

بررسی واکنش ذرت به شوری تحت شرایط آبیاری قطره‌ای و مدیریت آبیاری

علی حیدر نصرالهی^{۱*}، عبدالرحیم هوشمند^۲ و سعید برومند نسب^۳

*^۱- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز

^۲- دانشیار گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز

^۳- استاد گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ پذیرش: ۹۳/۳/۲۶

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۲۶

چکیده

در نواحی خشک و نیمه‌خشک علاوه بر کمبود آب و درجه حرارت بسیار بالا، شوری شدید خاک و آب نیز مشکل‌آفرین است. برای تولید پایدار محصول در این نواحی، آبیاری قطره‌ای با توجه به توان غلبه بر محدودیت‌های محیطی قابل توجه می‌باشد. به منظور مطالعه واکنش ذرت به شوری تحت شرایط آبیاری قطره‌ای و مدیریت آبیاری، آزمایشی در قالب کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. در این تحقیق دو روش مدیریتی اختلاط و تناوب یک در میان آب شور (۴، ۵ و ۶ دسی-زیمنس بر متر) با آب رودخانه کارون، فاکتور اصلی و تیمارهای شوری فاکتور فرعی بودند. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که با افزایش شوری عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، ارتفاع، وزن هزار دانه و بهره‌وری آب کاهش یافت. مدیریت اختلاط باعث بهبود عملکرد و بهره‌وری آب آبیاری در شوری‌های بالاتر گردید. در پایان میزان کاهش محصول به ازای هر واحد افزایش شوری خاک به طور متوسط ۹ درصد به دست آمد.

کلید واژه‌ها: آبیاری قطره‌ای، بهره‌وری آب، شوری، ذرت.

Evaluation of Maize Response to Salinity under Drip Irrigation and Irrigation Management

A.H. Nasrolahi^{1*}, A.R. Houshmand² and S. Boroumand Nasab³

^{1*} - PHD student, Department of Irrigation and Drainage, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran

² - Associate Professor of Department of Irrigation and Drainage, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran

³ - Professor of Department of Irrigation and Drainage, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran

Received: 17 March 2014

Accepted: 16 June 2014

Abstract

In addition of water shortage and high temperature, severe salinity of soil and water also causes problems in arid and semi-arid areas. In these areas, drip irrigation can overcome on environmental limitations for sustainable crop production. To study the response of maize to salinity under drip irrigation and irrigation management, was carried out an experiment at split plots based on randomized complete block design. In this research, main plots were both irrigation management strategies of blending and one-alternate of saline water (4, 5 and 6 ds/m) with Karoun river and subplots were treatments of water salinity. The results showed that by increase in salinity, maize yield, biomass, height, 1000-grains weight and irrigation water productivity decreased. The blending strategies of fresh and saline water improved grain yield and water productivity in levels of high salinity. Finally, the rate of yield decrease for every 1 ds/m increase in salinity of soil was about 9 percent .

Keywords: Drip irrigation, Water productivity, Salinity, Maize.

نتایج این تحقیق نشان داد که شوری آستانه و میزان کاهش عملکرد به ازای هر واحد افزایش شوری خاک بستگی به مدیریت مصرف آب و کود دارد.

با این وجود، پژوهش‌های محدودی در رابطه با تأثیر شوری آب آبیاری روی عملکرد ذرت در شرایط آبیاری قطره‌ای گزارش شده است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. کانگ و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای با بررسی اثر آبیاری قطره‌ای با آب شور روی ذرت، میزان کاهش محصول به ازای هر واحد افزایش شوری خاک را ۵/۵ درصد به دست آورده و نشان دادند که شوری آب کمتر از ۱۰/۹ دسی زیمنس بر متر تأثیری بر جوانه زدن نداشت. وان و همکاران^۵ (۲۰۱۲) با استفاده از آبیاری قطره‌ای برای ذرت در شرایط شوری نشان دادند که آبیاری قطره‌ای می‌تواند به طور موفقیت آمیزی در رشد ذرت تحت شرایط شوری و خشکی بالا به کار گرفته شود اگر راهکارهای مدیریتی مناسب اتخاذ شود. تحقیقات آنها نشان داد که اندازه‌گیری پتانسیل ماتریک خاک بوسیله تانسیمتر یک روش مناسب برای برنامه‌ریزی آبیاری با آب شور می‌باشد. از جمله راهکارهای مدیریتی آبیاری با آب‌های شور، تلفیق این منابع با آب‌های با کیفیت مناسب است که معمولاً به دو صورت استفاده تناوبی و اختلاط امکان‌پذیر است (مالاش و همکاران^۶، ۲۰۰۵).

در ایران استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای نواری برای گیاهان مختلف از جمله ذرت در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. از طرف دیگر در بسیاری از مناطق کشور علاوه بر کمبود آب، مشکل شوری آب نیز وجود دارد. از این رو و با توجه به اینکه تا به حال در خصوص استفاده از روش آبیاری قطره‌ای با آب شور برای ذرت تحقیق چندانی در کشور صورت نگرفته لذا هدف از این پژوهش بررسی واکنش ذرت به شوری و تعیین شیب کاهش عملکرد تحت دو روش مدیریتی آبیاری قطره‌ای نواری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

محل آزمایش

این تحقیق در مزرعه آزمایشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ به صورت کشت بهاره ذرت SC-Karoun-701 انجام شد. برخی از خصوصیات آب و هوایی منطقه در طول فصل کشت در جدول (۱) آمده است. قبل از مراحل آماده سازی در نقاط مختلف از زمین و در سه عمق ۳۰-، ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتی‌متری نمونه‌های خاک تهیه و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها تعیین شد (جدول ۲).

طرح و روش اجرای آزمایش

به منظور دستیابی به اهداف مورد نظر، تحقیق حاضر در قالب یک طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و آزمایش کرت‌های

مقدمه

بر اساس آخرین اطلاعات شوری خاک کشور در مقیاس سرزمین، اراضی دارای خاک‌های با درجات مختلف شوری مساحتی بالغ بر ۵۵/۶ میلیون هکتار یعنی ۳۴ درصد مساحت کل ایران را شامل می‌شوند (مؤمنی، ۱۳۸۹). امروزه تنش شوری به عنوان یکی از مهمترین تنش‌های محیطی است که از طریق کاهش پتانسیل اسمزی و اختلال در جذب برخی عناصر غذایی، رشد و عملکرد محصولات زراعی را محدود می‌کند. مهمترین واکنش گیاه به شوری خاک، کاهش رشد است. با افزایش غلظت املاح به بیش از آستانه تحمل گیاه، هم آهنگ رشد کاهش می‌یابد و هم اندازه گیاه کوچک می‌شود (همایی، ۱۳۸۱). از جمله عوامل مؤثر بر واکنش گیاهان به شوری، روش آبیاری است. روش آبیاری می‌تواند از یک طرف توزیع نمک در خاک را از خود متأثر ساخته و از طرف دیگر مشخص می‌کند که آیا برگ‌ها مرطوب خواهند شد یا نه، همچنین بیانگر آن است که دسترسی به پتانسیل آبی بالا در خاک تا چه حد امکان‌پذیر می‌باشد. بدیهی است که آن دسته از روش‌های آبیاری که موجب نگهداری پتانسیل آبی بالاتر در خاک می‌شوند رشد بهینه گیاه را در شرایط شوری تضمین خواهند کرد. آبیاری قطره‌ای به خاطر آبدهی کم و متناوب در یک دوره زمانی می‌تواند پتانسیل ماتریک خاک را در ناحیه ریشه بالا نگه دارد و از این طریق کاهش پتانسیل اسمزی ناشی از آبیاری با آب شور را تا حدودی جبران نماید و در نهایت پتانسیل کل برای رشد گیاه مناسب باشد (کانگ^۱، ۱۹۹۸).

ذرت پس از گندم و برنج سومین غله مهم جهان محسوب می‌شود و بخش عمده‌ای از نیازهای غذایی انسان و دام را تأمین می‌کند. در خصوص واکنش ذرت به شوری آب آبیاری در شرایط آبیاری سطحی تحقیقات متعددی انجام شده است. ماس و هافمن^۲ (۱۹۷۷) 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. هافمن و همکاران (۱۹۸۳) با بررسی تحمل ذرت نسبت به شوری، گزارش کردند که میانگین شوری محلول خاک در محدوده ریشه در طول فصل رشد تا حدود ۳/۷ دسی زیمنس بر متر باعث کاهش عملکرد نشد اما به ازای هر واحد افزایش بیشتر شوری، عملکرد دانه، ۱۴ درصد کاهش داشت که این کاهش ناشی از کم شدن تراکم بوته و وزن دانه‌ها بود. کاترجی و همکاران^۳ (۲۰۰۳) آستانه تحمل ذرت نسبت به شوری خاک را ۱/۳ دسی‌زیمنس بر متر و درصد کاهش محصول به ازای هر واحد افزایش شوری خاک را ۱۰/۵ درصد بیان نمودند. عزیزیان و سپاسخواه^۴ (۲۰۱۴) اثرات سطوح مختلف آب آبیاری، شوری و میزان کود نیتروژن را روی رشد و عملکرد ذرت بررسی نمودند.

1- Kang

2- Mass and Hafman

3 -Katerji et al.

4 -Azizian and Sepaskhah

5- Wan et al.

6- Malash et al.

آب مورد نیاز هر تیمار توسط رابطه (۲) محاسبه و با استفاده از شیرهای تعبیه شده در اختیار هر تیمار قرار می‌گرفت. مقدار آب آبیاری برای همه تیمارها یکسان و راندمان آبیاری ۹۵ درصد منظور گردید.

$$dn = (\theta_{fc} - \theta_s) \times Z \times \rho_b \quad (۱)$$

$$V_g = \frac{dn \times A \times f}{Ea} \quad (۲)$$

که در آن dn : عمق خالص آب آبیاری (میلی متر)، θ_{fc} : درصد رطوبت وزنی خاک در حالت ظرفیت زراعی، θ_s : درصد رطوبت وزنی باقیمانده در خاک قبل از آبیاری، Z : عمق ریشه (میلی متر) و ρ_b : چگالی ظاهری خاک (گرم بر سانتی متر مکعب) و نیز V_g : حجم ناخالص آب آبیاری (لیتر)، f : ضریب مربوط به سطح خیس شده هر تیمار، A : سطح تحت کشت هر تیمار (متر مربع) و Ea : راندمان کاربرد آب می‌باشد. بهره‌وری آب (WP) نیز از تقسیم عملکرد (Y) بر حسب کیلوگرم در هکتار بر حجم آب مصرفی (V) بر حسب متر مکعب بر هکتار محاسبه شد.

$$WP = Y/V \quad (۳)$$

اندازه‌گیری شوری خاک و عملکرد دانه

برای تعیین رابطه شوری- عملکرد نیاز به پایش شوری خاک در طول فصل و اندازه‌گیری عملکرد دانه در تیمارهای مختلف آزمایش بود. برای این منظور، چهار مرحله در طول فصل از عمق ۳۰-۶۰، ۶۰-۹۰ و ۹۰-۱۲۰ سانتی‌متری هر یک از کرت‌های آزمایشی نمونه خاک با استفاده از آگر تهیه شد. تاریخ‌های نمونه برداری شامل یک بار قبل از اعمال تیمارهای شوری، دو بار در حین آبیاری با آب شور و در نهایت قبل از برداشت محصول بود. نمونه‌ها پس از برداشت و برای تعیین شوری عصاره اشباع خاک (EC_e) به آزمایشگاه منتقل شد. در هر تیمار میانگین شوری عصاره اشباع خاک در طول فصل به عنوان شوری متوسط ناحیه ریشه در نظر گرفته شد. پس از رسیدن محصول، در هر کرت آزمایشی خط وسط با حذف حاشیه برداشت و عملکرد دانه و سایر اجزای عملکرد در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. پس از تعیین عملکرد دانه در هر تیمار، عملکرد هر تیمار بر عملکرد شاهد (S_1) تقسیم و عملکرد نسبی ذرت (Y_r) در تیمارهای مختلف شوری و در دو روش مدیریتی به صورت مجزا محاسبه شد. سپس با استفاده از مقادیر (EC_e) و (Y_r) در هر روش مدیریتی، ضرایب رابطه شوری- عملکرد به دست آمد.

$$Y_r = 100 - b(EC_e - a) \quad (۴)$$

خرد شده با دو تیمار مدیریت آبیاری به عنوان فاکتور اصلی و چهار تیمار شوری آب به عنوان فاکتور فرعی و در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای مدیریت آبیاری شامل: -اختلاط آب شور با آب کارون (M_1): که در آن هر یک از تیمارهای آب شور (S_2, S_3, S_4) با آب رودخانه کارون (S_1) به نسبت برابر با هم مخلوط و استفاده شدند، -تناوب یک در میان (M_2): که آبیاری یک نوبت با آب شور (S_2, S_3, S_4) و نوبت دیگر با آب رودخانه کارون (S_1) به طور تناوبی و یک در میان صورت می‌گرفت. تیمارهای شوری (S_2), (S_3) و (S_4) به ترتیب با شوری‌های ۴، ۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر با اضافه کردن نمک‌های $NaCl$, $CaCl_2$ و $MgCl_2$ به نسبتی مشخص به آب کارون (S_1) تهیه شد به نحوی که EC به مقدار مورد نظر برسد و نسبت کلسیم و منیزیم و SAR آب حاصله مشابه آب کارون باشند (هنگلر، ۲۰۰۴). قابل ذکر است که در هر روش مدیریتی تیمار آب کارون (S_1) با شوری متوسط ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر به عنوان تیمار شاهد محسوب می‌شد. به عبارت دیگر تیمارهای M_1S_1 و M_2S_1 در هر مدیریت آبیاری به عنوان تیمار شاهد می‌باشند که تا پایان فصل با شوری S_1 به طور پیوسته آبیاری شدند. در مجموع ۲۴ کرت با مساحت تقریبی ۷/۵ متر مربع شامل سه ردیف کشت با فاصله ۷۵ سانتی‌متر و طول ۳/۵ متر تهیه شد (شکل ۱). برای جلوگیری از حرکت و نشست نمک به تیمارهای کناری، بین دو ردیف از دو کرت متوالی مجاور یک متر فضای خالی اختصاص داده شد. مقادیر متوسط برخی خصوصیات آب آبیاری در تیمارهای مختلف در طول مدت آزمایش در جدول (۳) ارائه شده است. لازم به ذکر است که تیمارهای مورد نظرا از مرحله چهار برگی به بعد اعمال گردید. مقدار کود با توجه به نتایج تحلیل خاک تعیین و در اختیار گیاه قرار گرفت. آبیاری مزرعه به صورت قطره‌ای و با استفاده از نوار آبیاری با فاصله بین خروجی ۲۰ سانتی‌متر و دبی ۲ لیتر بر ساعت انجام شد. انرژی مورد نیاز سیستم توسط یک پمپ نیم اسب بخار تأمین می‌شد. هر تیمار شوری آب به صورت جداگانه در یک مخزن ۲۵۰۰ لیتری تهیه و هر مخزن با یک شیر باز و بسته شده و با یک لوله رابط به پمپ متصل می‌شد. پس از پمپ آب آبیاری توسط فیلتر توری تصفیه و حجم آن توسط کنتور حجمی کنترل و فشار مورد نیاز نیز با استفاده از فشارسنج و شیر کنترل فشار تنظیم شده و پس از عبور از لوله‌های ۴۰ و ۱۶ میلی‌متر توسط نوارهای آبیاری در اختیار گیاه قرار می‌گرفت.

برنامه‌ریزی آبیاری

برنامه‌ریزی آبیاری بر اساس کمبود رطوبت خاک صورت گرفت. برای تعیین زمان آبیاری از پایش رطوبت خاک تیمارهای شاهد به روش وزنی استفاده و قبل از اینکه تخلیه رطوبت خاک به بیش از حداکثر مجاز برسد آبیاری صورت می‌گرفت. برای این منظور ابتدا عمق خالص آب آبیاری توسط رابطه (۱) و سپس حجم

نصرالهی و همکاران: بررسی واکنش ذرت به شوری تحت شرایط...

اجزای مجهول این رابطه (a و b) به ترتیب حد آستانه تحمل و شیب کاهش عملکرد می‌باشند که با استفاده از نرم افزار SPSS به دست آمد. محاسبات آماری مربوط به عملکرد دانه نیز با استفاده از نرم افزار MSTATC انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات آب و هوایی ایستگاه تحقیقات کشاورزی اهواز (نزدیک ترین ایستگاه به محل آزمایش)

متغیر	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
دمای حداقل (درجه سانتی‌گراد)	۵	۷/۴	۱۱/۴	۲۰/۴
دمای حداکثر (درجه سانتی‌گراد)	۳۵/۴	۳۷/۴۰	۴۱/۴۰	۴۶/۰
حداکثر سرعت باد (متر بر ثانیه)	۱۲	۱۰	۱۵	۱۶
میزان بارندگی (میلی متر)	۲/۸	۴	۲۷/۲	۰
رطوبت نسبی حداکثر (درصد)	۷۳	۶۴	۶۳	۳۸

جدول ۲- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

عمق (سانتی متر)	بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب)	EC (دسی زیمنس بر متر)	pH	ظرفیت زراعی (درصد)	نقطه پژمردگی (درصد)
۰-۳۰	Si-L	۱/۴	۳/۹۱	۷/۵	۳۲	۱۵
۳۰-۶۰	Si-L	۱/۵۵	۳/۳۵	۷/۶۵	۳۲	۱۵
۶۰-۹۰	Si-L	۱/۶	۲/۷۸	۷/۸	۳۲	۱۵

M ₁ S ₁	M ₁ S ₂	M ₁ S ₃	M ₁ S ₄	M ₂ S ₂	M ₂ S ₃	M ₂ S ₄	M ₂ S ₁
M ₂ S ₃	M ₂ S ₄	M ₂ S ₁	M ₂ S ₂	M ₁ S ₄	M ₁ S ₁	M ₁ S ₂	M ₁ S ₃
M ₁ S ₄	M ₁ S ₁	M ₁ S ₂	M ₁ S ₃	M ₂ S ₁	M ₂ S ₂	M ₂ S ₃	M ₂ S ₄

شکل ۱- نحوه چیدمان تیمارهای آزمایشی

جدول ۳- مقادیر متوسط خصوصیات شیمیایی تیمارهای مختلف آب آبیاری در طول فصل

تیمار	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	pH	EC (دسی زیمنس بر متر)
S ₁	۹/۸۵	۱۳/۶۶	۳/۴۳	۰/۰۹	۱۴/۵۴	۴/۰۴	۸/۲۱	۷/۴	۲/۵
S ₂	۸/۸۴	۳۷/۱۱	۳/۰۶	۰/۱	۲۱	۷/۲۴	۱۵/۸۹	۷/۴	۴
S ₃	۹/۴۶	۳/۸/۶	۳/۳۷	۰/۱۴	۲۳/۹	۹/۹۶	۱۷/۹۵	۷/۵	۵
S ₄	۹/۵۵	۳۹/۲۸	۳/۵۲	۰/۱۱	۲۴/۱	۱۰/۲۴	۲۰/۲۶	۷/۵	۶

نتایج و بحث

عملکرد دانه و بهره‌وری آب آبیاری

با توجه به نتایج تجزیه واریانس ملاحظه می‌شود که اثر شوری و اثر متقابل مدیریت آبیاری و شوری روی عملکرد دانه و بهره‌وری آب آبیاری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد که نتایج آن در جدول (۵) ارائه شده است. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در مدیریت اختلاط (M_1)، عملکرد دانه از مقدار ۸۳۲۳ کیلوگرم در هکتار در شوری S_1 به مقدار ۷۳۵۳ کیلوگرم در هکتار در شوری S_4 و در مدیریت یک در میان (M_2)، مقدار عملکرد از ۸۲۴۸ کیلوگرم در هکتار در شوری S_1 به مقدار ۶۵۹۸ کیلوگرم در هکتار در شوری S_4 رسید. بنابراین در هر دو روش مدیریتی افزایش شوری باعث کاهش عملکرد دانه شد. در شوری S_4 میزان کاهش عملکرد در مدیریت‌های اختلاط (M_1) و یک در میان (M_2) نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۱۱/۶ و ۲۰ درصد به دست آمد. این مقادیر نشان می‌دهند که مدیریت اختلاط نسبت به یک در میان مدیریت مناسب‌تری بوده است. البته همچنان که مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد تفاوت عمده این دو روش مدیریتی در شوری‌های بالا ایجاد می‌شود. تحقیقات پیشین نیز اختلاط آب شور و شیرین را در آبیاری قطره‌ای به عنوان یک راهکار مناسب‌تر نسبت به روش تناوبی دانسته و دلیل آن را ایجاد تنش‌های اسمزی دوره‌ای برای گیاه در روش تناوبی بیان کردند (مالاش و همکاران، ۲۰۰۵). نکته مهم دیگر این است که صرف نظر از روش مدیریتی، میزان کاهش عملکرد با افزایش شوری در مقایسه با آبیاری سطحی به مراتب کمتر است (عزیزیان و سپاسخواه، ۲۰۱۴؛ هافمن و همکاران، ۱۹۸۳). این ناشی از کارایی آبیاری قطره‌ای با آب شور می‌باشد و به نظر می‌رسد که با مدیریت و برنامه‌ریزی دقیق تر آبیاری در این روش بتوان کاهش محصول را به حداقل رساند.

شکل (۲) تغییرات بهره‌وری آب آبیاری را در سطوح مختلف شوری و برای دو روش مدیریتی نشان می‌دهد. همان طور که از شکل مشخص است با افزایش شوری بهره‌وری آب نیز کاهش می‌یابد. این شاخص در مدیریت تناوبی از مقدار ۲/۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب در S_1 به ۱/۷۴ در S_4 رسیده در حالی که در روش اختلاط از ۲/۱۹ به ۱/۹۴ کیلوگرم بر متر مکعب کاهش یافته است. اثر مدیریت آبیاری روی بهره‌وری آب در شوری‌های S_3 و S_4 در شکل مشخص است. در این دو تیمار، مدیریت اختلاط نسبت به مدیریت یک در میان باعث بهبود بهره‌وری شده به گونه‌ای که در تیمار S_4 مقدار این شاخص در دو روش مدیریتی به ترتیب ۱/۹۴ و ۱/۷۴ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد.

اجزای عملکرد

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر شوری روی بیوماس و ارتفاع گیاه در سطح یک درصد و روی وزن هزار دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار است. از طرفی اثر متقابل شوری و مدیریت آبیاری روی هیج کدام از این صفات معنی‌دار نبوده ولی مدیریت روی عملکرد بیولوژیکی و ارتفاع اثر معنی‌دار داشت. نتایج مقایسه میانگین‌ها برای صفات مختلف در شکل‌های (۳) تا (۵) ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهد که وجود تنش شوری باعث کاهش این صفات شده و در شوری S_4 این کاهش معنی‌دار است. کاهش عملکرد بیولوژیکی، ارتفاع و وزن هزار دانه از شوری S_1 تا S_4 به ترتیب ۱۱/۵، ۱۰ و ۶ درصد به دست آمد. بنابراین با افزایش شوری آب آبیاری، علاوه بر کاهش عملکرد دانه، ارتفاع، عملکرد بیولوژیکی و وزن هزار دانه نیز کاهش می‌یابد زیرا با افزایش غلظت املاح فشار اسمزی محلول خاک زیاد شده و در نتیجه مقدار انرژی که گیاه باید صرف جذب آب از خاک نماید افزایش یافته و این عمل باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد ذرت می‌شود. علاوه بر این مقایسه اثر مدیریت روی عملکرد بیولوژیکی و ارتفاع نشان داد که هر دوی این صفات در مدیریت اختلاط نسبت به یک در میان مقادیر بالاتری داشتند.

بررسی مدل شوری - عملکرد

رابطه بین عملکرد نسبی (Y_r) و متوسط شوری عصاره اشباع ناحیه ریشه (EC_e) در طول فصل برای هر دو تیمار مدیریتی تعیین شد. ضرایب مربوطه محاسبه و در جدول (۶) ارائه شده است. آستانه کاهش عملکرد (a) برای هر دو روش مدیریتی تقریباً برابر بوده و در مدیریت اختلاط و یک در میان به ترتیب ۴/۹۴ و ۵ می‌باشد. در اینجا ذکر این نکته لازم است که از آنجایی که تیمار شاهد در این تحقیق دارای آبی با شوری حدود ۲/۵ دسی‌زیمنس بر متر بوده و شوری‌های کمتر استفاده نشده لذا احتمال تغییر ضریب a در صورت استفاده از شوری‌های پایین‌تر وجود داشت. با توجه به جدول مشخص است که ضریب b در مدیریت یک در میان ۱۰/۵ و در مدیریت اختلاط به عدد ۸ کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر در مدیریت یک در میان درصد کاهش عملکرد به ازای هر واحد افزایش شوری خاک بیشتر از مدیریت اختلاط است. از این رو می‌توان گفت که واکنش ذرت به شوری در آبیاری قطره‌ای به نحوه مدیریت آبیاری بستگی دارد.

نصرالهی و همکاران: بررسی واکنش ذرت به شوری تحت شرایط...

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در آزمایش

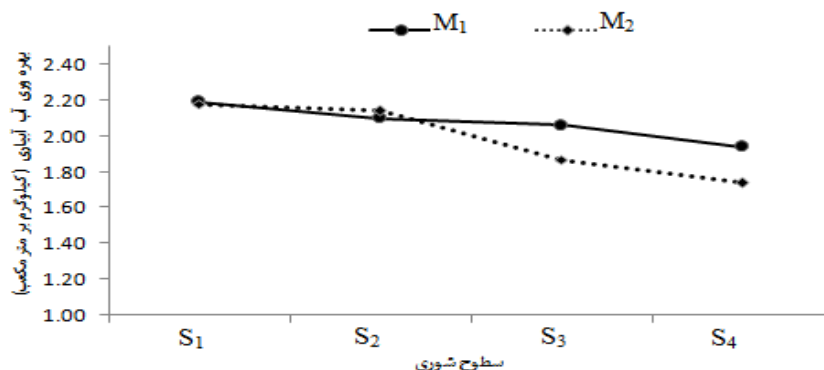
میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییرات
بهره‌وری آب	وزن هزاردانه	ارتفاع	عملکرد بیولوژیکی	عملکرد دانه		
۰/۰۰ns	۳۹۹/۳۴ns	۲۲۲ns	۰/۳۱ns	۱۷۲۳۴۱/۳۶ns	۲	تکرار
۰/۰۲ns	۶۷/۶۷ns	۵۷۰/۳۷*	۳/۰۵**	۷۱۱۰۴۸/۳۷ns	۱	مدیریت
۰/۰۵**	۳۰۷/۵۵*	۶۶۴/۳۷**	۴/۶۹**	۲۰۸۵۶۵۰/۳۷**	۳	شوری
۰/۰۱**	۳۲/۱۶ns	۲۱۰/۳۷ns	۰/۵۹ns	۳۰۵۱۷۰/۸۲**	۳	مدیریت*شوری

ns ** و * به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد.

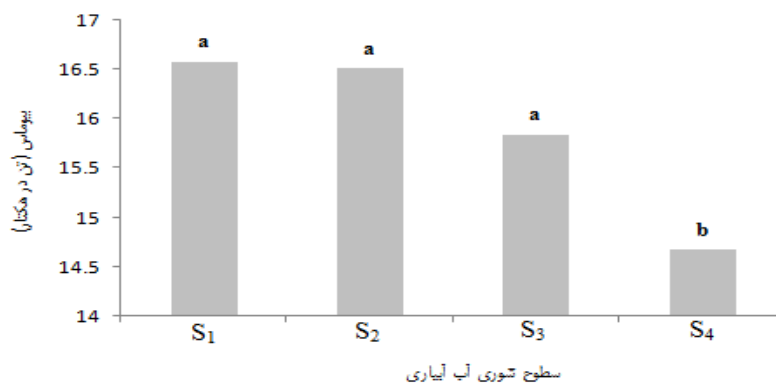
جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل مدیریت آبیاری * شوری برای صفات مختلف

بهره‌وری آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	عملکرددانه (کیلوگرم بر هکتار)	تیمار
۲/۱۹a	۸۳۲۳a	M ₁ S ₁
۲/۱۰abc	۷۹۶۵abc	M ₁ S ₂
۲/۰۶abc	۷۸۰۵abc	M ₁ S ₃
۱/۹۴bcd	۷۳۵۳bcd	M ₁ S ₄
۲/۱۸a	۸۲۴۸a	M ₂ S ₁
۲/۱۴ab	۸۱۱۵ab	M ₂ S ₂
۱/۸۷cd	۷۱۰۷cd	M ₂ S ₃
۱/۷۴d	۶۵۹۸d	M ₂ S ₄

در هر ستون میانگین‌های دارای یک حرف مشترک، برپایه آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

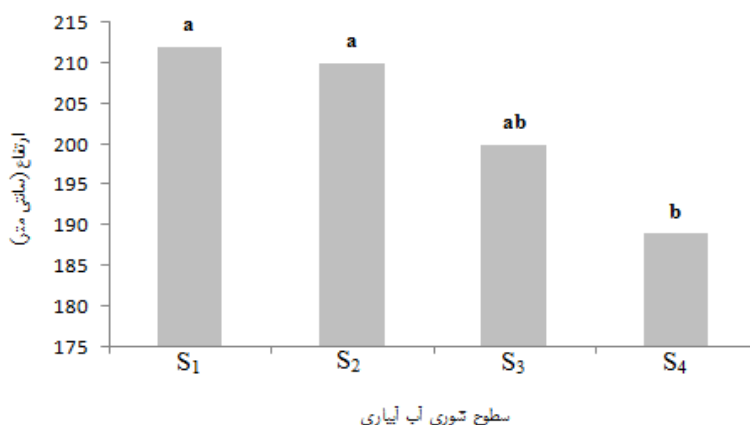


شکل ۲- بهره‌وری آب تحت شرایط شوری و مدیریت آبیاری

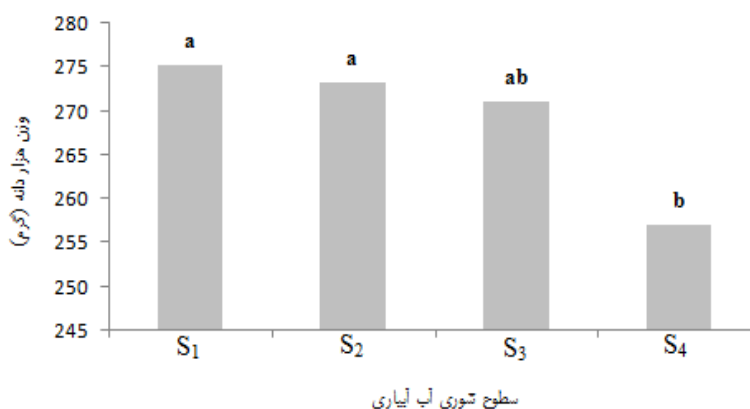


شکل ۳- تغییرات بیوماس در شوری‌های مختلف

علوم و مهندسی آبیاری (مجله علمی-پژوهشی)، جلد ۳۸، شماره ۴ زمستان ۹۴



شکل ۴- تغییرات ارتفاع در شوری‌های مختلف



شکل ۵- تغییرات وزن هزار دانه در شوری‌های مختلف

جدول ۶- ضرایب مدل شوری- عملکرد در مدیریت‌های مختلف

ضریب تعیین (R^2)	شیب کاهش محصول (b)	آستانه کاهش محصول (a)	مدیریت آبیاری
۰/۹۸	۸	۴/۹۴	اختلاط (M ₁)
۰/۹۷	۱۰/۵	۵	یک در میان (M ₂)

جدول ۷- شوری عصاره اشباع برای درصد‌های مختلف کاهش محصول بر حسب دسی‌زیمنس بر متر

مدیریت آبیاری	۲۵ درصد	۵۰ درصد	۷۵ درصد
اختلاط (M ₁)	۸/۰۶	۱۱/۱۹	۱۴/۳۱
یک در میان (M ₂)	۷/۳۸	۹/۷۶	۱۲/۱۴

خاک که منجر به کاهش ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصدی محصول می‌شود، ارائه شده است. همچنان که از اعداد این جدول مشخص است میزان شوری خاکی که منجر به کاهش ۵۰ درصدی عملکرد ذرت می‌شود در مدیریت یک در میان ۹/۷۶ دسی‌زیمنس بر متر است و در مدیریت اختلاط به مقدار ۱۱/۱۹ دسی‌زیمنس می‌رسد. در صورتی که این مقدار در آبیاری سطحی بسته به شرایط مدیریتی اعمال شده مقادیر متفاوت و بسیار کمتری گزارش شده است

متوسط شیب کاهش محصول (b) در دو روش مدیریتی ۹/۲۵ بدست آمد که در مقایسه با تحقیقات سایر محققان مقدار کمتری می‌باشد (هافمن و همکاران، ۱۹۸۳؛ کاترجی و همکاران، ۲۰۰۳؛ ماس و هافمن، ۱۹۷۷). این تفاوت نشان دهنده پتانسیل آبیاری قطره‌ای با آب شور بوده و همان طور که ذکر شد با مدیریت مناسب این وضعیت بهبود می‌یابد. در جدول (۷) با استفاده از نتایج به دست آمده در دو روش مدیریتی، مقادیر شوری عصاره اشباع

نصرالهی و همکاران: بررسی واکنش ذرت به شوری تحت شرایط...

فصل و واکنش ذرت به شوری خاک نشان داد که مقدار شیب کاهش عملکرد به ازای هر واحد افزایش شوری خاک حدود ۹ درصد

می‌باشد. این ضریب نیز بسته به مدیریت آب شور مقادیر متفاوتی داشت. به‌طور کلی در این تحقیق آبیاری قطره‌ای نواری با موفقیت برای کشت ذرت با آب شور مورد استفاده قرار گرفت و با وجود معنی‌دار بودن کاهش عملکرد در شوری‌های بالاتر، این میزان کاهش به مراتب کمتر از سایر روش‌های آبیاری است.

سپاس‌گزاری

این مطالعه با حمایت قطب علمی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شده است.

(عزیزیان و سپاسخواه، ۲۰۱۴؛ هافمن و همکاران، ۱۹۸۳؛ ماس و هافمن، ۱۹۷۷).

نتیجه‌گیری

در این تحقیق مشاهده شد که به‌طور کلی استفاده از آب شور برای آبیاری سبب کاهش عملکرد دانه، بهره‌وری آب آبیاری و برخی اجزای عملکرد ذرت از جمله عملکرد بیولوژیکی، ارتفاع و وزن هزار دانه گردید. میزان کاهش عملکرد از شوری ۲/۵ تا ۶ دسی‌زیمنس در مدیریت اختلاط نسبت به مدیریت تناوبی کمتر بود به‌طوری‌که این میزان کاهش از ۱۱/۶ درصد در روش اختلاط به حدود ۲۰ درصد در روش تناوبی رسید. علاوه بر این مدیریت اختلاط باعث بهبود بهره‌وری آب مصرفی در شرایط آبیاری قطره‌ای با آب شور شد. بررسی وضعیت شوری خاک در طول

منابع

- ۱- مؤمنی، ع. ۱۳۸۹. پراکنش جغرافیایی و سطوح شوری منابع خاک ایران. مجله پژوهش‌های خاک، ۲۴(۳): ۲۱۵-۲۰۳.
- ۲- همایی، م. ۱۳۸۱. واکنش گیاهان به شوری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۹۷ صفحه.
- 3- Azizian, A. and A.R. Sepaskhah. 2014. Maize response to different water, salinity and nitrogen levels: Agronomic behavior, *International Journal of Plant Production*, 8 (1):107-130.
- 4- Henggeler, J. C. 2004. The conjunctive use of saline irrigation water on deficit irrigation, Ph.D Dissertation, Texas University.
- 5- Hoffman, G. J., Mass, E. V., Prichard, T. L. and J. L. Meyer. 1983. Salt tolerance of corn in the Sacramento-San Joaquin Delta of California. *Irrigation Science*, 4: 31- 44.
- 6- Kang, Y. H. 1998. Microirrigation for the development of sustainable agriculture. *CASE*, 14 (Suppl.), 251-255 (in Chinese with English abstract).
- 7- Kang, Y. H., Chen, M. and S.Q. Wan. 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: 1303-1309.
- 8- Katerji, N., Van Hoorn, J.W., Hamdy, A. and M. Mastrorilli. 2003. Salinity effect on crop development and yield, analysis of salt tolerance according to several classification methods. *Agricultural Water Management*, 62: 37-66.
- 9- Malash, N., Flowers, T. J. and R. Ragab. 2005. Effect of irrigation systems and water management practices using saline and non-saline water on tomato production. *Agricultural Water Management*, 78: 25-38.
- 10-Mass, E.V. and G. J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance, current assessment. *Irrigation Drainage*, ASCE, 103: 115-134
- 11-Wan, S., Jiao, Y., Kang, Y., Hu, W., Jiang, S., Tan, J., and W. Liu. 2012. Drip irrigation of waxy corn (*Zea mays* L. var. *ceratina* Kulesh) for production in highly saline conditions. *Agricultural Water Management*, 104: 210- 220.