

اثر توأم تنش آبی و شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه ای در مراحل مختلف رشد در شرایط اقلیمی اهواز

امیر سلطانی محمدی^{۱*}، حیدر علی کشکولی^۲، احمد نادری^۳ و سعید برومند نسب^۴

چکیده

این تحقیق برای بررسی اثر توأم تنش آبی و شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای رقم KSC-۲۶۰ در مراحل مختلف رشد در فصل زراعی ۱۳۸۸-۸۹ اجرا گردید. تحقیق در سه آزمایش مستقل هر یک در قالب کرت‌های یکبار خرد شده با طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه سطح آبیاری و سه سطح شوری در سه تکرار و در سه مرحله رشد رویشی (آزمایش یک)، گل دهی (آزمایش دو) و بعد از گل‌دهی (آزمایش سه) انجام شد. تیمارهای آبیاری شامل I_1 ، I_2 و I_3 به ترتیب معادل ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه و تیمارهای شوری شامل S_1 ، S_2 و S_3 به ترتیب معادل شوری آب رودخانه کارون در روز آبیاری (S_1)، $S_1+1.5$ و S_1+3 دسی‌زیمنس بر متر بود. نتایج نشان داد اثر متقابل تنش آبی و شوری در هر سه آزمایش بر صفات مورد مطالعه (تعداد دانه در بلال، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت) معنی‌دار نبود. تیمارهای I_3 و S_3 نسبت به تیمارهای I_1 و S_1 به میزان ۲۰، ۲۳، ۲۷/۵، ۲۰/۵، ۲۶/۴، ۱۳/۲ درصد کاهش عملکرد را به ترتیب در آزمایش‌های یک، دو و سه نشان دادند. بر اساس نتایج مرحله گلدهی حساس‌ترین مرحله رشد نسبت به تنش آبی و شوری بود.

واژه‌های کلیدی: تنش آبی، تنش شوری، ذرت و اهواز.

ارجاع: سلطانی محمدی ا. کشکولی ح. ع. نادری ا. و برومند نسب س. ۱۳۹۰. اثر توأم تنش آبی و شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای در مراحل مختلف رشد در شرایط اقلیمی اهواز. (۹): ۱۶۱-۱۷۰.

۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز
۲- استاد بازنشسته گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز
۳- مربی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
۴- استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

* نویسنده مسئول: a_soltani60@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۳/۳

مقدمه

با توجه به محدودیت منابع آبی و روند رو به رشد شوری آن که باعث کاهش کیفیت منابع آب و خاک و در نتیجه کاهش تولید می‌شود، کم‌آبیاری و استفاده از آب‌های شور از راهبردهای مدیریتی برای تعدیل شرایط خشکسالی و بحران آب محسوب شده و از اولویت خاصی برخوردار است. بدین منظور اعمال این مدیریت‌ها در طول دوره رشد و یا بعضی از دوره‌های رشد گیاه می‌تواند کارساز باشد، اما برنامه‌ریزی و تنظیم آبیاری در این حالت با مشکل رو به رو می‌شود، چون تصمیم به آبیاری نه تنها باید بر اساس معادله عملکرد، مرحله رشد و مصرف آب گیاه باشد، بلکه باید با توجه به آب در دسترس و کیفیت آن باشد. چگونگی مدیریت مصرف آب در طول دوره رشد گیاه بر حداکثر شدن میزان محصول تأثیر اساسی دارد. با شناخت مراحل حساس رشد نسبت به تنش آبی و شوری، کمترین صدمه به گیاه وارد می‌شود و کاهش تولید محصول نیز به حداقل می‌رسد.

در ایران کشت ذرت در سال‌های اخیر توسعه یافته و استفاده از آن در تغذیه دام و طیور و مصارف صنعتی مورد توجه قرار گرفته است. استان خوزستان یکی از قطب‌های مهم کشاورزی کشور است و ذرت یکی از گیاهان اصلی این استان می‌باشد. کاهش کمی و کیفی منابع آب منطقه برای کشاورزی عاملی مهم است و تولید محصولات کشاورزی را محدود می‌کند و استفاده مفید از آب آبیاری و افزایش راندمان استفاده از آن جهت دستیابی به کشاورزی پایدار یک ضرورت است. واکنش گیاه ذرت به مجموع تنش‌های شوری و آبی هنوز به خوبی روشن نشده است. منصوری فر و همکاران (۲۰۱۰) با ارزیابی اثر تنش آبی در مراحل رشد رویشی و گرده‌افشانی دو هیبرید ذرت نتیجه گرفتند که بیشترین راندمان کاربرد آب زمانی به دست می‌آید که تنش آبی در مرحله رشد رویشی اعمال شود و بیشترین کاهش عملکرد به علت اعمال تنش آبی در مرحله گرده‌افشانی بود. فار و فاسی (۲۰۰۹) با بررسی کم‌آبیاری روی ذرت در مراحل مختلف رشد نتیجه گرفتند که مرحله گل‌دهی حساس‌ترین مرحله نسبت به کم‌آبیاری است و وزن خشک ماده تولید شده، عملکرد و شاخص برداشت کاهش می‌یابد اما کم‌آبیاری در مرحله پرشدن دانه، تأثیر معنی‌دار بر رشد گیاه و تولید نداشت. بلانکو و همکاران (۲۰۰۸) اثر آبیاری

با آب شور با شوری بین ۰/۳ تا ۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر را بر رشد و تولید ذرت بررسی و مشاهده کردند که وزن خشک تولید شده و میزان راندمان استفاده از آب با افزایش شوری آب کاهش می‌یابد. نتایج تحقیق کالیر (۲۰۰۴) در خصوص اعمال تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد ذرت نشان داد حساس‌ترین مرحله رشد ذرت که موجب کاهش ۶۶ تا ۹۳ درصدی عملکرد شد، اعمال تنش رطوبتی طولانی مدت در مرحله کاکل‌دهی تا مرحله تشکیل بلال است. نتایج تحقیق غدیری و مجیدی (۲۰۰۳) در خصوص اعمال تنش رطوبتی در مرحله خمیری شدن دانه نشان داد که عملکرد و وزن بلال کاهش معنی‌دار می‌یابد. پندی و همکاران (۲۰۰۰) در خصوص اعمال تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد ذرت اعلام کردند که تنش رطوبتی باعث کاهش عملکرد دانه، تعداد دانه در بلال، وزن ۱۰۰ دانه بلال، قطر ساقه و ارتفاع گیاه شد و بیشترین تأثیر در کاهش این صفات مربوط به اعمال تنش در زمان گل‌دهی بود. بر اساس نتایج تحقیق پلات (۱۹۹۵) مرحله گل‌دهی و تشکیل بلال، حساس‌ترین مرحله نسبت به تنش رطوبتی بود و کوچک‌ترین تنش رطوبتی در این مرحله از رشد منجر به کاهش عملکرد، کاهش ارتفاع و قطر ساقه گردید. جعفری و حامدی (۱۳۸۷) با بررسی اثر کم‌آبیاری در مراحل مختلف رشد ذرت دانه‌ای نشان دادند که با مدیریت صحیح آبیاری در دوران رشد رویشی و زایشی و با حذف آبیاری در مراحل خمیری و دندانه‌ای شدن دانه می‌توان تا ۱۵ درصد در مصرف آب در مزارع ذرت در روش آبیاری سطحی صرفه جویی کرد بدون اینکه تأثیر معنی‌دار در میزان عملکرد دانه و پروتئین ایجاد شود. دهقان و نادری (۱۳۸۶) گزارش کردند که ذرت در مراحل رشد رویشی و بعد از گل‌دهی به ترتیب دارای بیشترین و کمترین حساسیت به شوری بود. امداد و فراداد (۱۳۷۹) با بررسی اثر تنش شوری (NaCl) و رطوبتی بر عملکرد ذرت گزارش کردند که هر دو تنش باعث کاهش سطح برگ، وزن خشک و ارتفاع گیاه شد، همچنین تأثیر تیمارهای شوری بر روند کاهش محصول بیشتر از اثر رژیم‌های رطوبتی بود به طوری که افزایش شوری آب آبیاری از ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر به ۴، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر باعث کاهش محصول به میزان ۱۷، ۳۴ و ۴۹ درصد شد. هدف از انجام این تحقیق، بررسی اثر توأم تنش آبی و شوری بر عملکرد و

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز در فصل زراعی ۸۹-۱۳۸۸ اجرا شد. خصوصیات خاک مزرعه مورد آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای در مراحل رشد رویشی (آزمایش یک)، گل‌دهی (آزمایش دو) و بعد از گل‌دهی (آزمایش سه) است.

مواد و روش‌ها

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی لایه های مختلف خاک

عمق خاک (سانتی متر)	ذرات خاک (درصد) رس سیلت شن	بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی متر مکعب)	ظرفیت زراعی (درصد وزنی)	نقطه پژمردگی (درصد وزنی)	هدایت الکتریکی (عصاره اشباع دسی زیمنس بر متر)
۰-۳۰	۲۲/۶ ۵۲/۱ ۲۵/۳	لوم سیلتی	۱/۴۰	۲۲/۵۰	۱۱/۰۰	۳/۵۰
۳۰-۶۰	۲۳/۵ ۵۱/۵ ۲۵/۰	لوم سیلتی	۱/۵۵	۲۲/۰۰	۱۰/۵۰	۳/۰
۶۰-۹۰	۲۳/۲ ۵۱/۷ ۲۵/۱	لوم سیلتی	۱/۶۰	۲۲/۰۰	۱۰/۵۰	۳/۵

نمک‌های NaCl ، CaCl_2 و MgCl_2 به آب رودخانه کارون (با شوری S_1) تهیه شد بدین منظور ابتدا آب رودخانه تجزیه و مقادیر EC ، Ca ، Mg ، Na و pH تعیین و نسبت $\frac{Ca}{Mg}$ و مقدار SAR محاسبه شد، سپس مقادیر نمک‌های فوق‌الذکر به نسبتی به آب رودخانه اضافه شد که EC به مقدار مورد نظر برسد در حالی که مقادیر نسبت $\frac{Ca}{Mg}$ و SAR آب حاصله مشابه آب رودخانه باشد (هنگر، ۲۰۰۴). نتایج تجزیه آب آبیاری به کار رفته در هر آزمایش در موقع اعمال تیمار در جدول ۲ ارائه شده است. برای تعیین زمان آبیاری، در روزهای قبل از آبیاری اقدام به اندازه‌گیری درصد رطوبت خاک با استفاده از پروب‌های دفنی دستگاه TDR مدل Trase System 6050X1 که در اعماق ۲۰-۲۰، ۴۰-۴۰ و ۶۰-۴۰ سانتی متر نصب شده بودند، شد و زمانی که میانگین رطوبت حجمی خاک به حد تخلیه مجاز برای ذرت رسید اقدام به آبیاری بعدی شد. برای اعمال رژیم‌های مختلف آب، بر اساس کمبود رطوبت خاک و با معیار قرار دادن تیمار بدون تنش آبی و اعمال ضرایب هر تیمار، از معادله زیر استفاده شد:

$$SMD = (\theta_{v_{fc}} - \theta_{v_i}) \cdot D \cdot f \quad (1)$$

که در آن، SMD: کمبود رطوبت خاک (mm)، $\theta_{v_{fc}}$ ، θ_{v_i} : به ترتیب درصد حجمی رطوبت در ظرفیت زراعی و موجود در خاک، D: عمق توسعه ریشه (mm) و f: ضریب هر تیمار (درصد) است. به دلیل پایین بودن سطح آب زیرزمینی (بین ۳/۱ تا ۳/۷ متر زیر سطح زمین)،

تحقیق متشکل از سه آزمایش مستقل هر یک در قالب کرت‌های یکبار خرد شده با طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود که در آن سه سطح آب آبیاری و سه سطح شوری در مراحل رشد رویشی (آزمایش یک)، گل‌دهی (آزمایش دو) و بعد از گل‌دهی (آزمایش سه) بر هیبرید ذرت زودرس KSC-260 اعمال شد. برای تعیین تیمارهای آبیاری، از تخلیه رطوبتی خاک استفاده شد. با توجه به درصد تخلیه مجاز (۵۰ درصد)، ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه تیمار شاهد تأمین شد و برای سایر تیمارهای آبیاری درصدی از این مقدار منظور شد. تیمارهای آبیاری شامل I_1 ، I_2 و I_3 به ترتیب معادل ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد تأمین نیاز آبی در نظر گرفته شد. تیمارهای شوری شامل S_1 ، S_2 و S_3 به ترتیب معادل شوری آب رودخانه کارون در روز آبیاری (S_1)، $S_1+1.5$ و S_1+3 دسی‌زیمنس بر متر بود. در هر سه آزمایش، روش کاشت به صورت دستی و در داخل کرت‌هایی شامل چهار ردیف ۳ متری با فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر و با تراکم ۷۰ هزار بوته در هکتار اجرا شد، همچنین قبل از کاشت ۶۰ کیلوگرم فسفر (P_2O_5) از منبع سوپر فسفات تریپل و ۶۰ کیلوگرم پتاسیم (K_2O) از منبع سولفات پتاسیم بر اساس آزمون خاک در هر هکتار مصرف شد. کود نیتروژن نیز از منبع اوره به میزان ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار در سه مرحله (بلافاصله بعد از کاشت، ۱۵ و ۴۵ روز پس از کاشت) بر اساس آزمون خاک مصرف شد. آب با شوری S_2 و S_3 با اضافه نمودن

مکعب در هکتار برای آزمایش سه بود. در هر آزمایش، تنش‌های آبی و شوری فقط یکبار و تقریباً در وسط مرحله رشد اعمال شدند. اندازه‌گیری صفات مورد بررسی شامل تعداد دانه در بلال، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه با رطوبت ۱۴ درصد، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیکی با برداشت محصول (۱۰۰ روز پس از کشت) از خطوط میانی هر کرت و پس از حذف ۰/۵ متر حاشیه از بالا و پایین ردیف‌ها انجام شد. در پایان داده‌ها توسط نرم افزار MstatC تحلیل و میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه ای دانکن مقایسه شدند.

صعود آب زیرزمینی به ناحیه ریشه ناچیز فرض شد. همچنین به دلیل محصور بودن کرت‌های آزمایشی، تلفات رواناب نیز وجود نداشت. در مرحله داشت هر سه آزمایش، صرف نظر از عملیات آبیاری، کلیه عملیات در مورد تمامی کرت‌ها به طور یکسان اجرا شد. آبیاری‌ها با توجه به مرحله رشد، میزان بارندگی و نیاز گیاه متغیر در نظر گرفته شد. در هر آزمایش ده نوبت آبیاری صورت گرفت و حجم آب مصرفی برای تیمارهای I₁، I₂ و I₃ به ترتیب برابر ۵۱۲۰، ۵۰۰۰ و ۴۸۸۰ متر مکعب در هکتار برای آزمایش یک، ۵۱۲۰، ۴۹۶۰ و ۴۸۰۰ متر مکعب در هکتار برای آزمایش دو و ۵۱۲۰، ۴۹۵۰ و ۴۷۷۰ متر

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب آبیاری استفاده شده در زمان اعمال تیمار

شماره آزمایش	تیمار شوری	EC (دسی زیمنس بر متر)	Ca ²⁺ (میلی اکی والان بر لیتر)	Mg ²⁺ (میلی اکی والان بر لیتر)	Na ⁺ (میلی اکی والان بر لیتر)	pH	زمان اعمال تیمار
یک (اعمال تیمار در مرحله رشد رویشی)	S ₁	۱/۴	۵/۲	۲/۰	۸/۷	۷/۸۲	۴۰ روز
	S ₂	۲/۹ - ۳/۰*	۱۳/۰	۵/۳	۱۳/۶	۷/۸۳	پس از کشت
	S ₃	۴/۴ - ۴/۶	۱۹/۴	۸/۷	۱۷/۱	۷/۸۳	کشت
دو (اعمال تیمار در مرحله گل‌دهی)	S ₁	۱/۴	۵/۲	۲/۰	۸/۷	۷/۸۲	۶۷ روز
	S ₂	۲/۹ - ۳/۰	۱۳/۰	۵/۳	۱۳/۶	۷/۸۳	پس از کشت
	S ₃	۴/۴ - ۴/۶	۱۹/۴	۸/۷	۱۷/۱	۷/۸۳	کشت
سه (اعمال تیمار در مرحله بعد از گل‌دهی)	S ₁	۱/۶	۶/۶	۳/۰	۱۰/۲	۷/۸۲	۷۵ روز
	S ₂	۳/۰ - ۳/۲	۱۳/۱	۵/۶	۱۴/۱	۷/۸۳	پس از کشت
	S ₃	۴/۵ - ۴/۶	۱۹/۴	۸/۹	۱۷/۷	۷/۸۴	کشت

* شوری آب آبیاری تیمارهای S₂ و S₃ که حاصل ترکیب نمک‌های NaCl، CaCl₂ و MgCl₂ با آب رودخانه است در محدوده ذکر شده می‌باشد.

نتایج و بحث

تعداد دانه در بلال

نسبت به تیمار I₁ به ترتیب ۶/۵ و ۵/۵ درصد کاهش را در آزمایش یک و ۱۶/۵ و ۱۲ درصد کاهش را در آزمایش دو نشان دادند (جدول ۴). نتایج تحقیقات پندی و همکاران (۲۰۰۰)، ابوالخیر و مکی (۲۰۰۷)، سیلسپور و همکاران (۱۳۸۵) و قوشچی و همکاران (۲۰۰۸) نیز مؤید این مطلب است. تنش شوری در آزمایش‌های یک و دو، باعث کاهش تعداد دانه در بلال شد که این کاهش در سطوح شوری خیلی زیاد (S₃) معنی دار بود. بیشترین و کمترین تعداد دانه در بلال در آزمایش یک و دو به ترتیب مربوط به تیمار S₁ و تیمار S₃ بود و تیمار S₃ نسبت به تیمار S₁، ۱۰ و ۱۹/۲ درصد کاهش دانه را به ترتیب در آزمایش یک و دو نشان داد. سیسک و هوسنو (۲۰۰۲) و بلانکو و همکاران (۲۰۰۸)

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که در آزمایش یک و آزمایش دو (به ترتیب اعمال تیمار در مراحل رشد رویشی و گل‌دهی)، تنش آبی در سطح پنج درصد و تنش شوری به ترتیب در سطح پنج درصد و ۱۰ درصد بر تعداد دانه در بلال تأثیر داشت اما اثر متقابل تنش آبی و شوری روی آن معنی‌دار نبود. اثر تنش آبی و شوری و اثر متقابل آنها نیز بر تعداد دانه در بلال در آزمایش سه (اعمال تیمار در مرحله بعد از گل‌دهی) معنی‌دار نشد.

در آزمایش‌های یک و دو، تنش آبی تعداد کل دانه در بلال را به صورت معنی‌دار کاهش داد. تیمار I₃ و I₂

چنین شرایطی به علت از بین رفتن دانه‌های گرده و تأخیر در ظهور کاکل‌ها و همچنین گرم‌شدن هوا، تلقیح به طور کامل در ذرت انجام نمی‌گیرد، علاوه بر این مرحله گل‌دهی نسبت به مرحله رشد رویشی به تنش آبی و شوری زیاد (I_3 و S_3) حساس‌تر است و اثر تنش شوری زیاد (S_3) بر کاهش تعداد دانه در بلال بیشتر از اثر تنش آبی زیاد (I_3) بود.

در این رابطه اعلام کردند که اثر تنش شوری بر تعداد دانه در بلال معنی‌دار بود. با بررسی اثر جداگانه تنش‌های آبی و شوری بر تعداد دانه در بلال (جدول ۴)، مشاهده شد که با افزایش تنش آبی و شوری، تعداد دانه در بلال کاهش یافت که علت آن را می‌توان افزایش پتانسیل اسمزی در منطقه ریشه و کاهش جذب آب توسط ریشه گیاه نسبت داد که در

جدول ۳ - نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تحقیق

میانگین مربعات						
شماره آزمایش	منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد دانه در بلال	وزن صد دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی
یک (اعمال تیمار در مرحله رشد رویشی)	تکرار	۲	۶۷۷/۳۷	۵۲۴۲/۲۰	۵/۲۰	۱۲/۴۱
	تنش آبی (I)	۲	۲۶۲۲/۹۲**	۷۰۴۹/۹۷*	۷/۵۴ ^{ns}	۱۶/۴۹ ^{ns}
	خطای (I)	۴	۲۴۶/۸۱	۱۴۳۲/۲۴	۳/۴۲	۱۰/۵۵
	تنش شوری (S)	۲	۶۳۱۸/۲۶**	۲۶۰۰/۰۶ ^{ns}	۸/۴۰*	۱۷/۲۰ ^{ns}
	I*S	۴	۱۴۳/۵۴ ^{ns}	۲۸۴/۹۴ ^{ns}	۰/۵۸ ^{ns}	۰/۹۹ ^{ns}
	خطای I*S	۱۲	۱۱۷۰/۹۴	۱۰۱۱/۵۳	۲/۷۶	۱۴/۲۷
درصد ضریب تغییرات (C. V) %			۷/۳۰	۱۶/۷۰	۲۰/۱۰	۲۴/۴۰
دو (اعمال تیمار در مرحله گل‌دهی)	تکرار	۲	۱۲۱۹/۶۶	۱۶/۷۱	۱/۷۴	۳/۶۲
	تنش آبی (I)	۲	۱۴۵۲۷/۹۳**	۱۱۵۷۳/۱۹*	۹/۰۹ ^{ns}	۱۵/۰۵*
	خطای (I)	۴	۱۷۴۱/۸۶	۱۹۷۵/۶۸	۴/۰۸	۳/۳۶
	تنش شوری (S)	۲	۱۹۷۴۰/۳۷*	۹۹۶۹/۱۲*	۱۲/۸۸**	۶/۱۰ ^{ns}
	I*S	۴	۳۲۹۲/۴۴ ^{ns}	۹۱۱/۷۴ ^{ns}	۱/۵۴ ^{ns}	۲/۸۹ ^{ns}
	خطای I*S	۱۲	۵۳۷۵/۴۶	۲۶۲۱/۷۵	۲/۷۳	۴/۱۸
درصد ضریب تغییرات (C. V) %			۱۷/۱۰	۲۴/۵۰	۲۱/۳۰	۱۳/۲۰
سه (اعمال تیمار در مرحله بعد از گل‌دهی)	تکرار	۲	۷۶۹۱/۶۲	۱۹۱۶/۸۷	۳/۳۴	۱۷/۵۷
	تنش آبی (I)	۲	۸۷۴/۱۷ ^{ns}	۲۴۷۳/۵۰*	۱۲/۹۴***	۱۸/۳۶*
	خطای (I)	۴	۱۶۰۰/۴۸	۵۲۵/۵۱	۰/۴۵	۳/۱۸
	تنش شوری (S)	۲	۲۵۹۱/۸۸ ^{ns}	۱۰۳۳/۷۶ ^{ns}	۲/۴۷ ^{ns}	۰/۸۶ ^{ns}
	I*S	۴	۳۴/۹۱ ^{ns}	۲۶۹/۴۷ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۱/۰۱ ^{ns}
	خطای I*S	۱۲	۲۸۳۴/۶۴	۶۴۸/۵۰	۱/۱۸	۴/۶۹
درصد ضریب تغییرات (C. V) %			۱۱/۲۰	۱۶/۲۰	۱۴/۶۰	۱۴/۸۰

*، ** و *** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰.۱، ۰.۰۵ و ۱ درصد و ns بدون اثر معنی‌دار

وزن ۱۰۰ دانه

در آزمایش دو (اعمال تیمار در مرحله گل‌دهی)، تنش آبی و شوری و در آزمایش‌های یک و سه (به ترتیب اعمال تیمار در مراحل رشد رویشی و بعد از گل‌دهی)، فقط تنش آبی در سطح ۱۰ درصد بر وزن ۱۰۰ دانه اثر معنی‌دار داشت اما اثر متقابل تنش آبی و شوری روی آن در هیچ‌کدام از آزمایش‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۳). تنش آبی وزن ۱۰۰ دانه را در آزمایش یک، دو و سه کاهش داد به طوری که مقدار کاهش در تیمار I_3 نسبت به تیمار I_1 معنی‌دار بود و وزن ۱۰۰ دانه را ۲۵، ۲۹/۵ و ۱۹ درصد به ترتیب در آزمایش‌های یک، دو و سه نسبت به تیمار I_1 کاهش داد. فار و فاسی (۲۰۰۹) گزارش کردند که با اعمال تنش آبی، وزن ۱۰۰ دانه در مراحل مختلف رشد ذرت کاهش یافته و بیشترین مقدار کاهش مربوط به اعمال تنش در مرحله گل‌دهی بود اما سیلسپور و همکاران (۱۳۸۵) اثر تنش آبی بر وزن صد دانه را معنی‌دار اعلام و کمترین و بیشترین وزن صد دانه را مربوط به اعمال تنش آبی در مرحله رشد رویشی و بعد از گل‌دهی بیان کردند. تنش شوری فقط در آزمایش دو (مرحله گل‌دهی) وزن ۱۰۰ دانه را کاهش داد (جدول ۴). بیشترین وزن صد دانه مربوط به تیمار S_1 و کمترین آن مربوط به تیمار S_3 بود و تیمار S_3 نسبت به تیمار S_1 ۲۶/۵ درصد کاهش را نشان داد که این تفاوت معنی‌دار بود. بلانکو و همکاران (۲۰۰۸) با اعمال تنش شوری بر عملکرد ذرت مشاهده کردند که با اعمال تنش شوری، وزن صد دانه کاهش یافت که نتایج مذکور با یافته‌های این تحقیق همخوانی دارد.

با بررسی نتایج جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) مشاهده شد با افزایش تنش آبی و شوری، وزن ۱۰۰ دانه در بلال روند کاهشی داشت هر چند پیش‌بینی می‌شد با افزایش تنش شوری و آبی و کاهش تعداد دانه در بلال، وزن صد دانه افزایش داشته باشد. علاوه بر این تأثیر تنش آبی زیاد (I_3) بر کاهش وزن ۱۰۰ دانه در بلال بیشتر از اثر تنش شوری زیاد (S_3) بود چون تنش آبی با تأخیر در ظهور کاکل‌ها باعث می‌شود بسیاری از دانه‌های گرده از دسترس کاکل‌ها خارج شوند و در

مواردی هم که تلقیح صورت می‌گیرد به دلیل کم بودن مواد فتوسنتزی برای رشد همه سلول‌های جنینی، نمو دانه اندکی پس از آن متوقف می‌شود، در نتیجه دانه‌ها به صورت ناهمگون در بلال تشکیل می‌شوند. از طرفی به دلایل مذکور تعداد دانه در بلال و تعداد ردیف دانه در بلال کاهش یافته و همچنین وزن صد دانه با توجه به کاهش فتوسنتز گیاه و کاهش انتقال مواد فتوسنتزی کاهش می‌یابد (فدایی و همکاران، ۱۳۸۶).

عملکرد دانه

نتایج نشان داد که در آزمایش‌های یک و دو (به ترتیب اعمال تیمار در مراحل رشد رویشی و گل‌دهی)، تنش شوری به ترتیب در سطوح ۱۰ و پنج درصد بر عملکرد دانه اثر معنی‌دار داشت، همچنین در آزمایش سه (مرحله بعد از گل‌دهی)، تنش آبی در سطح یک درصد بر آن اثر معنی‌دار نشان داد. اثر متقابل تنش آبی و شوری روی عملکرد دانه در هیچ‌کدام از آزمایش‌ها نیز اثر معنی‌دار نداشت (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه در تیمار I_1 حاصل شد و تیمارهای I_2 و I_3 نسبت به آن به ترتیب ۸/۸، ۱۰/۳، ۱۶/۳ و ۲۳، ۲۷/۵ درصد کاهش عملکرد را به ترتیب در آزمایش‌های یک، دو و سه نشان دادند و این تفاوت‌ها در آزمایش‌های یک و دو (اعمال تیمار در مراحل رشد رویشی و گل‌دهی) غیر معنی‌دار اما در آزمایش سه (اعمال تیمار در مرحله بعد از گل‌دهی) معنی‌دار بود (جدول ۴). ابوالخیر و مکی (۲۰۰۷) با اعمال تنش رطوبتی بر ذرت در مراحل گل‌دهی و بعد از آن گزارش کردند که با اعمال تنش آبی میزان عملکرد دانه کاهش یافت، این محققان بیشترین کاهش عملکرد دانه را مربوط به مرحله بعد از گل‌دهی اعلام کرده اند که با یافته‌های این تحقیق هم‌خوانی دارد. سیلسپور و همکاران (۱۳۸۵) و قوشچی و همکاران (۲۰۰۸) نیز اثر تنش آبی بر عملکرد دانه را معنی‌دار اعلام نمودند که بیشترین کاهش عملکرد در مرحله گل‌دهی بود که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت ندارد. تنش شوری در آزمایش‌های یک و دو عملکرد دانه را کاهش داد. کاهش عملکرد دانه تا شوری S_2 معنی‌دار نبود اما برای تیمار S_3 معنی‌دار بود (جدول ۴).

جدول ۴ - نتایج مقایسه میانگین داده های مربوط به تحقیق

شماره آزمایش	تیمارهای آزمایشی	تعداد دانه در بلال	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد دانه (تن در هکتار)	عملکرد بیولوژیکی (تن در هکتار)	شاخص برداشت
یک (اعمال) تیمار در مرحله رشد رویشی)	I ₁	۴۸۹ ^A	۲۱۱/۲ ^a	۹/۱ ^a	۱۶/۴ ^a	۴۸/۷ ^a
	I ₂	۴۶۳ ^B	۲۰۱/۲ ^a	۸/۳ ^a	۱۶/۱ ^a	۴۵/۷ ^a
	I ₃	۴۵۸ ^B	۱۵۸/۵ ^b	۷/۳ ^a	۱۳/۹ ^a	۴۵/۰ ^a
	S ₁	۴۸۷ ^A	۲۰۸/۸ ^a	۹/۳ ^a	۱۷/۰ ^a	۴۷/۳ ^a
	S ₂	۴۸۳ ^A	۱۸۶/۵ ^a	۸/۰ ^{ab}	۱۵/۱ ^a	۴۶/۴ ^a
	S ₃	۴۳۹ ^B	۱۷۵/۵ ^a	۷/۴ ^b	۱۴/۳ ^a	۴۵/۸ ^a
دو (اعمال) تیمار در مرحله گل‌دهی)	I ₁	۴۷۳ ^A	۲۴۰/۷ ^a	۸/۷ ^a	۱۶/۸ ^a	۴۴/۴ ^a
	I ₂	۴۱۷ ^B	۲۱۵/۶ ^a	۷/۸ ^a	۱۵/۴ ^{ab}	۴۱/۹ ^a
	I ₃	۳۹۶ ^B	۱۷۰/۰ ^b	۶/۷ ^a	۱۴/۱ ^b	۳۹/۹ ^a
	S ₁	۴۶۵ ^a	۲۳۲/۴ ^a	۸/۷ ^A	۱۶/۱ ^a	۴۶/۱ ^A
	S ₂	۴۴۵ ^a	۲۳۲/۲ ^a	۸/۱ ^A	۱۵/۷ ^a	۴۲/۵ ^{AB}
	S ₃	۳۷۶ ^b	۱۷۰/۷ ^b	۶/۴ ^B	۱۴/۵ ^a	۳۷/۵ ^B
سه (اعمال) تیمار در مرحله بعد از گل‌دهی)	I ₁	۴۸۵ ^a	۱۷۴/۲ ^a	۸/۷ ^A	۱۶/۳ ^a	۴۶/۱ ^a
	I ₂	۴۷۱ ^a	۱۵۴/۳ ^{ab}	۷/۳ ^{AB}	۱۴/۰ ^b	۴۴/۸ ^a
	I ₃	۴۶۶ ^a	۱۴۱/۳ ^b	۶/۳ ^B	۱۳/۵ ^b	۴۲/۴ ^a
	S ₁	۴۸۶ ^a	۱۶۴/۹ ^a	۷/۹ ^a	۱۴/۹ ^a	۴۵/۹ ^a
	S ₂	۴۸۱ ^a	۱۶۰/۴ ^a	۷/۴ ^a	۱۴/۲ ^a	۴۴/۶ ^a
	S ₃	۴۵۴ ^a	۱۴۴/۵ ^a	۶/۹ ^a	۱۴/۶ ^a	۴۲/۸ ^a

میانگین هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک هستند از لحاظ آماری بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد (حروف بزرگ) و در سطح ۱۰ درصد (حروف کوچک) اختلاف معنی دار ندارند.

اگر چه اثر متقابل تنش آبی و شوری بر عملکرد دانه معنی دار نبود اما اثر تنش آبی در آزمایش سه (اعمال تیمار در مرحله بعد از گل‌دهی) و اثر تنش شوری در آزمایش دو (اعمال تیمار در مرحله گل‌دهی) بر کاهش عملکرد دانه غالب بود. از دلایل کاهش عملکرد دانه با افزایش تنش آبی و شوری، کاهش تعداد دانه در بلال و همچنین کاهش وزن صد دانه در بلال است.

بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار S₁ و کمترین آن مربوط به تیمار S₃ در هر سه آزمایش بود و تیمار S₃ نسبت به تیمار S₁، ۲۰/۵ و ۲۶/۴ درصد کاهش عملکرد را به ترتیب در آزمایش‌های یک و دو نشان داد. بنابراین می‌توان گفت که در این دو مرحله از رشد، عملکرد دانه در تنش شوری زیاد (S₃) به صورت معنی دار با کاهش همراه است. نتایج تحقیق بلانکو و همکاران (۲۰۰۸) و سیسک و هوسنو (۲۰۰۲) نیز حاکی از کاهش عملکرد دانه با افزایش تنش شوری بود.

عملکرد بیولوژیکی

در آزمایش‌های دو و سه (به ترتیب اعمال تیمار در مراحل گل‌دهی و بعد از گل‌دهی) تنش آبی در سطح ۱۰ درصد بر عملکرد بیولوژیکی (وزن خشک کل اندام‌های رویشی و دانه به جز ریشه) اثر معنی‌دار داشت اما در آزمایش یک (اعمال تیمار در مرحله رشد رویشی) معنی‌دار نبود (جدول ۳). همچنین در هر سه آزمایش، تنش شوری و اثر متقابل تنش آبی و شوری روی عملکرد بیولوژیکی معنی‌دار نبود. در هر سه آزمایش، بیشترین عملکرد بیولوژیکی مربوط به تیمار I_1 و کمترین آن مربوط به تیمار I_3 بود (جدول ۴). در آزمایش‌های یک، دو و سه، تیمار I_3 نسبت به تیمار I_1 به ترتیب ۱۵/۰، ۱۵/۵ و ۱۷/۰ درصد کاهش عملکرد را نشان داد که این تفاوت معنی‌دار بود و نشان می‌دهد که عملکرد بیولوژیکی نیز در تنش‌های آبی خیلی زیاد (I_3) به صورت معنی‌دار تحت تأثیر قرار می‌گیرد. فار و فاسی (۲۰۰۹) و کالیر (۲۰۰۴) گزارش کردند که تنش آبی بر عملکرد بیولوژیکی معنی‌دار بود و مرحله گل‌دهی را حساس‌ترین مرحله رشد ذرت نسبت به تأثیر تنش آبی بر عملکرد بیولوژیکی اعلام کردند که با نتایج این تحقیق مطابقت ندارد. یافته‌های این تحقیق با نتایج تحقیق ابوالخیر و مکی (۲۰۰۷) که بیانگر بیشترین کاهش عملکرد بیولوژیکی در اثر تنش آبی در مرحله بعد از گل‌دهی است همخوانی دارد چون عملکرد بیولوژیکی حاصل عملکرد دانه و عملکرد اندام‌های رویشی است و در اثر اعمال تنش در مرحله بعد از گل‌دهی به دلیل کاهش شدید عملکرد دانه با وجود ثابت ماندن نسبی عملکرد اندام‌های رویشی، عملکرد بیولوژیکی کاهش نشان داد به عبارت دیگر اثر تنش روی عملکرد بیولوژیکی عمدتاً ناشی از اثر تنش روی عملکرد دانه بود. در خصوص تنش شوری، در هر سه آزمایش، مقایسه میانگین‌ها اختلاف معنی‌داری نشان ندادند اما با افزایش تنش شوری، مقادیر عملکرد بیولوژیکی روند نزولی داشت و بیشترین مقدار کاهش نیز مربوط به آزمایش یک (اعمال تیمار در مرحله رشد رویشی) بود (جدول ۴). در این رابطه پسرک لی (۱۹۸۹) و بلانکو و همکاران

(۲۰۰۸) اعلام کردند که اثر تنش شوری بر عملکرد بیولوژیکی معنی‌دار بود و با افزایش تنش شوری، مقدار آن کاهش یافت. با افزایش اثر تنش‌ها، میزان عملکرد بیولوژیکی روند کاهشی داشت که از دلایل کاهش آن می‌توان کاهش جذاب مواد غذایی توسط ریشه گیاه، کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش رشد گیاه را نام برد.

شاخص برداشت

شاخص برداشت عبارت است از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیکی. میانگین شاخص برداشت فقط در آزمایش دو (اعمال تیمار در مرحله گل‌دهی) تحت تیمار تنش شوری در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). فار و فاسی (۲۰۰۹) گزارش کردند که با اعمال تنش آبی، شاخص برداشت کاهش یافت و بیشترین کاهش هم مربوط به مرحله گل‌دهی بود. با افزایش تنش شوری، مقادیر شاخص برداشت روند نزولی داشت (جدول ۴).

بیشترین شاخص برداشت در آزمایش دو با میانگین ۴۶/۱ مربوط به تیمار S_1 و کمترین آن با میانگین ۳۷/۵ مربوط به تیمار S_3 بود و تیمار S_3 نسبت به تیمار S_1 ، ۱۸/۶ درصد کاهش را نشان داد. به عبارتی دیگر در آزمایش دو تغییرات شوری در حد کم (از S_1 به S_2) علی‌رغم کاهش شاخص برداشت تغییرات معنی‌دار نداشت اما تغییرات شوری در حد زیاد (S_1 به S_3) باعث شد شاخص برداشت به طور معنی‌دار کاهش یابد. سا و همکاران (به نقل از بلانکو و همکاران، ۲۰۰۸) نیز گزارش کردند که اثر تنش شوری بر شاخص برداشت معنی‌دار بود اما بلانکو و همکاران (۲۰۰۸) و یازار و همکاران (۲۰۰۳) در این معادله اعلام کردند که تنش شوری بر شاخص برداشت اثر معنی‌دار ندارد که با یافته‌های این تحقیق همخوانی ندارد. در هر سه آزمایش، با افزایش تنش شوری و آبی، شاخص برداشت روند کاهشی داشت و این کاهش در آزمایش دو از شدت بیشتری برخوردار بود. دلیل کاهش شاخص برداشت، کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی در اثر اعمال تنش آبی و شوری است. با مقایسه درصدهای کاهش عملکرد بیولوژیکی در اثر اعمال تیمارهای تنش

- همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز. صفحه ۲۷۸.
- ۳- دهقان ا. و نادری ا. ۱۳۸۶. ارزیابی تحمل به شوری در سه رقم ذرت دانه‌ای. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. (۱۱): ۲۷۵-۲۸۳.
- ۴- سیل‌سپور م. جعفری پ. و ملاحسینی ح. ۱۳۸۵. مطالعه اثرات تراکم بوته و تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و برخی خصوصیات زراعی ذرت (KSC-301). پژوهش در علوم کشاورزی. ۲(۲): ۱۳-۲۴.
- ۵- فدایی ع. فرحبخش ح. مقصودی مود ع. ا. و باغخانی ف. ۱۳۸۶. اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم ذرت دانه‌ای. چکیده مقالات نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر. دانشگاه شهید باهنر کرمان. صفحه ۲۰۹.
- 6 - Abo-El-Kheir M. S. A. and Mekki B. B. 2007. Response of maize cross-10 to water deficits during silking and grain filling stages. *World Journal of Agricultural Sciences*. 3(3):269-272.
- 7 - Blanco F. F. Folegatti M. V. Gheyi H. R. and Fernandes P. D. 2008. Growth and yield of corn irrigated with saline water. *Science Agriculture*. 65(6): 574-580.
- 8 - Calir R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*. 89(1): 1-16.
- 9 - Cicek N. and Husnu C. 2002. The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars. *Journal of Plant Physiology*. 28(1-2): 66-74
- 10 - Farre I. and Faci J. M. 2009. Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management*. 96: 383-394.
- 11 - Ghadiri H. and Majidi M. 2003. Effect of different nitrogen fertilizer levels and moisture stress during milky and dough stages on grain yield, yield components and water use efficiency of corn (*Zea mays* L.). *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. 7(2): 103-113.
- 12 - Ghooshchi F. Seilsepour M. and Jafari P. 2008. Effects of water stress on yield and some agronomic traits of maize (KSC-301). *American-Eurasian Journal Agriculture and Environmental Sciences*. 4 (3): 302-305.

آبی و شوری با درصدهای کاهش عملکرد دانه مشاهده شد که تأثیر تنش آبی و تنش شوری بر کاهش عملکرد دانه بیشتر از کاهش عملکرد بیولوژیکی است در نتیجه به علت کاهش بیشتر عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت نیز روند کاهشی نشان داد.

نتیجه‌گیری

- اثر متقابل تنش آبی و شوری در هر سه آزمایش بر تعداد دانه در بلال، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت معنی‌دار نبود.
- در هر سه آزمایش، اثر تنش آبی بر کاهش وزن ۱۰۰ دانه در بلال بیشتر از اثر تنش شوری بود.
- در آزمایش سه (اعمال تیمار در مرحله بعد از گل‌دهی) تنش آبی و در آزمایش دو (اعمال تیمار در مرحله گل‌دهی) تنش شوری بر کاهش عملکرد دانه غالب بود.
- شاخص برداشت فقط در آزمایش دو و تحت تأثیر تنش شوری معنی‌دار شد.
- در هر آزمایش، با افزایش تنش آبی و شوری، مقادیر صفات مورد بررسی کاهش یافت و بیشترین کاهش نیز در آزمایش دو (اعمال تیمار در مرحله گل‌دهی) مشاهده شد.

سپاس‌گزاری

بدین وسیله از قطب علمی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز به خاطر تأمین بخشی از هزینه‌های انجام طرح تشکر می‌شود.

منابع

- ۱- امداد م. ر. و فرداد ح. ۱۳۷۹. اثر تنش شوری (NaCl) و رطوبتی بر عملکرد ذرت. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳(۳۱): ۶۵۴-۶۴۱.
- ۲- جعفری ح. و حامدی ف. ۱۳۸۷. مدیریت آبیاری در سطح مزارع ذرت با حذف آبیاری در مراحل مختلف رشد و بررسی تابع تولید آن. چکیده مقالات دومین

- uptake and water extraction. *Agricultural Water Management*. 46(1): 15-27.
- 16 - Pessarakli M. 1989. Dry matter yield, nitrogen absorption and water uptake by sweet – corn under salt stress. *Journal of Plant Nutrient*. 12 (3): 279 – 290.
- 17 - Plaut Z. 1995. Sensitivity of crop plants to water stress at specific developmental stages, reevaluation of experimental findings. *Journal of Plant Sciences*. 43(2): 99-111.
- 18 - Yazar A. Gencel B. and Sezen M. S. 2003. Corn yield response to saline irrigation water applied with a trickle system, *Food, Agriculture and Environment*. 1(2):198-202.
- 13 - Henggeler, J. C. 2004. The conjuctive use of saline irrigation water on deficit irrigation. Ph. D Dissertation. Texas University.
- 14 - Mansouri Far C. Modarres Sanavy S. A. M. and Saberali S. F. 2010. Maize yield response to deficit irrigation during low-sensitive growth stages and nitrogen rate under semi-arid climatic conditions. *Agricultural Water Management*. 97 : 12–22.
- 15 - Pandey R. K. and Maranvill J. W. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment. II: Shoot growth, nitrogen