اثر تنش خشکی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های ذرت (*Zea mays* L.)

علی‌رضا عیوضی *
عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، استان آذربایجان غربی، ایران
کیارش افشارپور رضائیه
دانشجوی دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آنکارا، ترکیه
حسین رنجی
عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، استان آذربایجان غربی، ایران
سید حیدر موسوی‌انزابی
عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوی، ایران
محسن رشدی
عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلام، واحد خوی، ایران

تاریخ دریافت: ۸۸/۴/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۰/۶/۲۴

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش خشکی در مراحل رویشی و زایشی بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیک ۵ هیبرید ذرت SC۷۰۴، SC۷۰۰، SC۶۴۷، SC۵۰۰ و SC۱۰۸ دو آزمایش مجزای مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کهریز ارومیه در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ تحت تنش خشکی و شرایط نرمال به‌ترتیب ۱۵۰ و ۷۵ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک کلاس A اجرا شد. همچنین، جهت مطالعه اثر تنش خشکی در مرحله نهال بذری پژوهش آزمایشگاهی با استفاده از محلول پلی اتیلن گلیکول (PEG ۸۰۰۰) با طرح کاملاً تصادفی در پنج تکرار بر روی بذر ارقام مذکور اعمال گردید. نتایج نشان داد که عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت تنش خشکی قرار دارد. بیشترین درصد تغییرات مربوط به سه صفت ضریب بریکس (۴۹/۴۸ درصد)، هدایت الکتریکی (۵۱/۳۱ درصد) و انباشت پتاسیم برگ پرچم (۱۰۶/۵۱ درصد) بود. بیشترین و کمترین مقدار عملکرد دانه، به‌ترتیب متعلق به هیبریدهای SC۷۰۴ (۳۰۵/۵۴ گرم بر مترمربع) در شرایط بهینه رشد و SC۱۰۸ (۱۴۳/۰۱ گرم بر مترمربع) در تنش خشکی به‌دست آمد. در ارزیابی آزمایشگاهی صفات مرتبط با جوانه‌زنی شامل طول ساقچه و ریشچه و وزن خشک آنها تحت تنش خشکی کاهش یافت. هیبرید SC۵۰۰ به دلیل داشتن وزن خشک ساقچه و ریشچه بیشتر نسبت به سایر ارقام تحت شرایط تنش خشکی به‌عنوان ژنوتیپ متحمل در مرحله گیاهچه‌ای شناسایی شد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، خصوصیات فیزیولوژیک، ذرت، مراحل رشد.

* نویسنده مسئول مکاتبات، alirezaaevazi@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

ذرت (*Zea Mays* L.) گیاهی یک ساله و از خانواده غلات می‌باشد (Terrell *et al*., 1986). عملکرد بالای ذرت در مقایسه با سایر غلات برتری این محصول را نشان می‌دهد (Warman, 2003). از نظر سطح زیرکشت، این گیاه بعد از گندم و برنج سومین محصول جهانی می‌باشد (Lerner & Dona, 2005). تنش خشکی عملکرد ذرت را از طریق سه مکانیسم کاهش می‌دهد: نخست اینکه جذب کل اشعه فعال فتوسنتزی ممکن است چه از طریق کاهش سطح برگ و چه پژمردگی موقت برگ‌ها یا لوله‌ای شدن آنها در طی دوره‌های شدید تنش و یا پیری زودرس برگ‌ها کاهش یابد (Hugh & Davis, 2003; Xianshi *et al*., 1998). دوم اینکه، تنش خشکی کارایی مصرف تابش فعال فتوسنتزی[1] جذب شده را که برای تولید ماده خشک جدید به کار می‌رود، کاهش می‌دهد. این کاهش می‌تواند به صورت کاهش در مقدار ماده خشک تجمع یافته به ازای هر واحد از تابش فعال فتوسنتزی جذب شده در طی یک زمان مشخص نمایان شود (Stone *et al*., 2001). سوم اینکه تنش خشکی ممکن است سبب کاهش عملکرد دانه شود (Westgate & Ritchie, 1992). Hugh & Davis (2003) اثبات کردند که تنش خشکی ملایم و شدید به‌ترتیب موجب کاهش عملکرد دانه به میزان ۶۳ و ۸۵ درصد در مقایسه با شرایط مطلوب شد. Osborne *et al*., (2002) گزارش دادند که تنش خشکی در مرحله قبل و بعد از گل‌دهی عملکرد دانه را در ذرت به‌ترتیب ۲۵ و ۵۰ درصد کاهش داد. عملکرد ذرت نیز ارتباط تنگاتنگی با تعداد دانه داشته و عملکرد دانه برآیند شرایط فیزیولوژیک گیاه در طی دوره گلدهی است (Otegui & Andrade, 2000) و پر شدن دانه ذرت با میزان مواد فتوسنتزی گیاه مرتبط می‌باشد (Zinselmeier *et al*., 2000). تاثیر تنش خشکی بر تعداد دانه می‌تواند با فتوسنتز یا رشد گیاه در زمان گلدهی، مرتبط باشد (Andrade *et al*., 2002). علاوه بر این، به نظر می‌رسد مکانیسم‌های دیگری نظیر تاثیر مستقیم تنش خشکی (Below *et al*., 2000)، سنتز هورمون‌ها، جریان یافتن مواد فتوسنتزی (Jones & Setter, 2000) در کاهش تعداد دانه نیز موثر بوده و ممکن است به صورت موازی یا پی‌درپی، بر تعداد دانه تاثیر گذارند (Yedoy *et al*., 1999). تنش خشکی در مرحله قبل از گرده افشانی در ذرت، مانع طویل شدن کلاله و نمو گلچه‌ها می‌شود که این به نوبه خود سبب کاهش تعداد دانه می‌گردد (Otegui & Andrade, 2000; Edmeads *et al*., 2000). در آزمایشی Setter *et al*. (2001) با اعمال تنش خشکی بر روی ذرت هیبرید موجب افزایش میزان قندها در بافت‌های زایشی شد. گزارش‌های متعدد اثبات کردند که زیاد بودن میزان آب اولیه برگ و کم بودن سرعت اتلاف آب از برگ بیان‌گر ژنوتیپ‌های سازگار به تنش

[1] Photosynthetic Active Radiation

Archive of SID

www.SID.ir

خشکی بوده و می‌تواند به‌عنوان معیاری جهت انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل مورد استفاده قرار گیرد (McCaig & Romugosa, 1989). Atteya (2003) با اعمال تنش خشکی در مراحل مختلف رویشی و زایشی ذرت تاثیر معنی‌دار آن را بر محتوای آب نسبی برگ پرچم نشان داد. مرحله ظهور تاسل نسبت به مراحل رویشی از حساسیت بیشتری به تنش خشکی برخوردار بود. Stone *et al.* (2001) گزارش کردند که کاهش دریافت تشعشع خورشید در اثر کاهش میزان کلروفیل یکی از عوامل اصلی کاهش عملکرد دانه ذرت تحت تنش خشکی بود. Bismillah Khan *et al.* (2001) اثر معنی دار تنش خشکی را بر کاهش وزن هزار دانه، گزارش کردند. هدف از اجرای این تحقیق، بررسی اثر تنش خشکی بر برخی صفات فیزیولوژیک هیبریدهای ذرت و شناسائی ژنوتیپ یا ژنوتیپ‌های متحمل تحت تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بود.

مواد و روش‌ها

دو آزمایش مزرعه‌ای مجزا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در پنج تکرار بر روی هیبریدهای $SC_{۷۰۴}$، $SC_{۷۰۰}$، $SC_{۶۴۷}$، $SC_{۵۰۰}$ و $SC_{۱۰۸}$ در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کهریز ارومیه با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی اجرا شد. آبیاری بر اساس تشتک تبخیر کلاس A انجام گرفت، به‌طوری‌که ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک به‌ترتیب معیار آبیاری برای شرایط بهینه رشد و تنش خشکی بود. بر این اساس دوره‌ی آبیاری به‌ترتیب ۷ و ۱۵ روز برای شرایط نرمال و تنش خشکی در نظر گرفته شد. اعمال تنش همزمان با مرحله ۸ برگی و همراه با گرده افشانی بود. علاوه بر این در آزمایش دیگری بذر حاصل از شرایط بهینه رشد در قالب طرح کاملاً تصادفی در پنج تکرار تحت تاثیر تنش خشکی با محلول پلی‌اتیلن گلیکول ۸۰۰۰ یک درصد قرار گرفت. پس از تسطیح، ردیف‌هایی به فواصل ۷۵ سانتی‌متر ایجاد گردید و کاشت در اوایل خرداد ماه به روش کپه‌ای به عمق ۵ و فاصله ۲۰ سانتی‌متری بین بوته‌ها با تراکم ۳۰ هزار بوته در هکتار به صورت دستی انجام شد. هر کرت آزمایش مشتمل بر چهار ردیف به طول چهار متر و عرض سه متر بود. در طول دوره رویشی کلیه عملیات زراعی به طور یکنواخت برای همه کرت‌های آزمایشی انجام گردید. مقدار مصرف کود شیمیایی بر اساس آزمون خاک و توصیه کودی بخش تحقیقات خاک و آب، ۱۴۰ کیلوگرم نیتروژن، ۶۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل و ۷۵ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار بود که تمامی کود فسفات و پتاسیم و یک‌سوم کود نیتروژن در زمان کاشت و مابقی در مرحله شش برگی و قبل از ظهور گل تاجی مصرف شد (جدول ۱). صفات اندازه‌گیری شده در مرحله رسیدگی عبارت بودند از: ضریب بریکس، محتوای آب نسبی، میزان آب از دست رفته، محتوای آب اولیه، هدایت الکتریکی،

Archive of SID

www.SID.ir

میزان کلروفیل، انباشت پتاسیم برگ پرچم و عملکرد دانه.

برای اندازه‌گیری ضریب بریکس، تعداد ۱۰ بوته به طور تصادفی از هر کرت انتخاب و پس از سرزنی، شیره گیاهی روی قسمت تعبیه شده دستگاه گذاشته شد و عدد مشاهده شده ثبت گردید.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

شرایط رشد (عمق ۳۰-۰)	درصد اشباع (S.P)	هدایت الکتریکی (EC× 103)	اسیدیته کل اشباع	کربن آلی (٪O .C)	فسفر قابل جذب (p.p.m)	پتاسیم قابل جذب (p.p.m)
بهینه رشد	۳۴	۱/۰۸	۷/۴	۰/۷۵	۱۲/۰	۲۴۰
تنش خشکی	۳۵	۱/۱۰	۷/۵	۰/۷۷	۱۴/۰	۲۵۰

ایستگاه تحقیقات کشاورزی کهریز ارومیه

اندازه‌گیری محتوای آب نسبی برگ پرچم از طریق قطعات هم اندازه بریده شده برگ در ساعت اولیه صبح بر اساس فرمول زیر انجام گرفت. پس از توزین وزن تر نمونه‌ها، قطعات برگی در پتری دیش حاوی آب مقطر به مدت ۱۲ ساعت، اشباع و توزین شدند. نمونه‌های توزین شده بعداً در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفته و وزن خشک آنها تعیین گردید (Bismillah Khan *et al.*, 2001).

$$RWC = \frac{Ww - Dw}{Wsw - Dw} \times 100$$

Ww= وزن تر برگ، Dw= وزن خشک برگ، Wsw= وزن تر اشباع برگ

برای اندازه‌گیری میزان آب از دست‌رفته نسبی در ابتدای صبح جوان‌ترین برگ کاملاً توسعه یافته چهار گیاه به طور تصادفی جدا و وزن تازه آنها توزین گردید (W_0). سپس نمونه‌ها در انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۵۰ درصد به مدت ۴ ساعت قرار داده شد و در زمان‌های ۲ و ۴ ساعت نمونه‌ها توزین گردیدند (W_2 و W_4). برای به‌دست آوردن ماده خشک (W_d)، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. در نهایت RWL[1] بر حسب گرم آب بر گرم وزن خشک در ساعت مطابق فرمول Clarke & Romagasa (1989) محاسبه گردید:

$$RWL = \frac{(W_0 - W_2) + (W_2 - W_4)}{2 \times Wd\,(T_2 - T_1)}$$

برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی برگ تعداد ۲ برگ میانی در آغاز روز از هر کرت انتخاب و به قطعات ۵ سانتی‌متری تقسیم شد و در داخل ظروف سر بسته و در فریزر در دمای

[1] Relative Water Loss

Archive of SID

www.SID.ir

۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت نگهداری شد. پس از این مدت نمونه‌ها بیرون آورده شده و به هر نمونه مقدار ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر افزوده شد و سپس نمونه‌ها در یخچال با دمای ۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۲ ساعت قرار داده شدند. هدایت الکتریکی نمونه‌ها به وسیله هدایت‌سنج دیجیتالی اندازه‌گیری شد (Yamada *et al*., 2004).

میزان کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج مدل Walz GMbH, Effeltrich, Heinz اندازه‌گیری شد. به این صورت که در هر کرت به طور تصادفی ۲۰ برگ انتخاب و میزان کلروفیل آنها با قرار دادن دستگاه روی برگ مشخص گردید و پس از میانگین‌گیری ثبت شد. برای اندازه‌گیری میزان پتاسیم نمونه‌های برگی از دستگاه شعله‌سنجی[1] و روش خاکسترگیری خشک استفاده شد. برای تعیین وزن هزار دانه، پنج نمونه صدتایی به صورت تصادفی از دانه‌های جدا شده از بلال انتخاب و وزن آنها توزین گردید. برای تعیین تعداد دانه در بلال، از بلال‌های هر کرت ۱۵ بلال به‌طور تصادفی انتخاب و صفت مورد نظر شمارش شد (Gahfarkhi *et al*., 2004).

در پژوهش آزمایشگاهی ۲۰ عدد بذر از هر هیبرید انتخاب و داخل پتری دیش‌هایی به قطر ۱۰ سانتی‌متر حاوی دو عدد کاغذ صافی واتمن قرار داده شد. برای آزمایش تنش خشکی ۱۰ میلی‌لیتر محلول پلی‌اتیلن گلیکول (۸۰۰۰) و برای تیمارهای شاهد ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر افزوده شد. تمام ظروف به مدت ۱۰ روز داخل ژرمیناتور در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. در پایان روز دهم صفات طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، و وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد. داده‌های حاصل از آزمایش مزرعه‌ای و گلخانه‌ای با نرم‌افزار آماری MSTAT-C تجزیه واریانس و مقایسات میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

نتایج و بحث

آزمایش مزرعه‌ای

تجزیه واریانس مرکب بر اساس مدل آماری طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی نشان داد که بین دو شرایط تنش خشکی و بهینه، هیبریدها و اثرات متقابل آنها حداقل اختلاف آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد برای صفات اندازه‌گیری شده وجود دارد (جدول ۲). کلیه صفات تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفتند (جدول ۳). بیشترین درصد تغییرات مربوط به سه صفت ضریب بریکس (۴۹/۴۸ درصد)، هدایت الکتریکی (۵۱/۳۱ درصد) و انباشت پتاسیم برگ پرچم (۱۰۶/۵۱ درصد) بوده و بیان‌گر آن است که صفات مزبور می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های مناسب برای ارزیابی و شناسایی ارقام تحت تنش خشکی در ذرت مورد استفاده قرار گیرند. وجود اختلاف آماری معنی‌دار بین هیبریدها بیان‌گر وجود تنوع ژنتیکی بالا بین مواد گیاهی مورد ارزیابی و احتمالاً مکانیزم‌های متفاوت بین آنها در واکنش به تنش خشکی می‌باشد که می‌تواند در انتخاب

[1]- Flame photometer

Archive of SID

www.SID.ir

ارقام متحمل به تنش خشکی مورد استفاده قرار گیرد. داشتن اختلاف آماری معنی‌دار بین ترکیبات تیماری رقم در محیط ناشی از پاسخ متفاوت ارقام به شرایط محیطی مختلف می‌باشد.

اثر تنش خشکی بر میزان بریکس معنی‌دار شد (جدول ۲). قندهای محلول و یون پتاسیم اصلی‌ترین عوامل تنظیم‌کننده اسمزی در ذرت هستند (Turner & Jones, 1994). به این دلیل در اثر تنش خشکی مقدار آنها افزایش یافت. این یافته تاییدی بر تحقیقات محققانی است که نشان دادند اثر تنش خشکی بر میزان قند گیاه معنی‌دار است (Zinselmeier *et al.,* 1995; Zinselmeier *et al.,* 1999; Setter *et al.,* 2001) و اثر متقابل تنش خشکی و رقم بر ضریب بریکس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

هیبرید سینگل کراس SC_{500} در شرایط تنش خشکی با میانگین ۱۴/۹ بیشترین مقدار را داشت. در تیمار شاهد نیز به استثنای هیبرید SC_{108} بین ارقام اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴).

محتوای آب نسبی در دو شرایط بهینه رشد و تنش خشکی اختلاف آماری معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۲). به نظر می‌رسد ارقام متحمل از محتوای آب نسبی بالاتر و سرعت از دست رفتن آب پایین‌تری برخوردارند (Atteya, 2003). یافته‌های محققان دیگر همانند Erickson *et al.* (1991) نیز نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش محتوای آب نسبی برگ می‌شود. اثر متقابل تنش خشکی و رقم بر محتوای آب نسبی برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین میزان محتوای آب نسبی برگ مربوط به هیبرید SC_{700} در تیمار بهینه رشد (۸۷/۵۲ درصد) و کمترین آن نیز مربوط به همین هیبرید در شرایط تنش خشکی (۵۱/۱۵ درصد) بود (جدول ۴).

زیاد بودن میزان آب اولیه برگ و کم بودن آب از دست‌رفته نسبی از ویژگی‌های ژنوتیپ‌های سازگار به تنش خشکی است که می‌تواند به‌عنوان معیار انتخاب در جهت تحمل به تنش خشکی مورد استفاده قرار گیرد (McCaig & Romugosa, 1989). میزان آب از دست رفته نسبی و آب اولیه برگ در تنش خشکی کمتر از شرایط بهینه رشد بود (جدول ۲). به نظر می‌رسد کاهش آب برگ به‌دلیل تعرق زیاد و جایگزین نشدن آن به‌علت عدم دسترسی ریشه گیاه به آب کافی در تیمار تنش خشکی باشد. Smith (1988) نیز نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش میزان آب اولیه برگ می‌شود. اثر متقابل شرایط رشد و رقم بر میزان آب از دست رفته نسبی برگ معنی‌دار بود (جدول ۲).

بیشترین میزان آب از دست رفته نسبی برگ مربوط به هیبرید SC_{704} در تیمار بهینه رشد (۱/۳۴) و کمترین آن مربوط به هیبرید SC_{700} در شرایط تنش خشکی (۰/۷۱) بود (جدول ۴).

Archive of SID

www.SID.ir

www.SID.ir

جدول ۲- میانگین مربعات برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های ذرت تحت شرایط بهینه رشد و تنش خشکی در آزمایش مزرعه‌ای

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		ضریب بریکس	محتوای آب نسبی	آب از دست رفته نسبی	هدایت الکتریکی	میزان کلروفیل	انباشت پتاسیم	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در بلال
شرایط	۱	۲۸۳,۲۲**	۱۴۰۲۰,۴۲**	۰,۰۱**	۴۲۴۷۲۸,۵۰**	۵۰۷۰,۲۴**	۶۳۵۳۸۹۹,۵۲**	۲۲۶۱۹۵,۳۸**	۴۱۰۱۲,۴۸**	۸۱۹۲۰۰,۰۰**
خطا	۸	۰,۱۸	۴۴,۹۶	۰,۰۰۱	۱۵,۶۱	۵,۰۲	۶۸۶۶,۰۰	۷۰,۲۹	۰,۱۵	۴۰۳,۷۵
رقم	۴	۰,۴۰ ns	۹,۰۳ ns	۰,۰۰۳**	۱۶۸۷,۲۵**	۱,۵۰ ns	۱۰۹۱۲,۳۳ ns	۲۸۰۶,۳۷ ns	۳۱۹,۰۸**	۳۹۹۶,۷۰**
شرایط×رقم	۴	۱,۱۲**	۵۲,۴۳**	۰,۰۰۱**	۱۴۳۸,۲۵**	۳,۰۳**	۱۴۱۹۲,۵۷*	۱۶۵۳,۸۵**	۱۸,۴۵**	۴۲۰,۵۰ ns
خطا	۳۲	۰,۰۴	۵۰,۹۱	۰,۰۰۲	۵۱,۱۲	۰,۷۵	۶۱۸۰,۳۷	۳۵,۴۲	۰,۲۲	۶۸۶,۱۰
ضریب تغییرات (٪)		۱,۷۵	۱۰,۸۲	۱۰,۲۶	۲,۳۵	۲,۰۵	۷,۶۶	۲,۷۳	۵,۱۶	۷,۴۰

ns ,* و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

جدول ۳- مقادیر صفات شرایط رشد و درصد تغییرات آنها تحت شرایط مزرعه‌ای

شرایط رشد	ضریب بریکس	محتوای آب نسبی (درصد)	آب از دست رفته نسبی (گرم بر گرم ساعت)	هدایت الکتریکی (میلی موس بر سانتی متر)	میزان کلروفیل (درصد)	پتاسیم (میلی مولار بر گرم)	عملکرد دانه (گرم بر متر مربع)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در بلال
بهینه رشد	۹,۶۲b	۸۶,۰۶a	۸۷,۰۰a	۲۲۹,۰۰b	۵۲,۴۴a	۶۶۹,۲۸b	۲۸۴,۰۷a	۳۲۶,۵۸a	۸۹۸,۱۴a
تنش خشکی	۱۴,۳۸a	۵۲,۵۷b	۵۵,۴۰b	۴۴۷,۴۰a	۳۲,۳۰b	۱۳۸۲,۱۱a	۱۵۰,۳۸b	۲۶۹,۳۰b	۶۲۴,۴۰b
درصد تغییرات (٪)	+۴۹,۴۸	-۳۸,۹۱	-۳۶,۳۲	+۵۱,۳۱	-۳۸,۴۰	+۱۰۶,۵۱	-۴۷,۰۶	-۱۷,۵۳	-۳۰,۴۷

۱۰۰×[میانگین ژنوتیپ تحت شرایط بهینه رشد/(میانگین ژنوتیپ تحت شرایط بهینه رشد- میانگین ژنوتیپ تحت تنش خشکی)]=درصد تغییرات

اندازه‌گیری هدایت الکتریکی یک روش فیزیولوژیکی برای شناسایی مقاومت ارقام به تنش خشکی است (Eshghi *et al*., 2005). اگر غشای پلاسمایی صدمه ببیند ممکن است محتوای سلولی به بیرون تراوش کرده و سلول از بین رود. تراوش‌پذیری غشاها نسبت به املاح محلول در پتانسیل پایین آب، این نظریه را تأیید می‌کند که غشاها طی تنش خشکی تخریب می‌شوند (Kafi & Damghani, 2001). Jiang & Hung, (2002) نشان دادند که نشت الکترولیت‌ها در اثر تنش خشکی افزایش می‌یابد. ارقامی که نشت یونی کمتری داشتند دارای محتوای آب برگ و پایداری بیشتری بودند.

اثر تنش خشکی بر میزان نشت یونی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). احتمالاً تفاوت مقاومت غشای پلاسمایی ارقام مختلف در مقابل نشت یون‌ها علت این پدیده می‌باشد و ارقامی که دارای غشای پلاسمایی مقاوم هستند، هدایت الکتریکی کمتری دارند و در برابر خشکی مقاوم‌ترند. Eshghi *et al*. (2005) نیز نشان دادند ارقامی که دارای نشت یونی کمتری بودند، هدایت الکتریکی پایین‌تری داشته و در مقابل تنش خشکی مقاومت بیشتری نشان دادند. تاثیر ترکیبات تیماری شرایط رشد و رقم بر میزان هدایت الکتریکی برگ پرچم نیز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). هیبرید $SC_{1.8}$ در تیمار بهینه رشد با میانگین ۲۱۹/۶۹ میلی‌موس بر سانتی‌متر از کمترین، و هیبرید $SC_{7..}$ در شرایط تنش خشکی با میانگین ۴۹۸/۰۱ میلی‌موس بر سانتی‌متر از بیشترین مقدار برخوردار بودند (جدول ۴).

تنش خشکی سبب افزایش معنی‌دار میزان پتاسیم برگ پرچم شد (جدول ۲). کاهش پتانسیل اسمزی در اثر افزایش میزان محلول‌های تنظیم‌کننده اسمزی به‌عنوان یک مکانسیم تطابقی در مقابل تنش خشکی در بسیاری از گیاهان زراعی شناخته شده است و به‌عنوان جزء اصلی مکانسیم‌های تحمل به خشکی در نظر گرفته می‌شود. قند و املاح پتاسیم اصلی‌ترین عوامل تنظیم‌کننده اسمزی در ذرت می‌باشند که میزان آنها در اثر اعمال تنش افزایش می‌یابد (Turner & Jones, 1994). اثر متقابل شرایط رشد و رقم بر انباشت پتاسیم برگ پرچم معنی‌دار بود (جدول ۲).

میزان پتاسیم برگ پرچم در تیمارهای تحت تنش افزایش یافته، به‌طوری‌که در هیبرید $SC_{1.8}$ به بالاترین مقدار خود (۱۴۶۳ میلی‌مولار بر گرم) رسید و در هیبرید SC_{647} به میزان (۱۳۱۱ میلی‌مولار برگرم) رسید. هیچ تفاوت آماری معنی‌داری بین ارقام تحت شرایط بهینه رشد از لحاظ انباشت پتاسیم مشاهده نشد (جدول ۴).

با اعمال تنش خشکی میزان کلروفیل برگ کاهش یافت (جدول ۳).

احتمالاً علت این پدیده بر اثر رادیکال‌های آزاد ایجاد شده در طی تنش خشکی مربوط می‌شود که موجب از بین رفتن کلروفیل می‌شوند. Stone *et al*. (2001) نیز گزارش

Archive of SID

www.SID.ir

کردند که کاهش دریافت تابش خورشید در اثر کاهش میزان کلروفیل یکی از عوامل اصلی کاهش عملکرد دانه ذرت تحت تنش خشکی بود. در واقع، با اعمال تنش خشکی میزان فتوسنتز کاهش یافته و محتوای کلروفیل کمتر می‌شود. نتایج این مطالعه تأییدی بر یافته‌های سایر محققان است (Mansori-Far *et al.*, 2004). اثر متقابل تنش خشکی و رقم بر محتوای کلروفیل برگی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). بیشترین محتوای کلروفیل برگی مربوط به هیبرید $SC_{۷۰۴}$ در شرایط بهینه رشد (۵۳/۱۰) و کمترین آن نیز مربوط به همین هیبرید در شرایط تنش خشکی (۳۱/۴۰) بود (جدول ۴).

عملکرد دانه تحت تنش خشکی نسبت به شرایط بهینه رشد کاهش یافت (جدول ۳). شرایط فیزیولوژیکی گیاه در طی مراحل گلدهی و تشکیل دانه در ذرت تا حدود زیادی مرتبط با ذخیره مواد فتوسنتزی از طریق فتوسنتز جاری است که تحت تنش خشکی نسبت به شرایط بهینه رشد کمتر می‌شود (Zinselmeier *et al.*, 2000). بنابر این، به نظر می‌رسد کاهش عملکرد دانه در تیمار خشکی ناشی کاهش تعداد و وزن دانه در بلال به‌عنوان مخزن مواد فتوسنتزی باشد.

این یافته تاییدی بر یافته‌های پژوهشگرانی است که نشان دادند تنش خشکی باعث کاهش تعداد دانه در بلال (Nesmith-Ritchic, 1992) و وزن دانه می‌شود (Grant *et al.*, 1989; Ludlow & Muchow, 1990). اثر متقابل تنش خشکی و رقم بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه مربوط به هیبرید $SC_{۷۰۰}$ در تیمار شاهد (۳۰۵/۵۴ گرم بر مترمربع) و کمترین آن نیز مربوط به هیبرید $SC_{۱۰۸}$ در تیمار تنش خشکی (۱۴۳/۰۱ گرم بر مترمربع) بود (جدول۴).

ارزیابی آزمایشگاهی

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها در ارزیابی آزمایشگاهی تحت شرایط تنش خشکی و بهینه رشد نشان داد که صفات مورد ارزیابی اختلاف آماری معنی‌داری حداقل در سطح احتمال پنج درصد بین شرایط رشد، هیبریدها و اثرات متقابل آنها داشته است (جدول ۵).

با اعمال تنش خشکی، صفات طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک آنها کاهش یافت (جدول ۶). بیشترین درصد تغییرات مربوط به صفت طول ساقه‌چه ۳۵/۱۸ درصد بود. علت کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه تحت تنش خشکی را می‌توان در کاهش مواد فتوسنتزی اختصاص‌یافته به اندام‌ها در اثر کاهش فتوسنتز دانست. این یافته‌ها تأییدی بر یافته‌های پژوهشگرانی است که نشان دادند تنش خشکی سبب کاهش وزن تر و خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه می‌شود (Ketabi & Kocheki, 1999; Yedoy *et al.*, 1999).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- مقایسات میانگین اثرات متقابل شرایط رشد× رقم در آزمایش مزرعه‌ای

شرایط رشد	هیبریدها	ضریب بریکس	محتوای آب نسبی (درصد)	آب از دست رفته نسبی (درصد)	هدایت الکتریکی (میلی موس بر سانتی متر)	میزان کلروفیل (درصد)	پتانسیم (میلی مولار بر گرم)	عملکرد دانه (گرم بر متر مربع)	وزن هزار دانه (گرم)
بهینه رشد	SC۱۰۸	۹,۳۰f	۸٤,۸۲c	۱,۱٦b	۲۱۹,٦۹f	۵۱,٤۰c	٦۱۸,۸۰c	۲۳۳,٦۰c	۳۲۰,٤۰e
	SC۵۰۰	۹,٦۰e	۸۵,۱۲bc	۱,۰۸b	۲۳٤,۲۰d	۵۲,٤۰ab	۷۰۲,۰۰c	۲۹٤,۵۱ab	۳۲٤,۱۰c
	SC٦٤۷	۹,۷۰e	۸٦,۲۱abc	۱,۱۸b	۲٤۰,٦۱d	۵۲,۵۰ab	٦۲٤,۰۰c	۲۸۸,۳۸b	۳۲۲,۸۰d
	SC۷۰۰	۹,۷۰e	۸۷,۵۲a	۱,۲۱b	۲۲۹,۳۲e	۵۲,۸۰a	٦۹٦,۰۰c	۳۰۵,۵٤a	۳۳۲,٤۰b
	SC۷۰٤	۹,۸۰e	۸٦,٦۷ab	۱,۳٤a	۲۲۳,۰٦e	۵۳,۱۰a	۷۰۵,٦۰c	۳۰۲,٤۷a	۳۳۳,۲۰a
تنش خشکی	SC۱۰۸	۱٤,۸۰a	۵۲,٦۰de	۰,۷٤c	٤۳۹,۲۱c	۳۲,۲۰cd	۱٤٦۳,۰۰a	۱۵۳,۲۰e	۲٦۷,۲۰h
	SC۵۰۰	۱٤,۹۰a	۵٤,۳۰d	۰,۷٤c	٤٦۱,۰٦b	۳۲,۹۰c	۱۳٦٦,۰۰ab	۱۵۳,۲۰d	۲۶۳,٤۰j
	SC٦٤۷	۱٤,۵۰b	۵۳,٤۹d	۰,۷۷c	٤٦۵,۳۳b	۳۳,۱۰c	۱۳۱۱,۰۰b	۱۵۱,٦۷d	۲٦۵,۱۰i
	SC۷۰۰	۱٤,۰۰c	۵۱,۱۵e	۰,۷۱c	٤۹۸,۰۱a	۳۱,۹۰cd	۱٤۰۲,۰۰ab	۱٤۸,۳۱d	۲۷٤,۳۰g
	SC۷۰٤	۱۳,۷۰d	۵۱,۳۵e	۰,۸٤c	٤۸۹,۱۰a	۳۱,٤۰d	۱۳٦۹,۰۰ab	۱۵۵,۷۲d	۲۷٦,۵۰f

میانگین های حروف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف آماری معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشند.

www.SID.ir

جدول ۵- میانگین مربعات صفات مرتبط با جوانه زنی ژنوتیپ‌های ذرت تحت شرایط بهینه رشد و تنش خشکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه
شرایط رشد	۱	۱۹/۰۹**	۴۵/۷۸۶**	۸۳/۳۸۱۳**	۴۳۸/۰۸*
خطا	۸	۰/۰۳	۳/۱۰	۹/۱۳	۴۴/۴۹
رقم	۴	۰/۳۰^{ns}	۵/۳۶^{ns}	۸۵/۳۳^{ns}	۵۳/۰۵**
رقم × شرایط رشد	۴	۰/۰۶^{ns}	۱/۹۳^{ns}	۴۰/۶۳*	۱۰/۹۳^{ns}
خطا	۳۲	۰/۱۳	۲/۵۶	۱۲/۸۱	۷/۷۵
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۱۰	۸/۷۹	۸/۰۴	۸/۸۳

* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد است.

صرف‌نظر از شرایط رشد، بیشترین وزن خشک ساقچه مربوط به هیبرید $SC_{۵۰۰}$ با میانگین ۳۴/۶۰ میلی‌گرم در بوته و کمترین مقدار را هیبرید $SC_{۱۰۸}$ با میانگین ۲۹ میلی‌گرم در بوته داشت (جدول ۶).

بیشترین وزن خشک ریشه‌چه در هر دو شرایط بهینه رشد و تنش خشکی مربوط به هیبرید $SC_{۵۰۰}$ با میانگین‌های به‌ترتیب ۵۱ و ۴۵ میلی‌گرم در بوته و کمترین مقدار مربوط به هیبرید $SC_{۱۰۸}$ با میانگین‌های ۴۷ و ۳۶ میلی‌گرم در بوته بودند (جدول ۷). نتایج این تحقیق با نتایج آزمایش Ketabi & Kocheki (1999) مطابقت داشت.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶- مقادیر صفات مرتبط با جوانه زنی در شرایط رشد مختلف، درصد تغییرات آنها و مقایسه میانگین هیبریدهای ذرت در ارزیابی آزمایشگاهی

شرایط رشد	طول ریشه‌چه (سانتی متر)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	وزن خشک ریشه‌چه (میلی گرم در بوته)	وزن خشک ساقه‌چه (میلی گرم در بوته)
بهینه رشد	۹,۴۳a	۲۲,۰۰a	۴۹,۸۰a	۳۳,۹۶a
تنش خشکی	۸,۲۰b	۱۴,۲۶b	۳۹,۲۸b	۲۸,۰۰b
درصد تغییرات (٪)	-۱۳,۰۴	-۳۵,۱۸	-۲۱,۱۲	-۱۷,۵۵
۱۰۰×[میانگین ژنوتیپ تحت شرایط بهینه رشد/(میانگین ژنوتیپ تحت شرایط بهینه رشد- میانگین ژنوتیپ تحت تنش خشکی)]=درصد تغییرات				
هیبرید				
SC۱۰۸				۲۹,۰۰b
SC۵۰۰				۳۴,۶۰a
SC۶۴۷				۳۰,۶۰ab
SC۷۰۰				۳۱,۷۰ab
SC۷۰۴				۲۹,۱۰b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشند

www.SID.ir

جدول ۷- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری هیبرید × شرایط رشد در ارزیابی آزمایشگاهی

شرایط رشد	هیبریدها	وزن خشک ریشه‌چه (میلی‌گرم در بوته)
بهینه رشد	SC108	۴۷/۰۰bc
	SC500	۵۱/۰۰ab
	SC647	۵۴/۰۰a
	SC700	۵۲/۰۰a
	SC704	۴۵/۰۰c
تنش خشکی	SC108	۳۶/۰۰d
	SC500	۴۵/۰۰c
	SC647	۳۸/۴۰d
	SC700	۳۹/۰۰d

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

نتیجه‌گیری

بسته به مرحله رشدی گیاه تحمل به تنش خشکی در بین ارقام متفاوت بود. همچنین هیبریدها به تنش خشکی واکنش‌های متفاوتی نشان دادند که به نظر می‌رسد دارای مکانیسم‌های متفاوت برای تحمل به تنش خشکی باشند. بیشترین تغییرات برای صفات مزرعه‌ای تحت تنش خشکی در مقایسه با شرایط بهینه رشد مربوط به ضریب بریکس ۴۹/۴۸ درصد، هدایت الکتریکی ۵۱/۳۱ درصد و انباشت پتاسیم برگ پرچم ۱۰۶/۵۱ درصد و تحت شرایط آزمایشگاهی مربوط به صفت طول ساقچه با ۳۵/۱۸ درصد بود که از این صفات می‌توان به‌عنوان معیارهای گزینشی جهت غربال ژنوتیپ‌ها در تحمل به تنش خشکی استفاده نمود.

ارقام متحمل به خشکی به‌وسیله صفاتی چون افزایش عملکرد دانه تحت تنش خشکی در مقایسه با شرایط بهینه رشد مشخص شده و بقا بدون عملکرد اهمیت چندانی در گزینش ارقام متحمل به شرایط تنش خشکی ندارد. ارقام $SC_{۷۰۰}$ و $SC_{۷۰۴}$ به لحاظ داشتن عملکرد دانه بالاتر و اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر در اندام‌ها، به نحو بهتری از حداقل آب موجود استفاده نموده و در نتیجه ماده خشک تولید شده و انتقال مواد به دانه بیشتر از سایر ارقام تحت تنش خشکی است. بیشتر بودن عملکرد دانه این ارقام ناشی از بیشتر بودن تعداد دانه و وزن دانه در بلال آنها می‌باشد. این ارقام، بعد از شروع دانه‌بندی، برگ‌های سبز خود را برای مدت طولانی‌تری حفظ کرده که از دلایل فتوسنتز بالا و عملکرد بیشتر دانه در این ارقام محسوب می‌شود. همچنین، انباشت پتاسیم تحت تنش خشکی که از تنظیم‌کننده‌های اسمزی در گیاه می‌باشد.

در این ارقام بالا است. تحت تنش خشکی، عملکرد دانه رقم $SC_{۱۰۸}$ به‌وسیله مقدار اشعه خورشیدی که می‌تواند جذب کند محدود

Archive of SID

www.SID.ir

می‌شود که به طور معمول بسیار کمتر از سایر ارقام بود. در مرحله گیاهچه‌ای هیبرید SC_{500} با داشتن وزن خشک ساقچه و ریشچه بیشتر نسبت به سایر ارقام از وضعیت بهتری نسبت به سایر هیبریدها برخودار بود که بیانگر درجات متفاوت تحمل در مراحل مختلف رشدی بود. لذا انجام مطالعات بیشتر جهت ارزیابی اثرات تنش خشکی بر صفات مرتبط با کیفیت در ارقام مختلف پیشنهاد می‌شود.

Refrences

1. Gahfarkhi, A., Khodabandeh, N., Ahmadi, E., and Bankeh-Saz, A. 2004. Effect of drought stress at different growth stages on yield, its components and quality of grain corn. The Proceeding of 8th Iranian Crop Science Congress, 25-27 Aug., University of Guilan, Rasht. 625p.
2. Kafi, M., and Damghani, A. M. 2001. Mechanisms of environmental stress resistance in plants. Ferdowsi University Press, 439p.
3. Ketabi, H., and Kocheki, A. 1999. Effect of different drought potentials on germination and seedling growth of annual Medicago sp. The Proceeding of 6th Iranian Crop Science Congress. 22-24 Aug. University of Mazandaran, Babolsar, 228p.
4. Mansori-Far, S., Modarres-Sanavi, A., Jalali-Juran, M., and Galavand, A. 2004. Effect of drought stress and nitrogen fertilizer on grain yield and its components of two corn varieties. Journal of Agricultural Science and Natural Resources, 12: 54-60. (In Persian).
5. Yedoy, A., Modarres-Sanavi, A., and Zarghami, R. 1999. Effect of drought stress at seedling growth on barley cultivars. The Proceeding of 6th Iranian Crop Science Congress. 22-24 Aug, University of Mazandaran, Babolsar, 431p.
6. Andrade, F. H., L. Echarte, R. Rizzalli, A., Della and Casanova,. M. 2002. Kernel number prediction in maize under nitrogen or water stress. Crop Science, 42: 1173- 1179.
7. Atteya, A. M. 2003. Characterization of growth and water relations in barely during water stress and after re-watering. Australian Journal of Agricultural Research, 29: 285-296.
8. Below, F. E., Cazzetts, J. O., and Seebauer, J. R. 2000. Carbon/nitrogen interactions during ear and kernel development of maize. CSSA Spec, 29: 15-24.
9. Bismillah-Khan, M., Hussain, N., and Iqbal, M. 2001. Effect of water stress on growth and yield components of maize variety YHS 202. Journal of Research Science, Bahauddin Zakaria University of Multan, Pakistan, 12: 15-18.
10. Clarke, J. M., and Romagasa, I. 1989. Evaluation of excised-leaf water loss rate for selection of durum wheat for dry environment. Crop Science, 401-413.
11. Edmeads, G. O., Bolanos, J., Elings, A., Ribaut, J. M., Banziger, J. M., and Westgate, M. E. 2000. The role and regulation of the anthesis-silking intervals in maize. In M. E. West-Gate, and K. J. Boote, (ed.) Physiology and Modeling Kernel Set in Maize. CSSA, Madison, WI, p.43-73
12. Erickson, I. J., Ketring, D. L., and Stone, J. F. 1991. Response of internal-tissue water balance of peanut to soil water. Agronomy Journal, 72: 73-80.
13. Eshghi, A., Khalilzade, G. R., and Ghasemi, M. 2005. Study of some physiological indices for drought resistance selection in rapeseed cultivars. Applications of new technologies and technology transfer.

Archive of SID

www.SID.ir

Crop Improvement for Dry Areas, No 13.

14. Grant, R. F., Jackson, B. S., Kiniry, J. R., and Arkin, G. F. 1989. Water deficit timing effects on yield components in maize. Agronomy Journal, 81: 61-65.
15. Hugh, J., and Davis, F. 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation efficiency and yield of maize. Agronomy Journal, 95: 688-696.
16. Jiang, Y., and Huang, B. 2002. Drought tolerance in cool season grasses. Journal of Crop Science, 42: 202-207.
17. Jones, R., and Setter, T. 2000. Hormonal regulation of early kernel development. In M. Westgate and K. Boote (Ed.) Physiology and modeling kernel set in maize. CSSA Spec. Publ. 29. CSSA, Madison, WI., 25-42.
18. Lerner, B. L. and Dona, M. N. 2005. Growing sweet corn. Purdue University Cooperative Extension Service. page
19. Ludlow, M. M., and Muchow, R. C. 1990. A critical evaluation of traits for improving crop yield in water limited environment. Advance Journal of Agronomy, 43: 107-153.
20. McCaig, T. N., and Romugosa, I. 1989. Measurement and use of excised-Leaf water status in wheat. Crop Science, 29: 1140-1145.
21. Nesmith, D. S., and Ritchic, J. T. 1992. Short and long term responses of corn to a pre-anthesis soil water deficit. Agronomy Journal, 84: 107-113.
22. Osborne, S. L., Schepers, J. S., Francis, D. D., and Schlemmer, M. R. 2002. Use of spectral radiance to in-season biomass and grain yield in nitrogen and water-stressed corn. Crop Science, 42: 165-171.
23. Otegui, M. E., and Andrade, F. R. 2000. New relationships between light interception, ear growth, and kernel set in maize. In M. E. Westgate, and K. J. Boote (Ed.). Physiology and modeling kernel set in maize. CSSA, Madison, WI. p. 89-102.
24. Setter, T. L., Flannigan, B. A., and Melkonian, J. 2001. Loss of kernel due to water deficit and shade in maize: Carbohydrate Supplies, Abscisic and Cytokinins. Crop Science, 41: 1530-1540.
25. Smith, H. 1988. Signal perception, differential expression within multi-gene families and the molecular basis of phenotypic plasticity. Plant Cell and Environment, 13: 585-594.
26. Stone, P. J., Wilson, D. R., Reid, J. B., and Gillespie, G. N. 2001. Water deficit effects on sweet corn: I. Water use, radiation use efficiency, growth, and yield. Australian Journal of Agricultural Research, 52: 103-113.
27. Terrell, E. E., Hill, S. R., and Fice, J. H. 1986. A check list of names for 3.000 vascular plants of economic importance. Agriculture handbook number 505, Agricultural Research Service, U. S. Department of Agriculture, 241 p.
28. Turner, N. C., and Jones, M. M. 1994. Turgor maintenance laid osmotic adjustment. In: N. C. Turner, P. J. Carmer, eds. Adaptation of plants to water and high temperature stress. New York. Wiley, 1980: 87-103.
29. Warman, A. 2003. Corn and capitalism: How a botanical bosturd grew to global dominance. The University of North Carolina Press. (Gramene Reference ID 9397).
30. Westgate, M. E., and Ritchie, J. T. 1992. Short and long term responses of corn to a pre-anthesis soil water deficit. Agronomy Journal, 84: 107-116.
31. Xianshi, G., Sinclair, T. R., and Ray, J. D. 1998. Effects of drought history on recovery of transpiration, photosynthesis, and leaf area development in maize. Soil Crop Science, 57: 83-87.

Archive of SID

www.SID.ir

32. Yamada, T., Jones, E. S., Congan, N. O. I., Vecchies, A. C., Nomura, T., Hisano, H., Shimamoto, Y., Smith, K. F., Hayward, M. D., and Forster, J. W. 2004. QTL analysis of morphological, developmental, and winter hardiness-associated traits in perennial ryegrass. Crop Science, 44: 925-935.
33. Zinselmeier, C., Habben, J. E., Westgate, M. E., and Boyer, J. S. 2000. Carbohydrate metabolism in setting and aborting maize ovaries. In M. Westgate, and K. Boote (Ed.). Physiology and Modeling Kernel Set in Maize. CSSA Spec. Publ. 29. CSSA, Madison, WI. 1-13.
34. Zinselmeier, C., Jeong, B. R., and Boyer, J. S. 1999. Starch and the control of kernel number in maize at low at low water potentials. Plant Physiology, 121: 25-35.
35. Zinselmeier, C., Lauer, M. J., and Boyer, J. S. 1995. Reversing drought-induced losses in grain yield: Sucrose maintains embryo growth in maize. Crop Science, 35: 1390-1400.

Archive of SID

www.SID.ir