر مترمربع بر روز)، ET_0: تبخیر-تعرق گیاه مرجع(میلی‌متر بر روز) است. مقدار تبخیر-تعرق ذرت (نیاز آبی) از روابط زیر محاسبه شد:

رابطه ۲)

$$ET_c = K_c \times ET_0$$

رابطه ۳)

$$D_R = ET_c \times A \times K_r$$

در این روابط: ET_c تبخیر تعرق گیاه (میلی‌متر بر روز)، K_c ضریب گیاهی که در مراحل مختلف رشد بر اساس تحقیقات Allen *etal.*(1996)، (مرحله ابتدایی رشد، ۰/۱۵، مرحله میانی رشد، ۱/۲ و مرحله پایانی رشد، ۰/۳۵) در نظر گرفته شد K_r ضریب سایه‌انداز که بر اساس اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای تعیین شد، (مرحله ابتدایی رشد،۰/۱۹، مرحله توسعه، ۰/۳۶ ، مرحله میانی، ۰/۶۷ و مرحله پایانی، ۰/۹۳ است) ،D_R نیاز آبی گیاه (لیتر در روز) و A مساحت کرت در تیمار آزمایشی است راندمان کاربرد آب در مزرعه با توجه به روش آبیاری قطره ای و نوع و کیفیت نوارهای آبیاری برابر ۹۰ در نظر گرفته شده مقدار آب آبیاری تعیین شد. دور آبیاری در پژوهش موردنظر به طور متوسط سه روز در نظر گرفته شد. بر اساس اندازه‌گیری‌های صورت گرفته بهره‌وری آب (WP_I) بر اساس نسبت محصول تولیدی به آب آبیاری حسب بر کیلوگرم بر مترمکعب تعیین شد. با توجه به اعمال تیمار کم آبیاری و در نظر گرفتن راندمان ۹۰ درصد، مقدار آب اضافی به عنوان نیاز آبشویی در نظر گرفته نشد. رطوبت خاک قبل از آبیاری در کل تیمارها با استفاده از آگر در اعماق ۳۰-۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ به روش نمونه‌برداری وزنی تعیین گردید.

از آنجا که غلظت نمک با تغییر مقدار آب خاک تغییر می‌کند به طور معمول شوری خاک بر حسب هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک اندازه گیری و بر حسب دسی زیمنس بر متر بیان می‌شود. عصاره اشباع محلول خاک پس از افزودن مقدار کافی آب مقطر به نمونه خاک و اشباع شدن آن، تهیه می‌شود. عملکرد محصول گیاهان با افزایش هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک تا حد مشخص که هدایت الکتریکی آستانه شوری نامیده می‌شود در حد پتانسیل است. تحت مدیریت زراعی مطلوب، با افزایش شوری به بیشتر از آستانه، عملکرد محصول متناسب با افزایش شوری خاک عمق ریشه به صورت خطی کاهش می‌یابد. میزان کاهش عملکرد محصول با افزایش شوری، به طور معمول، تحت یک شیب کاهش عملکرد بر حسب درصد به ازای هر دسی زیمنس بر متر افزایش شوری، بیان می‌شود(Ayers *etal.*, 1985). در این پژوهش حد آستانه شوری عصاره اشباع برای کاهش محصول دانه و درصد کاهش محصول به ازای یک واحد افزایش شوری در تابع تولید محصول نسبی با استفاده از معادله زیر تعیین شد.

رابطه ۴)

$$\frac{GY_a}{GY_m} = 1 - b(EC_e - EC_{threshold})$$

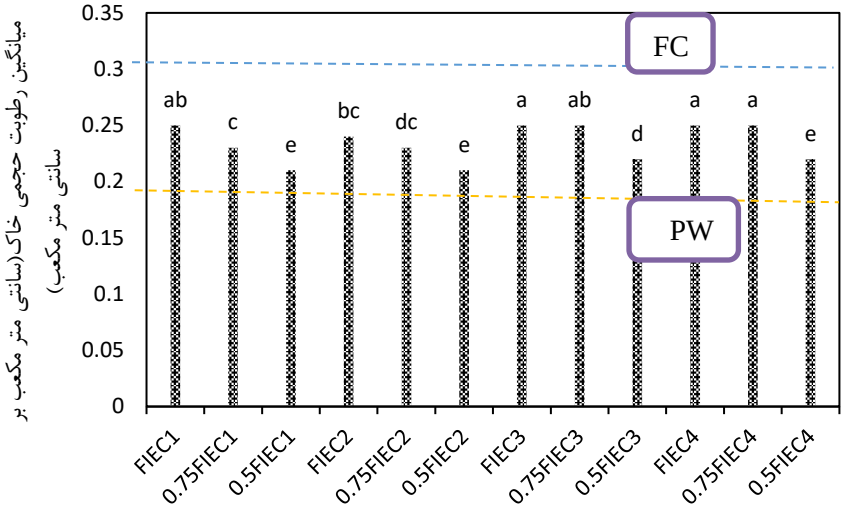
که در این روابط: GY_a عملکرد محصول واقعی، GY_m حداکثر عملکرد محصول، b شیب کاهش عملکرد محصول، EC_e هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک، $EC_{threshold}$ هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در آستانه کاهش عملکرد محصول به پایین‌تر از حداکثر مقدار مورد انتظار است.

نتایج و بحث

میانگین رطوبت خاک

نتایج تجزیه واریانس رطوبت خاک در جدول ۲ ارائه‌شده است. نتایج نشان داد که اثر رژیم‌های مختلف آبیاری، برهمکنش رژیم‌های آبیاری و سطوح مختلف شوری و اثر سطوح مختلف شوری بر میانگین رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری در طول فصل رشد گیاه ذرت معنادار

بوده است. میانگین رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری در طول فصل کشت برای هر تیمار در شکل (۲) قابل‌مشاهده است. با افزایش شوری از ۲ به ۳/۵ دسی زیمنس بر متر مقدار رطوبت حجمی خاک در آبیاری کامل، ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل به ترتیب ۴/۲، ۷/۴ و ۶/۴ درصد افزایش پیدا کرد. به‌طورکلی با اعمال کم‌آبیاری رطوبت خاک در تیمار شوری شاهد کاهش پیدا کرد ولی در تیمارهای تنش شوری بین آبیاری کامل و ۷۵ درصد تفاوت معنادار مشاهده نشد این مسئله می‌تواند به دلیل کاهش جذب آب توسط ریشه و کاهش رشد گیاه باشد.



شکل ۲- میانگین رطوبت حجمی خاک (سانتی‌مترمکعب بر سانتی‌مترمکعب) قبل از آبیاری در طول فصل کشت در رژیم‌های آبیاری و سطوح مختلف شوری

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر کم‌آبیاری و شوری بر رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری و صفات مورد ارزیابی در ذرت.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		میانگین رطوبت حجمی	محصول دانه	کل ماده خشک	شاخص برداشت	وزن هزار دانه	تعداد دانه در هر بلال
تکرار	۲	۱۹/۵۷۷۶**	۲/۰۴۴**	۰/۱۶۲ ns	۰/ ۰۰۷۸**	۴۳۲/۰۹ns	۵۴۹۱/۶۹**
شوری آب آبیاری	۳	۵/۱۶۷۶**	۲۲/۶۶**	۲۶۱/۴۲**	۰/۰۳۸**	۱۰۸۸۶/۲۸**	۳۷۹۶۵/۷۴**
رژیم آبیاری	۲	۳۳/۵۷۲۱**	۱۴/۴۹**	۱/۳۶ ns	۰/۰۴۵**	۱۷۳۷/۹۶**	۴۵۵۵۳/۰۲۷ **
شوری آب آبیاری×رژیم آبیاری	۶	۰/۳۹۲۰*	۲/۰۳۲**	۵/۵۳**	۰/۰۰۳۸*	۵۴/۹۶ ns	۵۷۵۰/۹۹**
خطا	۲۲	۲/۷۹۱۸۲۷۸	۰/۲۹	۱/۰۹	۰/۰۲۴	۱۵۸/۹۲	۸۵۳/۵۷
ضریب تغییرات (٪)		۱/۴۹	۱۰/۴۱	۷/۴۶	۸/۵۲	۴/۶۸	۷/۶۷

ns، *، ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد را نشان می‌دهد

محصول دانه

نتایج تجزیه واریانس محصول دانه در تیمارهای مختلف در جدول شماره ۲ ارائه‌شده است. نتایج نشان داد که اثر سطوح کم‌آبیاری و شوری و برهمکنش تیمارها اثر معنی‌دار بر محصول دانه ذرت داشته است. حداکثر مقدار محصول دانه ۹/۵۳ تن در هکتار در آبیاری کامل با شوری ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده گردید. بیش‌ترین میزان محصول دانه در تحقیق Azizian & Sepaskhah (2014) با روش آبیاری سطحی نیز ۹/۵ تن در هکتار در منطقه مورد مطالعه گزارش شد. کم‌ترین مقدار محصول دانه ۳/۳ تن در هکتار در تیمار ۵۰ درصد آبیاری کامل با شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر رخ داد. اعمال تنش از آبیاری کامل به ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل به ترتیب باعث کاهش ۲۱/۵۱ و ۴۷/۵۳ درصدی محصول دانه نسبت به آبیاری کامل در تیمار شوری آب شاهد گردید، درحالی‌که در سطوح شوری ۳/۵ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر این مقدار کم‌آبیاری تفاوت معناداری در محصول دانه ایجاد نکرد (جدول ۳). پژوهش Azizian & Sepaskhah (2014) نشان داد در تیمار شوری ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر مقدار محصول دانه با اعمال تنش ۵۰ درصد آبیاری کامل کاهش ۵۱/۶۱ درصدی نسبت به

تیمار آبیاری کامل در روش آبیاری سطحی داشت. در تیمار ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل افزایش شوری تا ۲ دسی زیمنس بر متر کاهش معنادار در محصول دانه ندارد بنابراین در شرایط کمبود آب شیرین در دسترس ضمن در نظر گرفتن شوری خاک، کاربرد آب‌شور تا حد ۲ دسی زیمنس بر متر با توجه به تحمل دانه ذرت توصیه می‌گردد. آمر در سال ۲۰۱۰ اثرات سطوح مختلف شوری (۴/۷۳ ، ۲/۸۱ ، ۰/۸۹ دسی زیمنس بر متر) و آب آبیاری (۰/۶، ۰/۸، ۱، ۱/۲، ۱/۴ درصد نیاز آبی) را بر روی رشد و محصول ذرت بررسی کرد، حداکثر محصول در تیمار آبیاری کامل و آب آبیاری با حداقل شوری، مشاهده گردید. محصول دانه رابطه خطی نزولی در شرایط آبیاری با آب‌شور داشت (Amer, 2010). در پژوهشی دیگر یان و همکاران در سال ۲۰۱۹ اثرات سطوح مختلف شوری و کم‌آبیاری را بر روی رشد و محصول ذرت در چین بررسی کردند. طبق نتایج آنها با افزایش میزان شوری و کاهش مقدار آب آبیاری محصول دانه کاهش و شوری خاک افزایش پیدا کرد. همچنین شوری ۳ گرم بر لیتر و آبیاری ۳۷۰ میلی‌متر تأثیر زیادی در کاهش محصول نداشت به‌طوری‌که میزان محصول دانه در آبیاری کامل (۵۵۵ میلی‌متر) با شوری ۰/۷۱ گرم بر لیتر ۶/۷۶ تن در هکتار گزارش شد و در تیمار آبیاری ۳۷۰ میلی‌متر و شوری ۳ گرم بر لیتر میزان محصول ۶/۳۴ تن در هکتار گزارش کردند(Yuan *et al*., 2019). که از مقادیر محصول دانه مشاهده شده در پژوهش حاضر کمتر است.

کل ماده‌ی خشک

با توجه به نتایج تجزیه واریانس در جدول ۲ مشخص گردید که اثر شوری و برهمکنش شوری و کم‌آبیاری بر میزان کل ماده‌ی خشک معنی‌دار بوده است، ولی اثر رژیم‌های آبیاری بر کل ماده خشک معنادار نبود. حداکثر میزان کل ماده‌ی خشک ۲۱/۳۸ تن در هکتار در تیمار آبیاری کامل با شوری ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد که تفاوت معنادار با همین سطح شوری و آبیاری ۷۵ درصد آبیاری کامل نداشت. اعمال تنش از آبیاری کامل به ۵۰ درصد آبیاری کامل باعث کاهش ۱۵/۹ درصد کل ماده‌ی خشک نسبت به آبیاری کامل در تیمار شاهد (۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر) شد. طبق جدول ۳، افزایش شوری از ۲ به ۵ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب باعث ۴۸، ۴۸/۳۴ و ۶۲ درصد کاهش کل ماده‌ی خشک در آبیاری کامل، ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل شد؛ بنابراین بر اساس نتایج این پژوهش کل ماده خشک ذرت نسبت به افزایش شوری در مقایسه با محصول دانه کاهش شدیدتری داشته است. به‌طورکلی در سطوح شوری بالاتر اعمال کم‌آبیاری اثر معناداری بر کل ماده خشک تولیدی ذرت نداشت که می‌تواند ناشی از اعمال روش آبیاری قطره‌ای و بالا نگه‌داشتن رطوبت خاک در طول فصل رشد باشد. درحالی‌که در پژوهش Azizian & Sepaskhah (2014) اعمال تنش از آبیاری کامل به ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل باعث کاهش ۱۴/۲۱ و ۳۶/۶۱ درصد کل ماده‌ی خشک نسبت به آبیاری کامل با روش آبیاری سطحی در تیمار شاهد شد. در کلیه سطوح شوری کاهش آب آبیاری از آبیاری کامل به ۷۵ درصد آبیاری کامل باعث تفاوت معنادار در ماده خشک نشده است بنابراین در شرایط کمبود آب، ۲۵ درصد کم آبیاری در مدیریت کشت ذرت به شکل علوفه ای در کاربرد آبیاری قطره ای نواری توصیه می شود.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر رژیم‌های مختلف آب آبیاری و سطوح مختلف شوری بر صفات مورد ارزیابی در ذرت

رژیم آبیاری	شوری (دسی زیمنس بر متر)	محصول و اجزای محصول				
		محصول دانه (تن در هکتار)	کل ماده خشک (تن درهکتار)	شاخص برداشت	تعداد دانه در هر بلال	بهره‌وری مصرف آب کل ماده خشک (کیلوگرم بر مترمکعب)
آبیاری کامل	۰/۶	۹/۵۳^{a}	۲۱/۳۸^{a}	۰/۴۴^{abc}	۵۷۸/۶^{a}	۱/۷۴^{cd}
	۲	۶/۱۰^{bc}	۱۵/۴۱^{c}	۰/۳۹^{bcd}	۴۲۶/۷^{bc}	۱/۲۷^{de}
	۳/۵	۵/۱۲^{cde}	۱۲/۱۷^{d}	۰/۴۲^{bc}	۴۰۷/۳^{bcd}	۱/۰^{ef}
	۵	۴/۳۴^{ef}	۸/۰^{e}	۰/۵۴^{a}	۳۴۶^{cde}	۰/۶۵^{f}
۷۵درصد آبیاری کامل	۰/۶	۷/۴۸^{b}	۲۱/۰۲^{ab}	۰/۳۵^{cdef}	۴۶۸^{b}	۲/۳۳^{b}
	۲	۵/۹۷^{bcd}	۱۵/۴۵^{c}	۰/۳۸^{bcd}	۴۲۲/۳^{bc}	۱/۷۱^{cd}
	۳/۵	۴/۳۷^{efd}	۱۲/۱۱^{d}	۰/۳۶^{cde}	۳۶۲/۳^{cde}	۱/۳۴^{de}
	۵	۳/۵۴^{ef}	۷/۹۸^{e}	۰/۴۴^{bc}	۳۱۹^{e}	۰/۸۸^{ef}
۵۰ درصد آبیاری کامل	۰/۶	۵/۰^{cde}	۱۷/۹۸^{bc}	۰/۲۷^{ef}	۳۴۴^{e}	۳/۰۶^{a}
	۲	۴/۴۶^{def}	۱۷/۹۱^{c}	۰/۲۵^{f}	۳۳۳^{cde}	۳/۰۵^{a}
	۳/۵	۳/۵۸^{ef}	۱۱/۵۹^{d}	۰/۳۰^{def}	۳۱۰^{e}	۱/۹۷^{bc}

۱/۸۸^{e}	۲۷۹^{e}	۰/۴۷^{ab}	۶/۹۷^{e}	۳/۳^{f}	۵

میانگین‌ها در هر ستون که دارای حروف مشابه می‌باشند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس شاخص برداشت در جدول ۲ نشان داد که اثر سطوح کم‌آبیاری و شوری و برهمکنش تیمارها در سطح یک درصد بر شاخص برداشت معنادار شد. با افزایش شوری از ۳/۵ به ۵ دسی زیمنس بر متر شاخص برداشت به علت کاهش کل ماده خشک در شوری بالاتر، ۲۵ درصد افزایش پیدا کرد. در تحقیقی که توسط Azizian & Sepaskhah (2014) روی اثرات سطوح مختلف آب آبیاری شامل آبیاری کامل، ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل، شوری (0.6, 2, 4) و میزان کود نیتروژن روی رشد و محصول ذرت در منطقه باجگاه انجام شد، مقدار شاخص برداشت بین ۰/۳۷ تا ۰/۴۹ متغیر بود که حداکثر آن در تیمار آبیاری کامل با شوری ۰/۶ و کم‌ترین مقدار آن در تیمار ۵۰ درصد آبیاری کامل گزارش شد که نتایج نزدیک به مقدار شاخص برداشت در آزمایش حاضراست. همچنین طی تحقیقی Bryant *et al*. (1992) نشان دادند که تنش آبی باعث کاهش محصول، کاهش زیست‌توده و شاخص برداشت ذرت گردید.

تعداد دانه در هر بلال

طبق تجزیه واریانس تعداد دانه در هر بلال اثر سطوح کم‌آبیاری و شوری و برهمکنش تیمارها اثر معنی‌دار بر تعداد دانه در هر بلال ذرت داشته است(جدول ۲). طبق جدول ۳، با اعمال تنش از آبیاری کامل به ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل به ترتیب باعث کاهش ۱۹/۱۲ و ۴۲/۴۵ درصدی تعداد دانه در هر بلال نسبت به آبیاری کامل در تیمار شاهد شد(جدول ۳). افزایش شوری از ۲ به ۵ دسی‌زیمنس بر متر باعث ۲۴/۴۶ درصد کاهش تعداد دانه در بلال در ۷۵ درصد آبیاری کامل شد درحالی‌که در آبیاری کامل و ۵۰ درصد آبیاری کامل این افزایش شوری اثر معنادار نداشت. اعمال تنش از آبیاری کامل به ۵۰ درصد آبیاری کامل در تیمار شاهد باعث کاهش ۴۲/۴۵ درصد تعداد دانه در بلال شد درحالی‌که در تیمار ۲ و ۵ دسی‌زیمنس بر متر کاهش معنادار ایجاد نکرد. تحقیقی توسط Erdal *et al*. (2013) برای بررسی تحمل دو ژنوتیپ ذرت Safak و Ant-i90، در سطوح مختلف کم‌آبیاری (۵۰،۷۵،۱۰۰ درصد نیاز آبی) در آنتالیا ترکیه انجام گرفت نتایج تحقیق نشان داد تعداد دانه در بلال به‌طور میانگین در این سه تیمار به ترتیب ۵۲۲/۸، ۴۵۹/۵ و ۴۲۷/۱ بود که تیمار ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل، کاهش ۱۲ و ۱۸/۳ درصدی تعداد دانه در بلال نسبت به تیمار آبیاری کامل داشتند. درحالی‌که میانگین تعداد دانه در بلال در آزمایش حاضر ۴۳۹/۶۷، ۳۸۵/۷۵ و ۳۱۶/۷۵ بود که کاهش ۱۵/۹، ۱۶ و ۲۵/۸۳ درصدی نسبت به پژوهش Erdal *et al*. (2013) داشت.

وزن هزاردانه

طبق تجزیه واریانس وزن هزاردانه اثر سطوح آبیاری و شوری آب آبیاری اثر معنی‌دار بر وزن هزار دانه ذرت داشته است ولی برهمکنش تیمارها بر وزن هزار دانه معنی‌دار نبوده است(جدول ۳). اثر اصلی رژیم‌های آبیاری نشان داد اعمال تنش آبی به میزان ۷۵ درصد آبیاری کامل باعث کاهش معنادار وزن هزار دانه نشد ولی با افزایش تنش به ۵۰ درصد آبیاری کامل به‌طور متوسط باعث کاهش ۷ درصدی وزن هزاردانه شد(جدول ۳). این مسئله می‌تواند ناشی از کاربرد آبیاری قطره ای و تأمین رطوبت خاک در حد مطلوب گیاه به طور مداوم باشد. با افزایش شوری از ۳/۵ به ۵ دسی‌زیمنس بر متر کاهش معنادار در کلیه سطوح مقدار آب آبیاری در مقدار وزن هزاردانه ایجاد نشد. اثر اصلی شوری آب آبیاری نشان داد افزایش شوری بیش‌تر از ۳/۵ دسی‌زیمنس بر متر کاهش معنادار در میزان وزن هزار دانه ایجاد نمی‌کند و افزایش شوری از ۰/۶ به ۲ و ۳/۵ به ترتیب موجب کاهش ۱۲/۳۸ و ۲۳/۴۹ درصدی وزن هزاردانه شد تحقیق انجام شده توسط Azizian & Sepaskhah (2014) روی رشد و بهره‌وری آب ذرت در منطقه باجگاه حداکثر و حداقل وزن هزار دانه به ترتیب ۱۹۱/۴ و ۱۵۷ گرم در تیمار آبیاری کامل و ۵۰ درصد آبیاری کامل مشاهده شد درحالی‌که مقدار وزن هزار دانه در پژوهش حاضر ۳۲۹ و ۲۳۱ گرم متغیر بود که افزایش قابل‌توجهی نسبت به وزن هزار دانه در پژوهش آن‌ها داشت. بنابراین در شرایط کمبود آب، استفاده از آب‌شور تا ۲۵ درصد کم آبیاری کاهش معنادار در مقدار وزن هزاردانه ایجاد نمی‌کند. تحقیقی توسط Erdal *et al*. (2013) برای بررسی تحمل دو ژنوتیپ ذرت (Safak & Ant-i90)، در سطوح مختلف کم‌آبیاری (۵۰،۷۵،۱۰۰ درصد آبیاری کامل) در آنتالیا ترکیه انجام گرفت. نتایج نشان داد که وزن هزار دانه در این سه تیمار ۴۰۷/۴، ۳۸۵/۹ و ۳۴۷/۶ گرم گزارش کردند که نسبت به پژوهش حاضر بیشتر است. این تفاوت ناشی از کاربرد واریته‌های متفاوت با تحقیق حاضر است.

بهره‌وری آب محصول دانه

نتایج تجزیه واریانس بهره‌وری آب محصول دانه در تیمارهای مختلف در جدول ۵ ارائه‌شده است. نتایج نشان داد که سطوح آبیاری و شوری آب آبیاری اثر معنی‌دار بر بهره‌وری آب محصول دانه ذرت داشته و برهمکنش تیمارها بر بهره‌وری آب محصول دانه معنی‌دار نبوده است. طبق جدول ۴، اثر اصلی رژیم‌های آبیاری نشان داد کاهش آب آبیاری به ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل به دلیل اعمال کم‌آبیاری باعث افزایش ۱۱/۹ و ۲۲/۹ درصد بهره‌وری آب محصول دانه نسبت به آبیاری کامل شد. تحقیقی توسط Comas *et al.* (2019) برای بررسی بهره‌وری آب ذرت تحت تأثیر سطوح مختلف کم‌آبیاری در شرق کلرادو انجام شد. نتایج این تحقیق نشان داد اعمال کم‌آبیاری ۱۷ تا ۱۸ درصد باعث صرفه‌جویی در مصرف آب شد. همچنین در برخی تحقیقات نشان داده است که کم‌آبیاری بر اساس پاسخ محصول ذرت به تنش آبی در مراحل مختلف رشد می‌تواند باعث افزایش بهره‌وری آب شود (Greaves *et al.*, 2017). اثر اصلی شوری آب آبیاری نشان داد افزایش شوری از ۰/۶ به ۲، ۳/۵ و ۵ دسی زیمنس بر متر به ترتیب موجب کاهش ۲۱/۸، ۳۸/۴۶ و ۴۷/۴۳ درصد بهره‌وری آب شد. افزایش شوری از ۳/۵ به ۵ دسی زیمنس بر متر موجب کاهش معنادار و بهره وری محصول دانه نشده است.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر رژیم‌های مختلف آب آبیاری و سطوح مختلف شوری بر صفات مورد ارزیابی در ذرت.

شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر)	وزن هزار دانه (گرم)	بهره‌وری آب محصول دانه (کیلوگرم بر مترمکعب)
۰/۶	۳۱۵^{A}	۰/۷۸^{A}
۲	۲۷۶^{B}	۰/۶۱^{B}
۳/۵	۲۴۳^{C}	۰/۴۸^{C}
۵	۲۴۱^{C}	۰/۴۱^{C}
رژیم آبیاری		
آبیاری کامل	۲۷۹^{A}	۰/۷۴^{C}
۷۵ درصد آبیاری کامل	۲۷۲^{A}	۰/۸۴^{B}
۵۰ درصد آبیاری کامل	۲۵۶^{B}	۰/۹۶^{A}

بهره‌وری آب کل ماده‌ی خشک

نتایج تجزیه واریانس بهره‌وری آب کل ماده خشک در تیمارهای مختلف در جدول ۵ ارائه‌شده است. نتایج نشان داد که اثر سطوح کم‌آبیاری و شوری و برهمکنش تیمارها اثر معنی‌دار بر بهره‌وری آب کل ماده‌ی خشک ذرت داشته است. حداکثر مقدار بهره‌وری آب ماده‌ی خشک ۳/۰۵ کیلوگرم بر مترمکعب به ترتیب در تیمار ۵۰ درصد آبیاری کامل با شوری ۲ دسی زیمنس بر متر مشاهده گردید. طبق جدول ۳، با اعمال تنش از آبیاری کامل به ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل به ترتیب باعث افزایش ۲۵/۳۲ و ۴۳ درصدی بهره‌وری آب کل ماده‌ی خشک نسبت به آبیاری کامل در تیمار شاهد شد. اعمال کم‌آبیاری به میزان ۲۵ درصد اثر معنادار بر بهره‌وری آب ماده خشک در شوری ۳/۵ و ۵ دسی زیمنس بر متر نداشت. اعمال تنش شوری از ۲ به ۵ دسی زیمنس بر متر در تیمار آبیاری کامل، ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل به ترتیب باعث ۴۸/۸، ۴۸/۲ و ۳۸/۳۶ درصد کاهش در بهره‌وری آب کل ماده‌ی خشک شد. نتایج Azizian & Sepaskhah (2014) نشان داد که مقدار بهره‌وری آب کل ماده خشک با اعمال تنش آبی افزایش و با افزایش شوری کاهش یافت، به‌طوری‌که به‌طور متوسط در تیمار ۵۰ درصد آبیاری افزایش ۲۱/۲۲ درصدی نسبت به تیمار آبیاری کامل داشت؛ و در پژوهش حاضر هم بیش‌ترین بهره‌وری آب کل ماده‌ی خشک مربوط به تیمار ۵۰ درصد آبیاری با شوری شاهد است.

جدول ٥- تجزیه واریانس اثر رژیم‌های مختلف آب آبیاری و سطوح مختلف شوری بر صفات مورد ارزیابی در ذرت.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		بهره‌وری آب محصول دانه	بهره‌وری آب کل ماده خشک
تکرار	۲	۰/۰۳۱۹۲**	۰/۰۰۶۹ ^{ns}
شوری آب آبیاری	۳	۰/۲۳۸۰**	۳/۷۴**
رژیم آبیاری	۲	۰/۰۶۹۰**	۴/۰۹۸ **
شوری آب آبیاری × رژیم آبیاری	۶	۰/۰۰۶۵ ^{ns}	۰/۰۲۴**
خطا	۲۲	۰/۱۰۸۳	۰/۶۶

ضریب تغییرات (٪)	۱۲/۲۳	۱۰/۲۷

ns، *، ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد را نشان می‌دهد

تابع تولید محصول در استرس شوری

تابع تولید محصول در استرس شوری با معلوم بودن شوری عصاره اشباع خاک و محصول دانه ذرت تابع عملکرد–شوری تعیین شد. حد آستانه شوری عصاره اشباع برای کاهش محصول دانه و درصد کاهش محصول به ازای یک واحد افزایش شوری در جدول ۶ ارائه شده است. در این روش فرض می‌شود که تحت شرایط مدیریت زراعی مطلوب و تا هنگامی‌که هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک به مقدار آستانه شوری کاهش نداشته، عملکرد محصول در حد پتانسیل است. پس‌ازآن عملکرد متناسب با افزایش شوری به‌صورت خطی کاهش می‌یابد. معادله بر اساس داده‌های اندازه گیری عصاره اشباع آب خاک در محدوده ۲ تا ۱۳ دسی زیمنس بر متر تعیین شد.

جدول ٦- حد آستانه شوری عصاره اشباع برای کاهش محصول دانه و درصد کاهش محصول به ازای یک واحد افزایش شوری در تابع تولید محصول نسبی

رژیم آبیاری	محصول دانه	
	حد آستانه شوری عصاره اشباع (دسی زیمنس بر متر)	شیب کاهش محصول (درصد به ازاء یک واحد افزایش شوری حسب دسی زیمنس بر متر)
آبیاری کامل	۱/۴۴	۵/۳
۷۵ درصد آبیاری کامل	۱/۵۶	۴/۹
۵۰ درصد آبیاری کامل	۱/۶۲	۳/۴

نتایج نشان داد بالاترین حد آستانه شوری عصاره اشباع در ۵۰ درصد آبیاری کامل و حداکثر شیب کاهش محصول در آبیاری کامل رخ داد. Kang *et al*. (2010) اثرات آبیاری قطره‌ای با آب‌شور را بر ذرت بررسی کردند نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد نرخ کاهش عملکرد به ازای یک دسی زیمنس بر متر افزایش در شوری آب آبیاری حدود ۳ تا ۴ درصد بود. طی تحقیقی Mass & Hafman (1977) آستانه تحمل ذرت نسبت به شوری خاک را ۱/۷ دسی زیمنس بر متر و نیز میزان کاهش عملکرد دانه به ازای هر واحد افزایش شوری خاک را معادل ۱۲ درصد گزارش کردند. در حالی که در این پژوهش در کشت ذرت به روش آبیاری قطره ای این مقادیر کمتر است. بنابراین در شرایط وجود منابع آب شور، کاربرد آبیاری نواری قطره ای یک ردیفه می‌تواند با بالا نگه‌داشتن رطوبت خاک در ناحیه ریشه، درصد کاهش محصول به ازای یک واحد افزایش شوری را کاهش دهد.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی در سطوح شوری بالاتر از ۲ دسی زیمنس بر متر اعمال کم‌آبیاری اثر معناداری بر کل ماده خشک تولیدی ذرت نداشت. این مسئله می‌تواند ناشی از اعمال روش آبیاری قطره‌ای و بالا نگه‌داشتن رطوبت خاک ناحیه ریشه در طول فصل رشد باشد؛ بر اساس نتایج این پژوهش کل ماده خشک ذرت نسبت به افزایش شوری در مقایسه با محصول کاهش شدیدتری داشته است. در شرایط کمبود آب تا ۲۵ درصد کم آبیاری، کاهش معنادار در مقدار وزن هزاردانه مشاهده نشد. طبق نتایج این پژوهش، افزایش شوری تا ۲ دسی زیمنس بر متر کاهش معنادار در محصول دانه در تیمار ۷۵ و ۵۰ درصد آبیاری کامل ندارد، بنابراین در شرایط کمبود آب شیرین در دسترس، ضمن در نظر گرفتن شوری خاک، کاربرد آب‌شور تا حد ۲ دسی زیمنس بر متر با توجه به تحمل دانه ذرت توصیه می‌گردد. همچنین در شرایط کمبود آب از دیدگاه مدیریت منابع آب و مدیریت شوری خاک تیمار ۵۰ درصد آبیاری کامل با شوری ۲ دسی زیمنس بر متر به دلیل بهره‌وری بیشتر آب و شیب کمتر کاهش محصول به ازای یک واحد افزایش شوری، توصیه می‌شود ضمن اینکه آبشویی نمک صورت بگیرد تا خاک به دلیل تجمع نمک آسیب نبیند.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

REFERENCES

Azizian, A. R. Sepaskhah. (2014). Maize response to different water, salinity and nitrogen levels: Agronomic behavior, *International Journal of Plant Production*, 8(1):107-130.

Amer, K. H. (2010). Corn crop response under managing different irrigation and salinity levels. *Agricultural Water Management*, *97*(10), 1553-1563.

Aydinsakir, K., Erdal, S., Buyuktas, D., Bastug, R., & Toker, R. (2013). The influence of regular deficit irrigation applications on water use, yield, and quality components of two corn (Zea mays L.) genotypes. *Agricultural Water Management*, *128*, 65-71.

Ali, M. H., & Talukder, M. S. U. (2008). Increasing water productivity in crop production—a synthesis. *Agricultural Water Management*, *95*(11), 1201-1213.

Allen, R. G., Smith, M., Pereira, L. S., & Pruitt, W. O. (1996, September). Proposed revision to the FAO procedure for estimating crop water requirements. In *II International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops 449* (pp. 17-34).

Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1985). Water quality for irrigation. *FAO irrigation and drainage paper*, *20*.

Bryant, K. J., Benson, V. W., Kiniry, J. R., Williams, J. R., & Lacewell, R. D. (1992). Simulating corn yield response to irrigation timings: Validation of the EPIC model. *Journal of Production Agriculture*, *5*(2), 237-242.

Cucci, G., Lacolla, G., Boari, F., Mastro, M. A., & Cantore, V. (2019). Effect of water salinity and irrigation regime on maize (Zea mays L.) cultivated on clay loam soil and irrigated by furrow in Southern Italy. *Agricultural Water Management*, *222*, 118-124.

Comas, L. H., Trout, T. J., DeJonge, K. C., Zhang, H., & Gleason, S. M. (2019). Water productivity under strategic growth stage-based deficit irrigation in maize. *Agricultural Water Management*, *212*, 433-440.

Huang, M., Zhang, Z., Zhu, C., Zhai, Y., & Lu, P. (2019). Effect of biochar on sweet corn and soil salinity under conjunctive irrigation with brackish water in coastal saline soil. *Scientia Horticulturae*, *250*, 405-413.

Hanson, B., Hopmans, J. W., & Šimůnek, J. (2008). Leaching with subsurface drip irrigation under saline, shallow groundwater conditions. *Vadose Zone Journal*, *7*(2), 810-818.

Karandish, F., & Šimůnek, J. (2019). A comparison of the HYDRUS (2D/3D) and SALTMED models to investigate the influence of various water-saving irrigation strategies on the maize water footprint. *Agricultural Water Management*, *213*, 809-820.

Kang, Y., Chen, M., & Wan, S. (2010). Effects of drip irrigation with saline water on waxy maize (Zea mays L. var. ceratina Kulesh) in North China Plain. *Agricultural Water Management*, *97*(9), 1303-1309.

Kang, Y., Wang, R., Wan, S., Hu, W., Jiang, S., & Liu, S. (2012). Effects of different water levels on cotton growth and water use through drip irrigation in an arid region with saline ground water of Northwest China. *Agricultural Water Management*, *109*, 117-126.

Li, X., Kang, Y., Wan, S., Chen, X., & Chu, L. (2015). Reclamation of very heavy coastal saline soil using drip-irrigation with saline water on salt-sensitive plants. *Soil and Tillage Research*, *146*, 159-173.

Liu, Z., Li, P., Hu, Y., & Wang, J. (2015). Wetting patterns and water distributions in cultivation media under drip irrigation. *Computers and Electronics in Agriculture*, *112*, 200-208.

Maas, E. V., & Hoffman, G. J. (1977). Crop salt tolerance–current assessment. *Journal of the irrigation and drainage division*, *103*(2), 115-134.

Wan, S., Kang, Y., Wang, D., & Liu, S. P. (2010). Effect of saline water on cucumber (Cucumis sativus L.) yield and water use under drip irrigation in North China. *Agricultural Water Management*, *98*(1), 105-113.

Wan, S., Jiao, Y., Kang, Y., Hu, W., Jiang, S., Tan, J., & Liu, W. (2012). Drip irrigation of waxy corn (Zea mays L. var. ceratina Kulesh) for production in highly saline conditions. *Agricultural water management*, *104*, 210-220.

Yuan, C., Feng, S., Huo, Z., & Ji, Q. (2019). Effects of deficit irrigation with saline water on soil water-salt distribution and water use efficiency of maize for seed production in arid Northwest China. *Agricultural Water Management*, 212, 424-432.