به زراعی کشاورزی
دوره ۱۵ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۲
صفحه‌های ۱۰۵-۹۵

روابط بین عملکرد، سرعت تعرق و طول روزنه در هیبریدهای ذرت تحت تأثیر سطوح مختلف شوری آب آبیاری

مهدیه عسکری*[۱]، علی‌اکبر مقصودی مود[۲]، وحیدرضا صفاری[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان ـ ایران
۲. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان ـ ایران
۳. استادیار، گروه باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان ـ ایران

تاریخ وصول مقاله: ۹۲/۰۲/۲۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۲/۰۹/۱۱

چکیده

تنش شوری در بسیاری از نقاط جهان عامل مهم محدودکنندهٔ رشد و عملکرد محصولات زراعی به‌شمار می‌رود. تولید ارقام مقاوم یا گزینش صفات مطلوب در شرایط تنش یکی از راه‌های مقابله با این مشکل است. در این تحقیق، آزمایشی در گلخانه به‌صورت فاکتوریل انجام و تأثیرات تنش شوری بر طول روزنه‌ها در سطح رویی و زیری برگ، محتوی نسبی آب و سرعت تعرق ۷ هیبرید ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) بررسی شد. در آزمایش دیگری در شرایط مزرعه به‌صورت کرت‌های خردشده تأثیرات تنش شوری بر عملکرد دانهٔ همان هیبریدها بررسی شد. هر ۲ آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار، در محل دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان، در سال زراعی ۱۳۹۰، انجام شدند. نتایج نشان داد که تنش شوری و تفاوت هیبریدها تأثیرات معنی‌داری بر صفات مذکور داشتند. به‌طور کلی با افزایش سطوح شوری همهٔ صفات مذکور کاهش یافتند. سرعت تعرق و محتوی نسبی آب همبستگی معنی‌داری با عملکرد دانه نشان دادند. همچنین، مقایسهٔ میانگین صفات، برتری هیبرید SC-704 را از لحاظ دارابودن بالاترین میزان محتوی نسبی آب و عملکرد دانه در شرایط شوری نسبت به دیگر هیبریدهای موردمطالعه نشان داد؛ بنابراین، هیبرید SC-704 نسبت به سایر هیبریدها تحمل بیشتری به شوری دارد و به‌عنوان هیبرید مقاوم به تنش شوری معرفی می‌شود.

کلیدواژه‌ها: طول روزنه، مقاوم، محتوای نسبی آب، همبستگی، هیبرید.

* نویسنده مسئول Email: Mahdiye.askary@yahoo.com

۱. مقدمه

ذرت در بین غلات بعد از گندم و برنج مهم‌ترین مادهٔ غذایی دنیا را تشکیل می‌دهد. این گیاه یکی از گیاهان زراعی قدیمی و باارزش است. ذرت به دلیل ویژگی‌های بسیار زیاد خود به‌ویژه تنوع، قدرت سازگاری با شرایط اقلیمی گوناگون و ارزش غذایی فراوان، بسیار سریع در مناطق وسیع و مختلف دنیای جدید گسترش یافت و در ردیف بهترین گیاهان زراعی جهان قرار گرفت [۱۸]. ذرت در مرحلهٔ جوانه‌زنی و رشد گیاهچه نسبت به سایر مراحل به شوری مقاوم‌تر است، اما به‌طور کلی جزء گیاهان حساس به شوری طبقه‌بندی می‌شود [۱۸]. ویژگی‌های بیوشیمیایی، فیزیولوژیکی، آناتومیکی و مورفولوژیکی گیاهان زراعی به‌طور مستقیم تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرند [۱۱]. شوری یکی از عوامل محیطی است که حدود یک‌سوم زمین‌های کشاورزی جهان را تحت تأثیر خود قرار داده است و در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌عنوان مشکلی جدی مطرح است. در این مناطق کمبود آب و بارندگی محدود، گرمای زیاد، تبخیر و تعرق بالا، کیفیت پایین آب‌های کشاورزی یا روش‌های غلط کشاورزی و مدیریت ضعیف در سیستم‌های آبیاری این مشکل را جدی‌تر کرده است [۲۵]. تنش شوری باعث کاهش پتانسیل اسمزی محلول آب خاک و ممانعت از جذب آب توسط گیاه، جلوگیری از جذب و انتقال یون‌های غذایی مانند پتاسیم و کلسیم به‌عنوان عناصر ضروری رشد گیاه و بروز تأثیرات سمیت مستقیم روی غشاها و سیستم‌های آنزیمی می‌شود [۹]. به‌طور کلی نمک در محیط خاک ابتدا توانایی گیاه برای جذب آب را کاهش می‌دهد و از این طریق باعث کاهش رشد می‌شود که این اثر اسمزی یا خشکی فیزیولوژیکی ناشی از شوری نامیده می‌شود [۱۵]. این پدیده که بر اثر شوری به‌وجود می‌آید، باعث کاهش محتوای نسبی آب خاک می‌شود [۵]. گزارش شده است که تحت تأثیر تنش شوری سرعت طویل‌شدن و توسعهٔ سلول‌ها بر اثر تورژسانس سلول‌ها و با ضخیم‌شدن دیوارهٔ سلول‌ها بر اثر شوری محتوای نسبی آب برگ کاهش می‌یابد [۴]. به همین دلیل در هنگام بروز تنش در گیاهان زراعی رفتار روزنه‌ها در پاسخ به این شرایط تغییر می‌کند و با قرارگرفتن گیاه تحت تأثیر خشکی فیزیولوژیکی ناشی از شوری اولین پاسخ گیاه معمولاً بسته‌شدن روزنه‌هاست [۲۲]. روش‌های مختلفی برای تعیین وضعیت آبی گیاه وجود دارد که یکی از این روش‌ها اندازه‌گیری محتوای نسبی آب است و چون روزنه‌ها تعادل بین جریان خروجی و ورودی برگ را تنظیم می‌کنند، اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ وضعیت روزنه‌ها را بهتر مشخص می‌کند [۲۶]. به‌طور کلی کاهش آب قابل دسترس در شرایط تنش شوری به همراه اثر سمیت یونی برخی عناصر از جمله سدیم و کلر و نداشتن تعادل غذایی موجب کاهش عملکرد دانه در گیاه می‌شود [۱۴]. گزارش شده است که افزایش شوری آب خاک در منطقهٔ توسعهٔ ریشه‌ها در طول فصل رشد تا حد ۳/۷ دسی‌زیمنس بر متر عملکرد ذرت را کاهش نمی‌دهد، اما به ازای هر واحد افزایش شوری به مقدار بیشتر از این کیفیت دانه به میزان ۱۴ درصد کاهش می‌یابد [۸].

از آنجا که درک بهتر مکانیسم‌های فیزیولوژیکی دخیل در تحمل به شوری، کلیدی برای توسعهٔ راهکارهای شناخت ژنوتیپ‌های مقام به شوری است، این قبیل پژوهش‌ها توانایی شناخت ژنوتیپ‌هایی را که تحمل بیشتری در شرایط شوری دارند افزایش خواهد داد تا مدیریت انتخاب در مزارع با خاک و آب شور کارآمدتر شود. در این پژوهش هدف، بررسی اثر تنش شوری آب آبیاری بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی، آناتومیکی و عملکرد دانه هیبریدهای ذرت بود.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. آزمایش گلخانه‌ای

در مرحلهٔ اول، آزمایشی در گلخانهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان، با دمای حداکثر ۲±۳۰ و حداقل ۲±۱۸درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت ۴۰ درصد به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. با توجه به اینکه کاشت در گلخانهٔ یک‌طرفه رو به جنوب انجام شد و ورود نور از سمت جنوب بود، برای ازبین‌بردن خطای مربوط به ورود نور با عمودکردن بلوک‌ها بر نور ورودی از طرح بلوک استفاده شد. تیمارهای آزمایش شامل ۴ سطح شوری آب آبیاری (۲، ۴، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) و ۷ هیبرید ذرت شامل سینگل‌کراس‌های ۷۰۰، ۵۰۰، ۴۰۴، ۷۰۴، ۶۴۷، ۳۰۱ و ماکسیما بودند. بذور قبل از کاشت با قارچ‌کش ویتاواکس ضدعفونی شدند و در ظروف پتری‌دیش جداگانه که حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر بودند در محیط تاریک آزمایشگاه با دمای ۲۷ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۲ روز قرار گرفتند. پس از جوانه‌زنی، گیاهچه‌های حاصل به محیط اصلی آزمایش منتقل شدند که گلدان‌هایی به ارتفاع ۱۳ و قطر دهانهٔ ۹/۵سانتی‌متر بودند. به همهٔ گلدان‌ها ۶۲۰ گرم ماسهٔ شسته (با هدایت الکتریکی(EC=۱/۰۲ ds/m اضافه شد. در طول دورهٔ رشد، برای ثابت نگه‌داشتن میزان شوری، آبیاری گلدان‌ها با آب مقطر انجام شد. مقدار نمک کلرور سدیم لازم برای تیمارهای مختلف بعد از کسر شوری خاک، در آب مقطر حل و به گلدان‌ها اضافه شد. قبل از اعمال تیمار مقادیر درصد رطوبت اشباع (SP) و ظرفیت مزرعه (FC) خاک اندازه‌گیری شدند که مؤلفه‌های مذکور به‌ترتیب برابر با ۲۲ و ۱۷ درصد بودند. مقدارکلرور سدیم لازم برای تهیهٔ محلول‌های شور مختلف از معادلهٔ زیر به‌دست آمد [۱۲]:

$$y = Ec \times ۶۴۰ \qquad (۱$$

در این رابطه y مقدار نمک لازم بر حسب گرم برای یک لیتر آب مقطر و EC هدایت الکتریکی مورد نظر هستند. بعد از اعمال تنش، روزانه گلدان‌ها با ترازویی با دقت ۰/۵گرم توزین و با اضافه‌کردن آب مقطر رطوبت خاک آن‌ها در حد ظرفیت مزرعه حفظ شد. این عمل تا زمان نمونه‌گیری از بوته‌ها انجام شد. همچنین، تمامی صفات گلخانه در مرحلهٔ گیاهچه اندازه‌گیری شدند و از این لحاظ دورهٔ رسیدگی ارقام تفاوتی را ایجاد نکرد.

اندازه‌گیری صفات مربوط به گلخانه شامل:

۱.۱.۲. محتوای نسبی آب

برای این منظور از هر بوته ۱ قطعه در موقعیت یکسان روی تمام بوته‌ها جدا شد و بلافاصله با استفاده از ترازوی دیجیتال (AEL-40SM LIBROR دقت ۰/۰۰۰۰۱) توزین شدند (FW). سپس، هر نمونه داخل پتری‌دیش حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۴ ساعت در محل تاریک قرار داده شدند تا کاملاً اشباع شوند. سپس، نمونه‌ها از آب مقطر خارج و با کاغذ خشک‌کن خشک شدند و وزن اشباع آن‌ها اندازه‌گیری شد (SW). پس از آن نمونه‌ها در پاکت کاغذی در آون با دمای ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک و توزین شدند (DW). محتوای آب نسبی برگ از رابطهٔ زیر محاسبه شد [۷].

$$RWC = \frac{FW - DW}{SW - DW} \times ۱۰۰ \qquad (۲$$

۲.۱.۲. متوسط طول روزنه‌ها

نمونه‌های برگی از موقعیت یکسان در هر گیاه انتخاب شدند و لایه‌ای نازک از لاک شفاف ناخن که با استون رقیق شده بود روی سطح آن‌ها کشیده شد، این لایه پس از خشک‌شدن، با استفاده از نوار چسب شفاف از برگ جدا و روی لام قرار داده شد. این کار موجب شد که تصویر اپیدرم برگ روی چسب نواری انتقال یابد. اسلاید آماده‌شده با میکروسکوپ نوری و بزرگنمایی ۴۰x×۱۰x مشاهده شد. برای اندازه‌گیری طول روزنه‌ها از ۱ عدسی

چشمی مجهز به میکرومتر استفاده و اندازهٔ روزنه‌ها در مساحت ۰/۰۲۳۴ mm^2 از سطح برگ اندازه‌گیری شد.

۳.۱.۲. سرعت تعرق

نمونه‌های برگی یکسان از بوته‌ها جدا شدند و بلافاصله داخل ترازوی دیجیتال با دقت 1×10^{-5} گرم قرار داده شدند و دوربین فیلمبرداری تغییرات کاهش حاصل در وزن برگ را به مدت ۳ دقیقه و در حالی ضبط کرد که ثبت‌کنندهٔ زمان روی آن نیز فعال بود. فرض بر این بود که کاهش وزن برگ در این مدت ناشی از تعرق بوده است و برای همهٔ نمونه‌ها یکسان و مشابه شرایط طبیعی رشد در تیمار مربوطه است [۱۲]. اعدادی که از این بازبینی به‌دست آمدند در یک فایل در نرم‌افزار اکسل[1] مرتب شدند و سپس، برای تمامی هیبریدها در هر ۳ تکرار نمودار خطی بین زمان و کاهش وزن برگ ترسیم شد. اعداد به‌دست‌آمده از نمودارها طبق معادلهٔ زیر محاسبه شدند [۱۲]. سپس، اعداد به‌دست‌آمده از این معادله‌ها مطابق آزمایش فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی تجزیهٔ واریانس شدند.

$$y = a + bt \qquad (۳$$

در این معادله y برابر سرعت تعرق، a عرض از مبدأ، b شیب خط و t زمان است.

۲.۲. آزمایش مزرعه‌ای

آزمایش در مزرعه با موقعیت جغرافیایی ۳۰ درجهٔ شمالی و طول ۵۷ درجهٔ شرقی با ارتفاع ۱۷۵۴ متر از سطح دریا به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. کرت‌های اصلی آزمایش شامل ۴ سطح شوری آب آبیاری (۲، ۴، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر) و کرت‌های فرعی شامل ۷ هیبرید ذرت مذکور بودند. فاصلهٔ بین کرت‌های اصلی ۳ متر و بین تکرارها ۲ متر در نظر گرفته شد. با توجه به نتایج آنالیز خاک، کودهای پایه شامل نیتروژن از منبع اوره و سوپر فسفات تریپل به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار به خاک اضافه شدند. سپس، هدایت الکتریکی عصارهٔ یک به یک خاک (۰/۹۹ds/m) و آب آبیاری (۱/۰۰۴ds/m) نیز اندازه‌گیری شدند. اعمال تنش در مرحلهٔ گیاهچه (۴ برگی) از طریق آب آبیاری به این صورت انجام شد که ابتدا مقدار لازم محلول نمک کلرید سدیم برای اعمال تیمارهای با ECهای مختلف با درنظرگرفتن درصد وزنی رطوبت خاک درصد FC و کسر مقدار نمک موجود در آب آبیاری و خاک مزرعه محاسبه شد. سپس، در مخزن‌های مختلف محلول‌های نمکی با ECهای متفاوت تهیه و در زمان آبیاری مزرعه جایگزین آب آبیاری شدند. در واقع مقادیر مورد نیاز آب که مجموعاً در هر نوبت آبیاری ۱ متر مکعب به ازای هر کرت اصلی بود از مخازن مدرج از طریق شیلنگ وارد کرت‌های اصلی می‌شدند که هر کدام دارای ۷ کرت فرعی (هیبریدهای مختلف) بودند. در این آزمایش طول دورهٔ رسیدگی هیبریدهای SC در منطقهٔ مورد تحقیق به‌طور متوسط ۱ هفته کمتر از ماکسیما بود و با توجه به اینکه آبیاری در مزرعه هر ۷ روز یک‌بار از طریق سطوح مختلف آب شور انجام می‌شد، در آخرین نوبت آبیاری ماکسیما از آب کشاورزی و غیرشور استفاده شد تا اختلاف بین مقادیر دریافتی کلرور سدیم بین هیبریدهای مورد مطالعه ایجاد نشود. مبارزه با علف‌های هرز در ۳ مرحله در اوایل زندگی گیاه اجرا شد و بعد از آن به دلیل غالب‌شدن گیاه بر علف‌های هرز مبارزه انجام نشد. در پایان دورهٔ رسیدگی دانه پس از حذف ردیف‌های حاشیه و ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر کرت با برداشت از خطوط میانی عملکرد تعیین و به هکتار تعمیم داده شد.

داده‌های حاصل از آزمایش اول (گلخانه) طبق مدل

1. Excel

فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و آزمایش دوم (مزرعه) طبق مدل کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی تجزیهٔ واریانس شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و ترسیم نمودارها از نرم‌افزارهای SPSS و Excel استفاده شد. مقایسهٔ میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

۳. نتایج و بحث

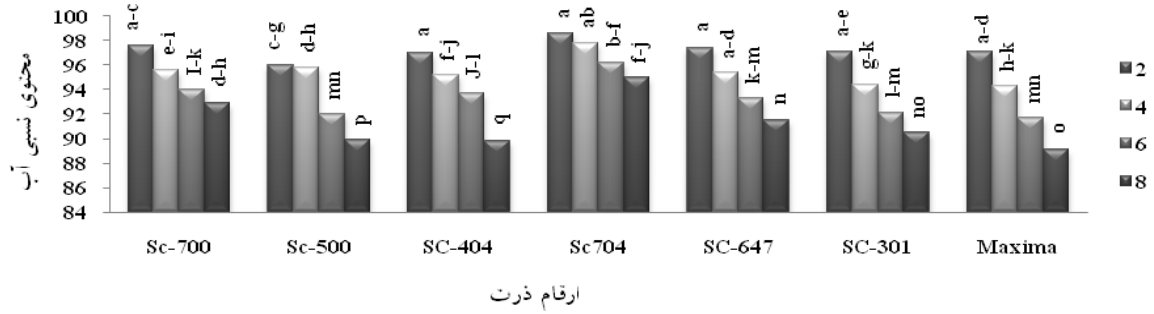
۱.۳. آزمایش گلخانه‌ای

۱.۱.۳. محتوای نسبی آب

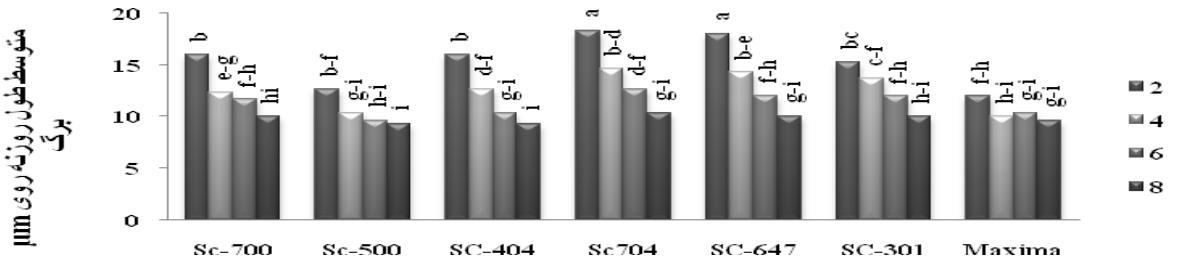
تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش شوری، تفاوت هیبریدها و اثر متقابل هیبرید در شوری بر محتوای نسبی آب در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با افزایش شوری محتوای نسبی آب برگ کاهش پیدا کرد به‌طوری که، بیشترین میزان محتوای نسبی آب از پایین‌ترین سطح شوری در همهٔ هیبریدها به‌دست آمد (شکل۱). مقایسهٔ میانگین تأثیرات متقابل نشان داد هرچند که با افزایش سطوح شوری محتوای نسبی آب برگ کاهش پیدا کرد، این کاهش در هیبرید SC-704 نسبت به بقیهٔ هیبریدها کمتر بود. گرچه در پایین‌ترین سطح شوری این تفاوت با بقیهٔ هیبریدها به‌ویژه هیبریدهای SC-647، SC-301، SC-404 ناچیز بود. کاهش محتوای نسبی آب تحت تنش شوری در ذرت [۱۶] و گندم [۱۸، ۲۳ و ۲۷] گزارش شده است. از آنجا که تنش شوری از طریق افزایش فشار اسمزی محلول خاک به کاهش جذب آب و در نتیجه بروز خشکی فیزیولوژیکی منجر می‌شود و یکی از جنبه‌های مهم کاربرد محتوای نسبی آب برگ امکان کمی‌سازی میزان تنش رطوبتی است [۱۳] به همین دلیل این فاکتور تحت این شرایط اندازه‌گیری شد.

۲.۱.۳. متوسط طول روزنه‌ها در سطح رویی برگ

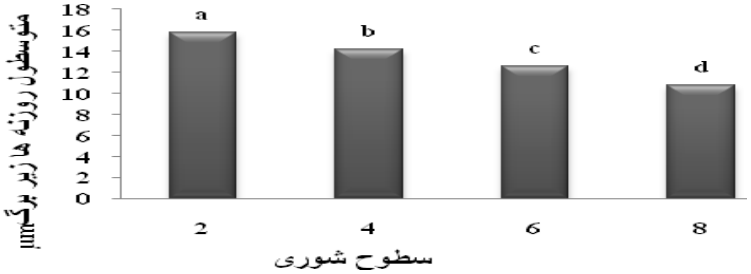
تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که اثر شوری در سطح ۱ درصد و تفاوت بین هیبریدها و اثر متقابل شوری در هیبرید نیز در سطح ۵ درصد بر طول روزنه در سطح روی برگ معنی‌دار بود (جدول۱). بیشترین طول روزنه از پایین‌ترین سطح شوری مربوط به هیبرید SC-704 به‌دست آمد. اگرچه با هیبرید SC-647 در یک دامنهٔ آماری قرار داشتند و همهٔ هیبریدها در بالاترین سطح شوری دارای کاهش طول روزنه شدند که اختلاف آماری معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد (شکل ۲).



شکل ۱. مقادیر میانگین محتوای نسبی آب برگ ژنوتیپ‌های مختلف ذرت در سطوح مختلف شوری (دسی‌زیمنس بر متر). اختلاف ستون‌هایی که دارای حروف الفبایی مشابه هستند از لحاظ آماری در سطح حداقل ۵ درصد (LSD) معنی‌دار نیست.



شکل ۲. مقادیر میانگین طول روزنه در سطح روی برگ ژنوتیپ‌های مختلف ذرت در سطوح مختلف شوری (دسی‌زیمنس بر متر). اختلاف ستون‌هایی که دارای حروف الفبایی مشابه هستند از لحاظ آماری در سطح حداقل ۵ درصد (LSD) معنی‌دار نیست.



شکل ۳. مقادیر میانگین طول روزنه در سطوح مختلف شوری (دسی‌زیمنس بر متر). اختلاف ستون‌هایی که دارای حروف الفبایی مشابه هستند از لحاظ آماری در سطح حداقل ۵ درصد (LSD) معنی‌دار نیست.

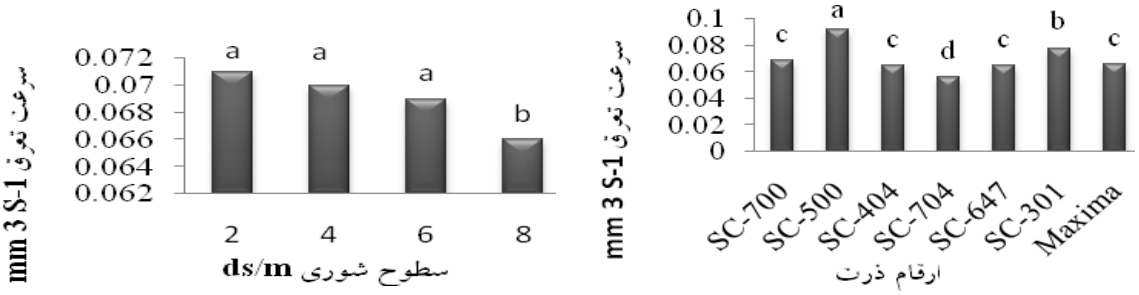
۳.۱.۳. متوسط طول روزنه‌ها در سطح زیرین برگ

نتایج تجزیهٔ واریانس نشان‌دهندهٔ اثر معنی‌دار شوری بر طول روزنه در سطح زیر برگ در سطح ۱ درصد است. تفاوت هیبریدها و اثر متقابل شوری در هیبرید بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول۱). با افزایش سطوح شوری طول روزنه در سطح زیر برگ کاهش یافت (شکل۳). تنش شوری به دلیل برهم‌زدن تعادل متابولیکی، کمبود مواد معدنی و تنش اسمزی موجب بستن روزنه‌ها می‌شود [۱۹]. همچنین، تنش شوری باعث کاهش طول روزنه‌ها در سطح رو و زیر برگ می‌شود که این کاهش در ژنوتیپ‌های حساس به شوری بیشتر از ژنوتیپ‌های مقاوم است [۱۰].

۴.۱.۳. اثر تنش شوری بر سرعت تعرق

تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش شوری و تفاوت هیبریدها بر سرعت تعرق در سطح ۱ درصد معنی‌دار است؛ اما اثر متقابل شوری در رقم بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول۱). مقایسهٔ میانگین تأثیرات اصلی نشان داد که بین سطوح شوری ۴، ۲ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، اما با افزایش شوری به ۸ دسی‌زیمنس بر متر سرعت تعرق کاهش یافت. به‌طوری که، کمترین سرعت تعرق از بالاترین سطح شوری به‌دست آمد (شکل ۵). در بین هیبریدها هیبرید SC-500 با داشتن ۰/۰۹۲ mm^3/s بالاترین و هیبرید SC-704 با داشتن ۰/۰۵۶ mm^3/s

کمترین سرعت تعرق را داشتند (شکل ۴). از آنجایی که گفته می‌شود ۹۹ درصد آبی که از طریق ریشهٔ گیاه جذب می‌شود، از طریق روزنه‌های هوایی برگ که در بیشتر برگ‌ها در هر ۲ سطح زیرین و زبرین قرار دارند، به مصرف تعرق می‌رسد، بنابراین، بسته‌شدن جزئی روزنه‌ها می‌تواند با افزایش مقاومت روزنه‌ای به کاهش تعرق منجر شود [۱]. از طرف دیگر ریشه‌ها به دلیل کمتربودن آب قابل جذب خاک مقدار کمتری آب جذب می‌کنند و در اختیار اندام‌های هوایی قرار می‌دهند که باعث افزایش غلظت شیرهٔ سلولی می‌شوند؛ بنابراین، آب کمتری به‌صورت تعرق از گیاه خارج می‌شود [۱]. همان‌طور که از نتایج استنباط می‌شود کاهش سرعت تعرق با افزایش زمان یک راهکار دفاعی برای حفظ و ادامهٔ رشد و نمو گیاه در شرایط تنش است [۶].



شکل ۴. سمت راست ـ مقادیر میانگین مربعات سرعت تعرق ژنوتیپ‌های مختلف ذرت و شکل ۵ چپ ـ مقادیر میانگین مربعات سرعت تعرق در سطوح مختلف شوری (دسی‌زیمنس بر متر). اختلاف ستون‌هایی که دارای حروف الفبایی مشابه هستند از لحاظ آماری در سطح حداقل ۵ درصد (LSD) معنی‌دار نیست.

جدول ۱. مقادیر میانگین مربعات تجزیهٔ واریانس داده‌های مربوط به میزان متوسط طول روزنه در سطح رو و زیر برگ، محتوای نسبی آب و سرعت تعرق (صفات مربوط به گلخانه)

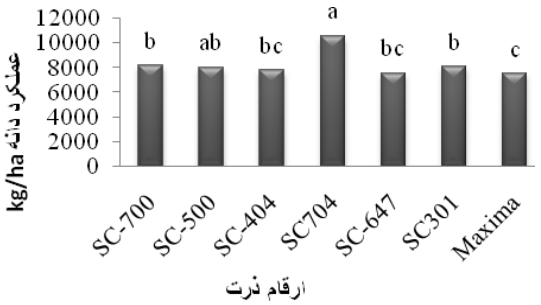
منابع تغییر	درجهٔ آزادی	طول روزنهٔ روی برگ	طول روزنهٔ زیر برگ	محتوای نسبی آب	تعرق
تکرار	۲	۱۱/۰۳*	۳/۶۶ns	۴/۱۹*	۰/۰۰۰۰۸۸ns
شوری	۳	۱۰۸/۴۶**	۹۶/۲۱**	۱۶۲/۷۱**	۰/۰۰۰۲۴**
هیبرید	۶	۲۰/۴۶*	۴۸/۸۵ ns	۱۸/۵۲**	۰/۰۰۱۷**
هیبرید×شوری	۱۸	۲/۵۱*	۱/۶۱ns	۳/۳۸**	۰/۰۰۰۰۲۸ns
خطا	۵۴	۱/۴۲	۱/۱۸	۱/۰۵	۰/۰۰۰۳۶
C.V٪		۱۰	۹	۳	۳

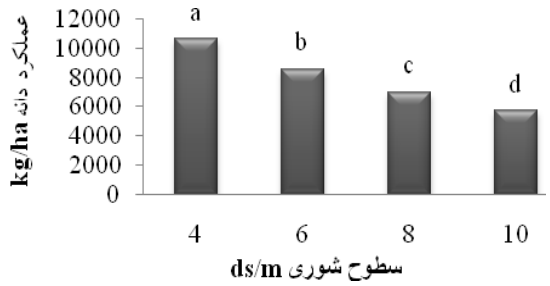
ns، * و ** به‌ترتیب بدون معنی، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد هستند.

۲.۳. آزمایش مزرعه‌ای

۱.۲.۳. اثر تنش شوری بر عملکرد دانه

تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که اثر شوری و تفاوت هیبریدها بر عملکرد دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بودند، اما اثر متقابل هیبرید در شوری معنی‌دار نشد (جدول ۱). همچنین، مقایسهٔ میانگین تأثیرات اصلی نشان داد که با افزایش شوری میزان عملکرد دانه کاهش یافت؛ به‌طوری که، بیشترین عملکرد دانه از پایین‌ترین سطح شوری به میزان ۱۰۶۱۹ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (شکل ۷). در بین هیبریدهای موجود، بیشترین عملکرد دانه مربوط به هیبرید SC-704 و کمترین هیبرید ماکسیما با ۷۵۳۵ کیلوگرم در هکتار بود. اگرچه از نظر آماری دامنه‌های مشترکی دیده شد (شکل ۶). کاهش عملکرد دانه ممکن است در ارتباط با کاهش هدایت روزنه‌ای برگ و به دنبال آن کاهش فتوسنتز بر اثر کاهش تبادلات گازی باشد. با افزایش سطوح شوری، عملکرد دانه روند کاهشی داشت که می‌تواند به دلیل اختلال درگرده‌افشانی و مراحل فتوسنتزی گیاه و انتقال مواد به دانه‌ها باشد [۱۷]. این نتایج نشان‌دهندهٔ اهمیت کیفیت آب آبیاری در مراحل مختلف رشدی گیاه است. نتایج به‌دست‌آمده در این آزمایش با نتایج سیسک [۲] مطابقت داشت که گزارش کرد شوری باعث کاهش سطح فتوسنتزی و کاهش عملکرد می‌شود. به‌طور کلی ذرت در مرحلهٔ گل‌دهی به کمبود رطوبت و تنش خشکی حساسیت زیادی دارد و بروز اثر شوری به‌صورت تنش خشکی ثانویه، باعث ازبین‌رفتن دانه‌های گرده و کاهش شانس باروری گل‌ها می‌شود، در نهایت، این عمل باعث کاهش عملکرد می‌شود [۱۷].





شکل ۶. سمت راست ـ مقادیر میانگین مربعات عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های مختلف ذرت و شکل ۷. سمت چپ ـ مقادیر میانگین مربعات عملکرد دانه در سطوح مختلف شوری (دسی‌زیمنس بر متر). اختلاف ستون‌هایی که دارای حروف الفبایی مشابه هستند از لحاظ آماری در سطح حداقل ۵ درصد (LSD) معنی‌دار نیست.

جدول ۲. تجزیهٔ واریانس داده‌های مربوط به عملکرد دانه (صفت مربوط به مزرعه)

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	عملکرد دانه
تکرار	۲	۲۸۶/۷ ns
شوری	۳	۹۲۹۷۱۲۷۳**
خطای اصلی	۶	۳۵۶۸۶۵
هیبرید	۶	۱۵۸۵۳۴۹*
شوری×هیبرید	۱۸	۳۵۶۱۰۷ns
خطای فرعی	۴۸	۱۶۳۹۲۰۸

ns، * و ** به‌ترتیب بدون معنی، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد هستند.

۲.۲.۳. همبستگی صفات مورد مطالعه با عملکرد

همبستگی بین محتوای نسبی آب و عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۳). کویسنبری و ریتز [۲۱] در مطالعه‌های خود در گندم نیز همبستگی بین میزان نسبی آب برگ و عملکرد دانه را گزارش کردند، ژنوتیپ‌هایی که توان حفظ آب در بافت‌های خود را داشته باشند، تحمل بیشتری به تنش و عملکرد بالاتری دارند. در این تحقیق، هیبرید SC-704 در شرایط تنش دارای بیشترین محتوای نسبی آب و عملکرد دانه بود؛ از طرف دیگر هیبرید ماکسیما دارای کمترین محتوای نسبی آب و نیز کمترین عملکرد دانه بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که همبستگی عملکرد دانه با سرعت تعرق از یک سو و طول روزنه‌ها در سطح رو و زیر برگ مثبت و معنی‌دار بودند (جدول ۳). به نظر می‌رسد با افزایش سطوح شوری، گیاه با کمبود آب (خشکی فیزیولوژیکی) مواجه می‌شود. بنابراین، در پاسخ به این کمبود آب، روزنه‌ها بسته و هدایت روزنه‌ای کاهش می‌یابد که به دنبال این امر Co_2 کمتری به داخل برگ وارد می‌شود و فتوسنتز کاهش می‌یابد که در نهایت، همهٔ این عوامل باعث کاهش عملکرد می‌شود [۳]. اوراد و همکاران [۳] گزارش کردند که تحت تأثیر خشکی فیزیولوژیکی همبستگی معنی‌داری بین عملکرد دانه و اندازهٔ روزنه‌ها وجود دارد؛ به‌طوری که، با کاهش سطح برگ‌ها و به دنبال آن کاهش اندازهٔ روزنه‌ها عمل فتوسنتز مختل می‌شود که در نهایت، عملکرد دانه کاهش می‌یابد. سرعت طبیعی تبادلات گازی باعث حفظ سرعت فتوسنتز و در نتیجه رشد و عملکرد مناسب می‌شود و از آنجایی که تحت تأثیر تنش شوری سرعت تبادلات گازی به دلیل بسته‌شدن روزنه‌ها دچار اختلال می‌شود، میزان فتوسنتز و در نهایت، عملکرد کاهش می‌یابد [۱۲].

جدول ۳. همبستگی ساده بین پارامترهای محتوای نسبی آب، متوسط طول روزنه‌ها در سطح رو و زیر برگ (صفات گلخانه) و عملکرد دانه (صفت مزرعه)

	عملکرد دانه	سرعت تعرق	طول روزنهٔ زیر برگ	طول روزنهٔ روی برگ	محتوای نسبی آب
۱. محتوای نسبی آب					
۲. طول روزنهٔ روی برگ					۰/۶۶**
۳. طول روزنهٔ زیر برگ				۰/۷۲**	۰/۵۴**
۴. سرعت تعرق			۰/۵۶**	۰/۲۶ns	۰/۶۴**
۵. عملکرد دانه		۰/۸۹**	۰/۵۱**	۰/۵۸**	۰/۸۱**

ns، * و ** به‌ترتیب بدون معنی، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد هستند.

نتیجه‌گیری

اورارد و همکاران [۳]، کاهش اندازهٔ روزنه‌ای تحت شرایط تنش شوری را که سبب کاهش تبادلات گازی و در ادامه کاهش فتوسنتز و در نهایت، کاهش عملکرد در گیاه می‌شود در چغندرقند گزارش کردند. در این پژوهش تحت تأثیر سطوح شوری محتوای نسبی آب برگ گیاه و اندازهٔ روزنه‌ای کاهش یافت و به دلیل رابطهٔ مثبت و معنی‌داری که با عملکرد دانه داشتند در نهایت، باعث کاهش عملکرد در گیاه شدند. پاری و همکاران [۲۰] مقاومت به خشکی یک ژنوتیپ (تنش ثانویهٔ ناشی از شوری) را توانایی یک ژنوتیپ در تولید عملکرد بیشتر نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها در شرایط یکسان تعریف کردند. همچنین، سری‌واستا و

همکاران [۲۴] نیز ارقامی را مقاوم به شوری در نظر گرفتند که به‌طور نسبی در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها تنش را بهتر تحمل کند و در شرایط یکسان، عملکرد افت کمتری داشته باشد؛ به همین دلیل و با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش و ارتباط تعیین‌شده بین صفات مورد اندازه‌گیری می‌توان نتیجه گرفت یکی از روش‌های مناسب برای داشتن عملکرد مطلوب در این شرایط، شناخت هیبریدهای مقاومی است که کمترین صدمه را دیده و بیشترین عملکرد را داشته باشند که در این پژوهش هیبرید SC-704 بالاترین محتوای نسبی آب و عملکرد دانه را در بین هیبریدهای موردمطالعه به نمایش گذاشت و به‌عنوان هیبرید مقاوم نسبت به سایر هیبریدهای تحت آزمایش معرفی می‌شود.

منابع

1. Ashraf, M (1994) Breeding for salinity tolerance in plants. *Critical Review Plant Science*. 13: 17-42.

2. Cicek, N., and H. Cakirlar(2000) The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*. 28: 66-74.

3. Everad, J. D., Gucci, R. Kang, S. C., Flore, J. A. Leoscher, W. H (1994)Gas exchange and carbon partitioning in the laevs of celery (*Apium graviolens* L.) at various levels of root zone salinity. *Plant Physiology*. 106: 281-292.

4. Fricke, W. and W. S. Peters (2002)The biophysics of leaf growth and yield components of irrigation wheat. *Agronomy Journal*. 86: 100-107.

5. Frick, W(2004) Rapid and tissue-specific accumulation of solutes in the growth zone of barley leaves in response to salinity. *Plant Physiology*. 219: 515-525.

6. Forster, B. P.; Philips, M. S.; Miller, T. E; Baird, E; and Powell, W (1990) Chromosome location of genes controlling tolerance to salt (NaCI) and vigour in *Hordeum vulgar* and *Hordeum. Chilense*. Heredity 65: 99-107.

7. Gonzalez L., and Gonzalez-Vilar M (2003) Determination of relative water content, p.207-212. In: J. Manuel and R. Goger . Handbook of plant ecophysiology techniques. Kluwer Academic Publishers, London.

8. Hoffman, G.J.E.V. Mass, T.L. Prichard and J.L. Meyer (1983) Salt tolerance of corn in the Sacramento-San Joaquin Delta of California. *Irriqation Science*. 4: 31-44.

9. Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., Zhu, J.-K., and Bohnert, H.J (2003) Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annu. Rev. *Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 51(1):463.

10. Juan, M. Rivero, R. M. Romero, L. and Ruiz, J. M. (2005) Evalution of some nutritional and biochemical indicator sin selecting salt-resistant tomato cultivars. *Environment and Experiment Botany*.193-201.

11. Machanda, G., and N. Garg (2008) Salinity and its effects on the functional biology of legumes. *Agriculture Plant physiology*. 30: 595-618.

12. Maghsoudi Mud. A. A, (2008) Physiology, morphology and anatomy tolerance in wheat. One Press. Publication Shahid Bahonar University. Kerman. Iran. P233. (in Farsi).

13. Manette, A. S., C. J. Richard, B. Carre and B. Morhinweg (1988)Water relations in winter wheat as drought indicators. *Crop Science*. 28: 256- 531.

14. Munns, R. (2002) Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environment*. 25: 659-671.

15. Munns, R (2005) Genes and salt tolerance: briding them together. *Plant Physiology*. 167: 645-663.

16. Mohammadkhani, N. and R. Heidari. (2007) Effect of environment stress on respiration, photosynthetic pigments and water content in two maize cultivar. *Pakistan Journal of Biology Science*. 10(22): 4022-4028.

17. Mozafar, A. And J. R. Good in (1986) Salt tolerance of two different drought tolerance wheat genotypes during germination and early seedling growth. *Plant and Soil Science*. 96: 250-303.

18. Noormohamadi, GH, A., Ciyadat, and A., Kashani (2009) Cereal Agronomy. Ahvaz University Press. Ahvaz, Iran. 1(8). Pp.441.

19. Parida, A. K. and Das, A. B (2005) Salt tolerance and salinity effects on plants: *Review Ecotoxicology and Environment Safety* 60: 324-349.

20. Parry MJ, Androloje JP, Khan S, Lea PJ, Keys AJ (2002) Rubisco activity: effects of drought stress. Ann. of Botany 89: 833-839.

21. Quisenberry, K. S. and L. P. Reitz (1987) Wheat and Wheat Improvement .American Society. Agronomy Incorporation. Madison, WI., USA.

22. Rouhi V., Samson R., Lemeur R., and Van Damme P (2007) Photosynthesis gas exchange characteristics in three different almond species during drought stress and subsequent recovery. *Environment and Experiment Botany*.59: 117-129.

23. Sairam, R.K., and Tyagi, A (2004) Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in Plant. *Crop Science*. 86: 407-421.

24. Srivastava JP, Acevedo E and Varma S, 1987. Drought Tolerance in Winter Cereal. John Wiley.

25. Shibli, R. A. Kushad, M. Yousef, G. G. and Lila, M. A (2007) Physiological and biochemical responses of tomato micro shoots to induced salinity stress in associated ethylene accumulation. *Plant Growth Regulation* 51: 159-169.

26. Sinclair T.R., and Ludlow M.M (1985) Who taught plants the thermodynamics of water the unfulfilled potential of plant water potential? *Australian Journal Plant Physiology*. 12: 213-217.

27. Yanhai, Z., W., Zhen, S., xuezhen, J., Aijun (2007) Higher salinity tolerance cultivars of winter wheat relived senescence at reproductive stage. *Environment and Experiment. Botany*. 62:129-138.