واکنش ویژگی‌های فنولوژیکی هیبریدهای ذرت دانه‌ای به تنش خشکی

محمدرضا عنایت‌قلی‌زاده*[۱]، عبدالمهدی بخشنده[۲]، محمدحسین قرینه[۳]، خلیل عالمی‌سعید[۴] و عطاالله سیادت[۵]

۱) دانش‌آموخته‌ی دکتری دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، گروه زراعت، خوزستان، ایران.
۲ و ۵) استاد دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، گروه زراعت، خوزستان، ایران.
۳) دانشیار دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، گروه زراعت، خوزستان، ایران.
۴) استادیار دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، گروه زراعت، خوزستان، ایران.

* **نویسنده مسئول:** Enayat_mr@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۶/۰۱ **تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۸/۰۱**

چکیده

به‌منظور بررسی ویژگی‌های فنولوژیکی هیبریدهای جدید ذرت در شرایط تنش خشکی، این پژوهشی در دو سال (۱۳۸۹ و ۱۳۹۰) در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان به‌صورت آزمایش استریپ پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به اجرا در آمد. سه سطح رژیم آبیاری (قطع آبیاری در مرحله‌ی هشت برگی، قطع آبیاری در مرحله‌ی ظهور گل نر و آبیاری مطلوب) در کرت‌های طولی و ۱۱ هیبرید (۱۰۱-۰۷، ۱۰۳-۰۷، ۱۰۷-۰۷، PL710، PL711، PL706، PL774، AS71، مبین، کارون و سینگل کراس ۷۰۴) در کرت‌های عرضی با سه تکرار قرار گرفتند. نتایج نشان داد قطع آبیاری در مرحله‌ی هشت برگی (مرحله رویشی) موجب طولانی‌تر شدن طول دوره‌ی رویشی و تأخیر در شروع رشد زایشی شد، به‌طوری که طولانی‌ترین دوره‌ی رشد رویشی در شرایط تنش در مرحله‌ی هشت برگی در هیبرید ۱۰۷-۰۷ و کوتاه‌ترین دوره در شرایط بدون تنش و در هیبرید PL706 رخ داد. طول دوره‌ی رشد زایشی هیبریدهای مختلف تحت تأثیر میزان دریافت آب توسط گیاه قرار گرفت؛ البته این تغییر در تیمار تنش خشکی در مرحله‌ی ظهور گل نر با شدت بیش‌تری اتفاق افتاد. طولانی‌ترین دوره رشد زایشی در هیبرید PL706 در شرایط آبیاری مطلوب و کوتاه‌ترین طول این دوره در شرایط تنش خشکی در مرحله‌ی ظهور گل نر و در هیبرید AS71 به‌دست آمد. طول دوره‌ی گرده‌افشانی هیبریدهای مختلف تحت تأثیر میزان دسترسی گیاه به آب قرار گرفت. طولانی‌ترین دوره‌ی گرده‌افشانی در شرایط بدون تنش و در هیبرید PL706 (۱۱/۱۷ روز) و کم‌ترین طول این دوره در شرایط قطع آبیاری در مرحله‌ی ظهور گل نر و برای هیبریدهای ۱۰۱-۰۷، ۱۰۳-۰۷، AS71، PL710 و PL711 با مقدار یکسان ۳/۶۷ روز به‌دست آمد. روند تغییرات طول دوره‌ی گل‌دهی نشان داد، طول این دوره برای کلیه‌ی هیبریدها در شرایط آبیاری مطلوب بیش‌تر و در شرایط تنش در مرحله‌ی ظهور گل نر کم‌تر بوده است و برهمکنش تنش خشکی و هیبرید بر طول دوره‌ی تطابق گل‌دهی معنی‌دار بود.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، رشد رویشی و زایشی، ویژگی‌های فنولوژیکی.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی بوده و به‌صورت غذا، علوفه و نیز مصارف صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد و از لحاظ تولید جهانی بعد از گندم رتبه دوم را حائز است. یکی از اهداف اصلی در زراعت‌های نوین، شناخت بهتر رشد و نمو گیاه زراعی برای استفاده‌ی بهینه از منابع محیطی و در نتیجه عملکرد بیش‌تر است. بررسی روند رشد و نمو گیاهان زراعی از جمله ذرت در طول فصل رویشی این امکان را به وجود می‌آورد که مراحل حساس حیات گیاه به تنش‌های محیطی، شناسایی شده و مدیریت بهینه و بهنگام برای آن‌ها در جهت دستیابی به عملکرد بالا انجام شود. از آنجایی که شرایط آب و هوایی هر منطقه در فصول زراعی مختلف، متغیر است، تعیین زمان مراحل حساس رشد و نمو به شرایط نامطلوب محیطی مشکل می‌باشد (امینی و همکاران، ۱۳۹۰).

تحول پیوسته شکل و فعالیت گیاه در اصطلاح نمو نامیده می‌شود. تحلیل نمو گیاه زراعی بر اساس بررسی رخدادهای نموی متمایز، یعنی مراحل نموی، نظیر ظهور گیاهچه، گل‌آغازی و ظهور گل ساده‌تر می‌گردد (حمیدی و دباغ‌محمدی‌نسب، ۱۳۸۰). میزان توسعه و نمو گیاه در هر یک از مراحل فنولوژیک (فنوفازها) میزان نمو را مشخص ساخته و بررسی میزان نمو گیاه زراعی در ارتباط با شرایط محیطی فنولوژی نامیده می‌شود (Loomis and Connor, 1992). تاریخ ظهور گیاهچه (سبز شدن)، ظهور گل تاجی، دانه گرده، کاکل و رسیدگی فیزیولوژیک دانه از مهم‌ترین مراحل فنولوژیک نمو ذرت محسوب می‌گردند و از اهمیت ویژه‌ای در رشد و نمو ذرت برخوردار بوده، به‌طوری که عملکرد دانه ذرت به طور قابل توجهی تحت تأثیر فنولوژی هیبریدهای ذرت واقع می‌گردد (Stevens *et al*., 1986). کوچکی و نصیری‌محلاتی (۱۳۸۴) اظهار داشتند از مهم‌ترین مزیت‌های مطالعه فنولوژیکی یک گیاه استفاده‌ی بهینه از عوامل اکولوژیکی در جهت افزایش عملکرد آن می‌باشد؛ زیرا با توجه به آمار هواشناسی در هر منطقه و تعیین نیاز دمایی هر مرحله فنولوژی و کل دوره‌ی رشد گیاه می‌توان بسیاری از مسائل به‌زراعی از جمله تاریخ کاشت مناسب، آبیاری به‌موقع، زمان مناسب برداشت، زمان مناسب مبارزه با آفات و بیماری‌ها و انتخاب ارقام مناسب در بهترین زمان ممکن را تشخیص و به تولید بیش‌تر محصول دست یافت. اصولاً طول دوره رشد گیاه و نیز طول هر مرحله فنولوژیکی می‌تواند از طریق مصرف بیش‌تر منابع یا از طریق کاهش تنش‌های محیطی و کاهش طول هر دوره، عملکرد را تحت تأثیر قرار دهد (سلیمان‌زاده و همکاران، ۱۳۸۷). آبروان و صادق‌زاده‌حمایتی (۱۳۸۲) نشان دادند که تعداد روز از کاشت تا مراحل گل‌دهی و غلاف‌بندی همبستگی منفی و معنی‌داری با عملکرد دانه دارند. تأخیر در ظهور گل تاجی و کاکل‌دهی بلال و هم‌چنین شروع رشد خطی دانه در حالت تنش رطوبت قبل از مرحله گرده‌افشانی نیز توسط Grant و همکاران (۱۹۸۹)، Nesmith و Ritchie (۱۹۹۲) و Hall و همکاران (۱۹۸۱) گزارش شده است. تنش شدید ممکن است منجر به تأخیر در ظهور کاکل بلال تا پایان گرده‌افشانی شود

Archive of SID

www.SID.ir

که این اتفاق می‌تواند به علت عدم دسترسی گیاه به آب کافی جهت رشد؛ سلول‌های ابریشم بلال باشد (مقدم و هادی‌زاده، ۱۳۷۹؛ Waldern, 1983; Hall *et al.*, 1981). علیزاده و همکاران (۱۳۸۶) گزارش کردند که در گیاهان تنش دیده، ظهور گل نر و ابریشم بلال ۵ تا ۹ روز دیرتر اتفاق می‌افتد.

Chandra و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی ۵۷ ژنوتیپ برنج را از نظر ۱۴ صفت فنولوژیکی و مورفولوژیکی مورد بررسی و مقایسه قرار دادند. آن‌ها گزارش کردند این ۵۷ ژنوتیپ برنج از نظر صفات مورد بررسی با هم اختلاف دارند. تنش خشکی در مرحله‌ی پر شدن دانه باعث کاهش تجمع ماده خشک در دانه می‌گردد و این تأثیر در نتیجه‌ی کوتاه شدن دوره‌ی رشد مؤثر دانه صورت می‌گیرد (Nesmith and Ritchie, 1992). Shussler و Westgate (۱۹۹۱) گزارش نمودند، تنش خشکی در مرحله‌ی گرده‌افشانی باعث کاهش آهنگ تجمع ماده خشک در برگ‌ها، ساقه و بلال می‌شود.

هدف از اجرای این پژوهش بررسی تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد و هیبرید بر خصوصیات فنولوژیکی ذرت دانه‌ای و تعیین هیبرید برتر تحت شرایط محل آزمایش بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به مدت دو سال (۱۳۸۹و ۱۳۹۰) در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان به‌صورت آزمایش استریپ پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، شامل سه سطح رژیم آبیاری (قطع آبیاری در مرحله‌ی هشت برگی، قطع آبیاری در مرحله‌ی ظهور گل نر و آبیاری مطلوب) در کرت‌های طولی و ۱۱ هیبرید (۱۰۱-۰۷، ۱۰۳-۰۷، ۱۰۷-۷ ، PL710، PL711، L706 ، PL774، AS71، مبین، کارون و سینگل‌کراس ۷۰۴) در کرت‌های عرضی با سه تکرار انجام گردید. هر کرت آزمایشی شامل ۵ خط ۵ متری با فاصله ۷۵ سانتی‌متر به ابعاد کرت ۳/۷۵ ×۵ متر طراحی گردید. دو خط وسط جهت اندازه‌گیری عملکرد نهایی برداشت شدند. بین کرت‌های عرضی یک خط نکاشت و بین کرت‌های طولی ۳ متر و بین تکرارها ۴ متر فاصله در نظر گرفته شد. با توجه به فاصله ۷۵ سانتی‌متری خطوط کاشت و تراکم ۷۶۰۰۰ بوته در هکتار، فاصله بوته‌ها از همدیگر ۱۷/۵ سانتی‌متر بود. بذور با فاصله مورد نظر به‌صورت کپه‌ای به تعداد ۳ بذر در هر کپه توسط دست کشت شدند. به‌منظور بررسی مراحل نموی از هنگام کاشت تا برداشت، تاریخ به روز برخی از مهم‌ترین مراحل نموی تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی به شرح زیر یادداشت گردید.

تاریخ ظهور گل تاجی (اندام نر)

هنگامی که کل گل‌های تاجی ۵۰ درصد بوته‌ها به اندازه ۱۵-۱۰ سانتی‌متر از بین برگ‌ها بیرون آمده باشند (معیار پایان دوره‌ی نمو رویشی).

Archive of SID

www.SID.ir

ظهور دانه‌ی گرده

هنگامی که در ۵۰ درصد بوته‌ها گرده روی محور اصلی گل تاجی ظاهر شده باشد.

ظهور کاکل (کاکل‌دهی)

هنگامی که در ۵۰ درصد بوته‌ها طول کاکل (تارهای ابریشمی) به ۵ سانتی‌متر رسیده باشد (معیار آغاز دوره پر شدن دانه).

تمام شدن دانه گرده

زمانی که در تمامی بوته‌ها دانه‌های گرده تمام شده و گل تاجی خشک شده باشد (پایان گرده‌افشانی).

خشک شدن کاکل

هنگامی که در تمام بوته‌ها کاکل‌ها خشک شده باشند (پایان تلقیح) و رسیدگی فیزیولوژیکی هنگامی که حداکثر ۷۵ درصد دانه‌های مرکزی بلال دارای لایه سیاه‌رنگ باشند (معیار پایان دوره‌ی پر شدن دانه)، ثبت و یادداشت‌برداری گردیده و طول دوره برخی از مهم‌ترین وقایع فنولوژیکی بر اساس تعداد روزها از کاشت (*DAP*) شامل موارد زیر محاسبه و تعیین گردید:

طول دوره رشد رویشی (از کاشت تا ظهور گل تاجی)، طول دوره رشد زایشی (از ظهور گل تاجی تا رسیدگی فیزیولوژیکی)، طول دوره کاکل‌دهی (از ظهور کاکل تا خشک شدن کاکل)، طول دوره‌ی تطابق (از ظهور کاکل تا تمام شدن دانه گرده) و طول دوره پر شدن دانه (از ظهور کاکل تا رسیدگی فیزیولوژیکی).

اطلاعات به‌دست آمده پس از جمع‌بندی و دسته‌بندی در صفحه گسترده‌ی Excel ثبت گردیدند. اطلاعات خام توسط برنامه‌های آماری SAS تجزیه واریانس شده و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. نمودارها با استفاده از نرم‌افزارها Excel رسم گردیدند.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از جدول ۱ نشان داد، فقط طول دوره‌ی رشد رویشی و طول دوره‌ی گرده‌افشانی تحت تأثیر سال قرار گرفتند؛ ولی هیچ‌کدام از ویژگی‌های فنولوژیکی هیبریدهای مورد بررسی تحت تأثیر برهمکنش سال با عوامل آزمایش معنی‌دار نبودند.

طول دوره‌ی رشد رویشی

نتایج این مطالعه نشان داد طول دوره‌ی رشد رویشی به شدت تحت تأثیر هیبرید و تنش قرار گرفت (جدول۱). تنش در مرحله‌ی هشت برگی طول دوره‌ی رشد رویشی را با شدت بیش‌تری متأثر نمود و باعث افزایش طول این دوره گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

برهمکنش تنش خشکی و هیبرید نیز بر طول دوره‌ی رشد رویشی معنی‌دار بود (جدول ۱). به‌طورکلی مقایسه میانگین‌های مربوط به برهمکنش نشان داد تنها هیبریدی که طول دوره‌ی رشد رویشی آن تحت تأثیر میزان دسترسی گیاه به آب قرار نگرفت، سینگل‌کراس ۷۰۴ بود و تنش خشکی طول دوره‌ی رشد رویشی بقیه هیبریدها را افزایش داد، به‌طوری که طولانی‌ترین رشد رویشی آنها بر اثر تنش در مرحله‌ی هشت برگی رخ داد. به‌طورکلی طول دوره رشد رویشی از ۵۴ تا ۶۶/۳۳ روز متغیر بود (شکل ۱). طولانی‌ترین دوره‌ی رشد رویشی در شرایط تنش در مرحله‌ی هشت برگی در هیبرید ۱۰۷-۰۷ و کوتاه‌ترین دوره در شرایط بدون تنش و در هیبرید PL706 رخ داد. به عقیده Nesmith و Ritchie (۱۹۹۲)، دلیل افزایش دوره‌ی رشد رویشی بر اثر خشکی، حساس بودن فرآیندهای رشد و تقسیم سلولی به تنش خشکی می‌باشد؛ ولی کاهش عملکرد گیاه در اثر تنش خشکی در مرحله‌ی رشد رویشی نسبت به مرحله‌ی زایشی کم‌تر می‌باشد. بروز تنش خشکی در دوره‌ی رشد رویشی حد فاصل مرحله پنج برگی تا ظهور گل تاجی تأثیر کمی بر عملکرد نهایی داشته و گیاه کم‌تر دچار خسارت می‌شود. Osborne و همکاران (۲۰۰۲) گزارش دادند که تنش خشکی پیش از ظهور گل تاجی، در مرحله ابریشم‌دهی و پس از گل‌دهی عملکرد ذرت را در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب ۲۵ ، ۵۰ و ۲۱ درصد کاهش داد. کمبود آب در مرحله‌ی رشد رویشی گرچه در مقایسه با کمبود آب در مرحله‌ی گل‌دهی و پر شدن دانه تأثیر کم‌تری بر عملکرد نهایی دارد؛ ولی از این لحاظ که بر گسترش برگ و توسعه ساقه تأثیر گذاشته و تجمع مواد را در این اندام‌ها به شدت کاهش می‌دهد حائز اهمیت است؛ زیرا در شرایط تنش خشکی رشد زایشی گیاه بیش‌تر به ذخایر برگ و ساقه وابسته است و عدم تشکیل مناسب دانه می‌تواند به دلیل ناکافی بودن مواد فتوسنتزی فراهم در زمان گرده‌افشانی، پر شدن دانه و یا قبل از آن باشد (Classen and Shaw, 1970).

طول دوره‌ی رشد زایشی

مطالعه‌ی روند تغییرات طول دوره‌ی رشد زایشی نشان داد، طول این دوره در سطح بسیار معنی‌داری تحت تأثیر هیبرید و تنش خشکی قرار گرفت (جدول ۱). Sherif و همکاران (۲۰۱۲) بیان داشتند هیبریدهای ذرت دارای فنوتیپ‌های متفاوتی هستند و هیبریدهایی که از لحاظ فنوتیپی طول دوره‌ی زایشی طولانی‌تری داشته باشند عملکرد دانه و بیولوژیکی بیش‌تری نیز دارند. برهمکنش تنش خشکی و هیبرید بر طول دوره‌ی رشد زایشی معنی‌دار بود (جدول۱). شکل ۲ نشان داد طول دوره‌ی رشد زایشی هیبریدهای مختلف تحت تأثیر میزان دریافت آب توسط گیاه قرار گرفت؛ البته این تغییر در تیمار تنش خشکی در مرحله‌ی ظهور گل نر با شدت بیش‌تری اتفاق افتاد. گستره‌ی طول دوره‌ی رشد زایشی از طولانی‌ترین دوره ۶۹/۸۳ روز در هیبرید PL706 در شرایط آبیاری مطلوب تا کوتاه‌ترین دوره در شرایط تنش خشکی در مرحله‌ی ظهور گل نر در هیبرید AS71 با ۴۴/۶۷ روز با دامنه‌ای به اندازه ۲۵/۱۶ روز متغیر بود. با این وجود شدت تأثیر

Archive of SID

www.SID.ir

آن بر طول دوره‌ی زایشی هیبریدهای مختلف متفاوت است، به‌طوری که در این مورد نیز کم‌ترین تغییرات را هیبرید سینگل‌کراس ۷۰۴ نشان داد اگر چه بر خلاف طول دوره‌ی زایشی تأثیر تنش خشکی بر این هیبرید معنی‌دار بود. به نظر می‌رسد یکی از علل پایداری این هیبرید در اقلیم‌های متفاوت و سال‌های مختلف همین انعطاف‌پذیری فنولوژیکی آن در مقابل تنش‌هایی مانند خشکی می‌باشد.

طول دوره‌ی گرده‌افشانی

اثر تنش خشکی، هیبرید و برهمکنش آنها بر طول دوره‌ی گرده‌افشانی از لحاظ آماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). شکل ۳ نشان داد گرچه تغییرات طول دوره‌ی گرده‌افشانی در همه‌ی هیبریدها بر اثر تنش خشکی و به‌ویژه در اثر تنش در مرحله‌ی ظهور گل نر کاهش یافت؛ ولی اثر آن در همه‌ی هیبریدها یکسان نبود، به‌نحوی‌که طول دوره‌ی گرده‌افشانی از ۳/۶۷ تا ۱۱/۱۷ روز متغیر بود. طولانی‌ترین دوره‌ی گرده‌افشانی در شرایط بدون تنش و در هیبرید PL706 (۱۱/۱۷ روز) و کم‌ترین طول این دوره در شرایط قطع آبیاری در مرحله‌ی ظهور گل نر و برای هیبریدهای ۰۷-۱۰۱ ، ۰۷-۱۰۳ ، AS71 ، PL710 و PL711 با مقدار یکسان ۳/۶۷ روز به‌دست آمد. در این میان کم‌ترین تغییرات متعلق به سینگل‌کراس ۷۰۴ بود که طول دوره‌ی گرده‌افشانی آن بین ۹ روز در شرایط آبیاری مطلوب تا ۵/۶۷ روز در شرایط تنش در مرحله‌ی ظهور گل نر متغیر بود. کمبود آب سبب کاهش آماس سلول شده و در نتیجه اندازه سلول و تقسیم سلولی کاهش می‌یابد. کمبود آب در مرحله‌ی گل‌دهی و گرده‌افشانی باعث کاهش شدید عملکرد از طریق نمو غیرطبیعی کیسه جنینی، عقیمی دانه گرده و کاهش تعداد دانه‌های بارور می‌شود (Denmead and Shaw, 1960). Cicchino و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کرده‌اند که تنش رطوبتی در هیبریدهای ذرت موجب کاهش زنده ماندن دانه‌های گرده و طول دوره‌ی گرده‌افشانی، تأخیر در گل‌دهی، کاهش ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ و در نهایت موجب کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی گردید. تنش خشکی در زمان ظهور گل تاجی نه فقط مانع از توانایی گیاه برای گل‌دهی و پخش دانه می‌گردد بلکه بر حیات دانه گرده به‌خصوص زمانی که همراه با دمای بالا باشد، مؤثر است (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۲).

طول دوره‌ی گل‌دهی

دوره‌ی گل‌دهی تحت تأثیر هیبرید، تنش خشکی و برهمکنش آنها قرار گرفت (جدول ۱). شکل ۴ نشان داد که روند تغییرات طول دوره‌ی گل‌دهی در پاسخ به رژیم‌های آبیاری گرچه تقریباً برای همه‌ی هیبریدها مشابه بوده است، به گونه‌ای که طول این دوره برای کلیه‌ی هیبریدها در شرایط آبیاری مطلوب بیش‌تر و در شرایط تنش در مرحله‌ی ظهور گل نر کم‌تر بوده اما تغییرات آن در هیبرید PL710 تقریباً ناچیز و در هیبریدهای سینگل‌کراس ۷۰۴ و ۰۷-۱۰۱ نسبت به سایر

www.SID.ir

هیبریدها کم بوده است. گستره‌ی این دوره برای هیبریدهای مختلف در شرایط رطوبتی مورد بررسی بین ۱۲/۵ تا ۱۹/۱۷ روز متغیر بود، به‌طوری که بیش‌ترین آن در شرایط بدون تنش برای هیبریدهای PL711 و PL774 و کم‌ترین آن در شرایط قطع آبیاری در مرحله‌ی ظهور گل نر برای هیبرید ۱۰۱-۰۷ به‌دست آمد.

طول دوره‌ی تطابق گل‌دهی

تغییرات طول دوره‌ی تطابق گل‌دهی در هیبریدهای مورد بررسی و سطوح مختلف تنش خشکی و برهمکنش آنها معنی‌دار بود (جدول ۱). با وجودی که مقایسات میانگین برهمکنش طول دوره‌ی تطابق گل‌دهی در هیبریدهای مختلف در سطوح مختلف تنش خشکی ظاهراً روند مشابهی می‌دهند، به‌طوری که طول این دوره در شرایط بدون تنش بیش‌ترین و در شرایط تنش در مرحله‌ی ظهور گل نر کم‌ترین مقدار را دارا بود؛ ولی روند تأثیر تنش خشکی بر هیبریدهای مختلف یکسان نیست و هیبرید سینگل‌کراس ۷۰۴ که در بین هیبریدهای مورد مطالعه به طور متوسط رتبه چهارم و هیبرید PL710 که کم‌ترین دوره را به خود اختصاص داده بودند از این نظر ثبات بیش‌تری نسبت به سایر هیبریدها داشتند. گستره‌ی طول این دوره از بیش‌ترین مقدار با ۸/۱۷ روز مربوط به هیبرید PL706 در شرایط آبیاری مطلوب تا کم‌ترین با ۳/۸۳ روز مربوط به هیبریدهای ۱۰۱-۰۷ و مبین در شرایط تنش خشکی در دوره‌ی ظهور گل تاجی متغیر بود (شکل ۵). تنش شدید به علت عدم دسترسی گیاه به آب کافی جهت رشد سلول‌های ابریشم بلال ممکن است ظهور کاکل بلال را حتی تا پایان گرده‌افشانی به تأخیر اندازد (مقدم و هادی‌زاده، ۱۳۷۹؛ Hall et al., 2003; Waldern, 1983). همان‌طور که رفیعی و همکاران (۱۳۸۲) در بررسی نتایج تحقیق خود گزارش نمودند تأثیر منفی بر رشد و نمو اندام‌های زایشی موجب کاهش اجزای عملکرد خصوصاً تعداد دانه و در نهایت عملکرد دانه می‌شود.

طول دوره‌ی پر شدن دانه

طول دوره‌ی پر شدن دانه به شدت تحت تأثیر رژیم آبیاری، هیبرید و برهمکنش آنها قرار گرفت (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های برهمکنش در شکل ۶ نشان داد که طول این دوره در هیبریدهای مختلف از نظر واکنش به میزان دسترسی به آب توسط گیاه روند مشابهی دارند و قطع آبیاری به‌ویژه در دوره گرده‌افشانی موجب کاهش طول این دوره گردید، اما تأثیر تنش خشکی در دو مرحله بر طول این دوره یکسان نمی‌باشد، به‌نحوی‌که تنش در مرحله‌ی ظهور گل نر طول این دوره را بیش‌تر متأثر می‌نماید و باعث کاهش بیش‌تر طول این دوره می‌گردد. گستره‌ی طول دوره‌ی پر شدن دانه از ۴۳/۱۷ روز در هیبرید AS71 و در شرایط تنش در مرحله‌ی ظهور گل نر تا ۶۵/۱۷ روز در هیبرید PL706 در شرایط آبیاری مطلوب بود. به‌طورکلی دامنه تغییرات این دوره ۲۲ روز مشاهده گردید. به گزارش Shussler و Westgate (۱۹۹۱) تنش خشکی در مرحله‌ی گرده‌افشانی باعث کاهش آهنگ تجمع ماده خشک در برگ‌ها، ساقه و بلال می‌شود.

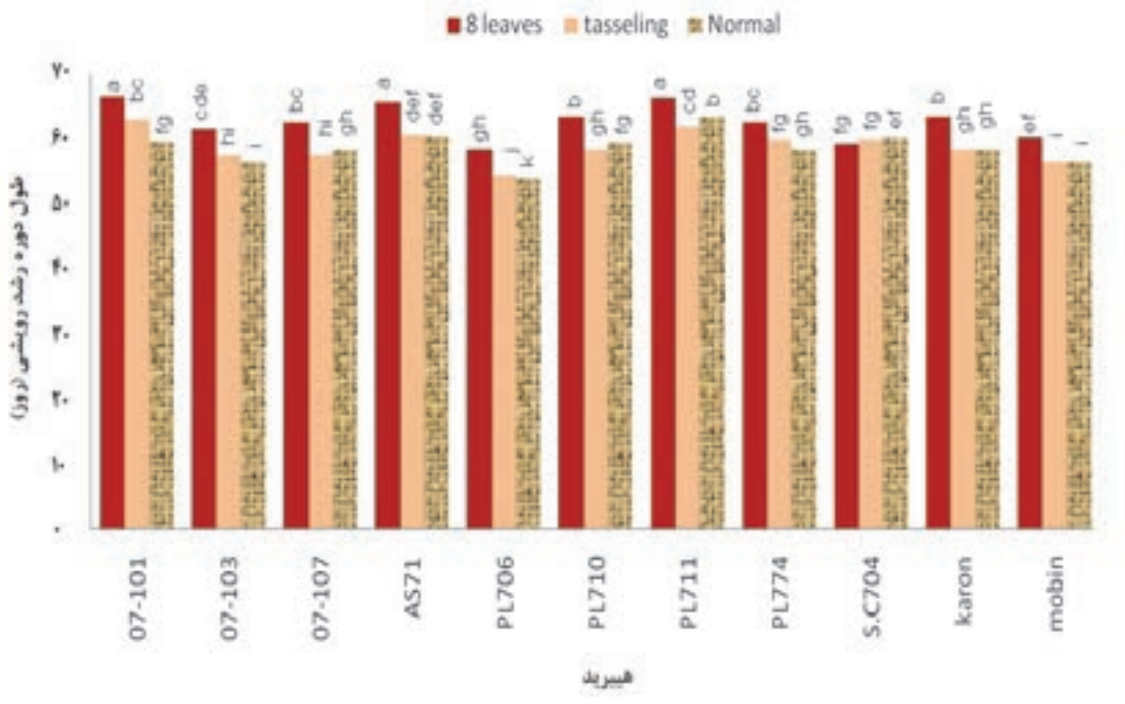
Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱: تجزیه واریانس مرکب صفات فنولوژیکی در دو سال آزمایش در هیبریدهای ذرت تحت تنش خشکی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		طول دوره رشد رویشی	طول دوره رشد زایشی	طول دوره گرده‌افشانی	طول دوره گل‌دهی	طول دوره تطابق گل‌دهی	طول دوره پر شدن دانه
سال	۱	۲۰۲/۰۲**	۲۲/۰۰ ^{ns}	۶/۹۱*	۵۸/۹۰^{ns}	۴۹/۵۰ ^{ns}	۳۶۸/۱۸ ^{ns}
سال (بلوک)	۴	۶/۹۱	۳۰/۰۸	۰/۸۰۸	۲۷/۸۲	۸/۵۵	۷۰/۱۵
تنش	۲	۳۲۸/۵۴**	۴۰۷۴/۳۳**	۳۷۱/۴۵**	۱۱۷/۳۵ **	۲۶/۳۲**	۲۹۸۸/۴۲**
تنش × سال	۲	۰/۱۴۱ ^{ns}	۸/۳۱ ^{ns}	۲/۰۳۵ ^{ns}	۰/۴۲۴ ^{ns}	۰۰/۰۰ ^{ns}	۱۷/۵۱ ^{ns}
تنش × سال (بلوک)	۸	۱/۷۰	۱۱/۹۱	۲/۷۷	۰/۸۲۸	۱/۲۲	۲۰/۵۹۸
هیبرید	۱۰	۹۹/۵۶**	۹۷/۱۴**	۱۳/۳۷ **	۳۰/۳۴**	۱۵/۶۳**	۹۰/۷۲**
هیبرید × سال	۱۰	۰/۰۵۳ ^{ns}	۰/۵۷۷ ^{ns}	۰/۲۲۵ ^{ns}	۰/۱۷۵ ^{ns}	۰۰/۰۰ ^{ns}	۰/۴۱۵ ^{ns}
هیبرید × سال (بلوک)	۴۰	۱/۶۳	۰/۸۰۸	۰/۲۳۵	۰/۴۱۱	۰/۰۶۶	۰/۵۰۷
تنش × هیبرید	۲۰	۸/۳۱**	۸/۹۰**	۱/۳۵**	۱/۷۳**	۰/۶۷۸**	۷/۳۶**
تنش × هیبرید× سال	۲۰	۰/۱۰۸ ^{ns}	۰/۶۲۹ ^{ns}	۰/۱۲۹۷ ^{ns}	۰/۱۷۴ ^{ns}	۰۰/۰۰ ^{ns}	۰/۱۴۸ ^{ns}
خطا	۸۰	۲/۱۸	۱/۰۳	۰/۳۸۸	۰/۳۰۳	۰/۰۳۳	۰/۵۰۴
ضریب تغییرات (درصد)	-	۲/۴۶	۱/۸۰	۹/۳۸	۳/۵۱	۳/۳۰	۱/۳۴

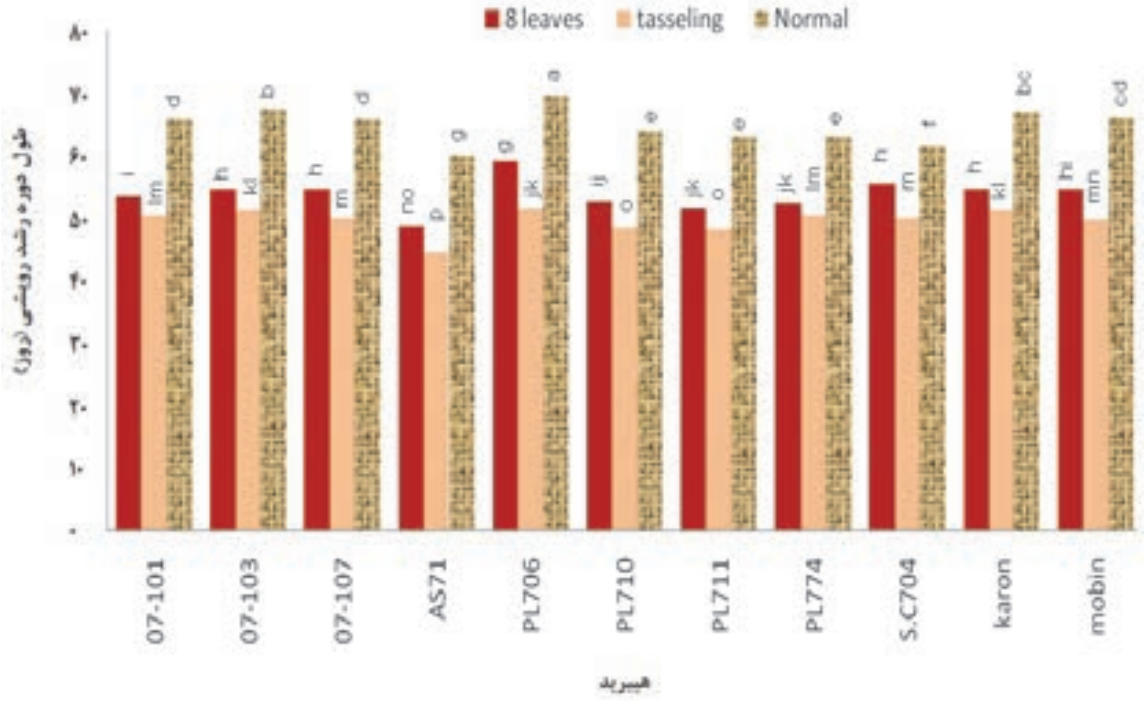
ns، * و **: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.



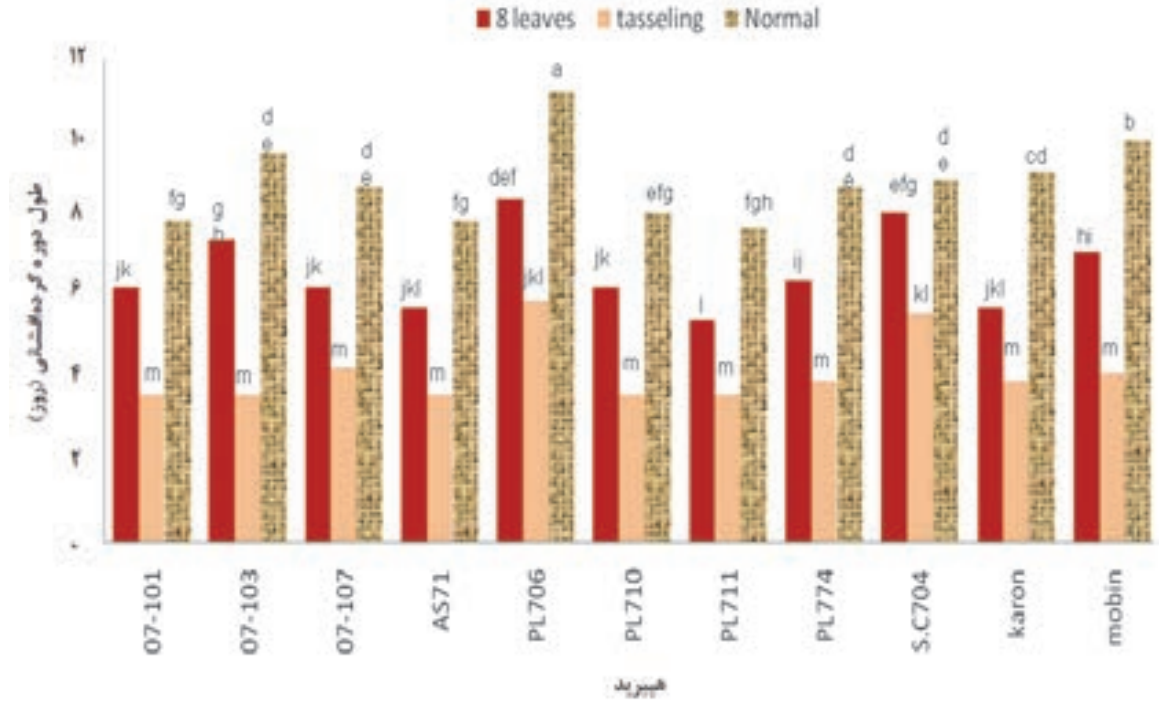
شکل ۱: مقایسات میانگین دو ساله برهمکنش هیبریدهای ذرت و تنش خشکی بر طول دوره‌ی رشد رویشی

Archive of SID

www.SID.ir

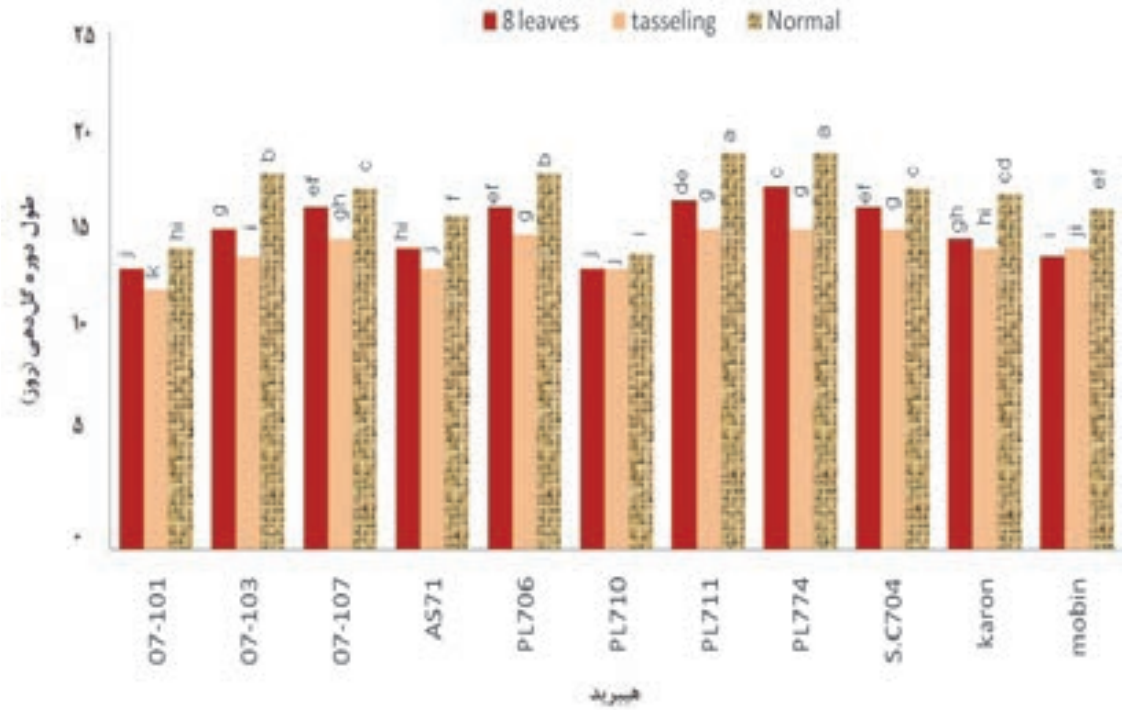


شکل ۲: مقایسات میانگین دو ساله برهمکنش هیبریدهای ذرت و تنش خشکی بر طول دوره‌ی رشد زایشی آزمایش

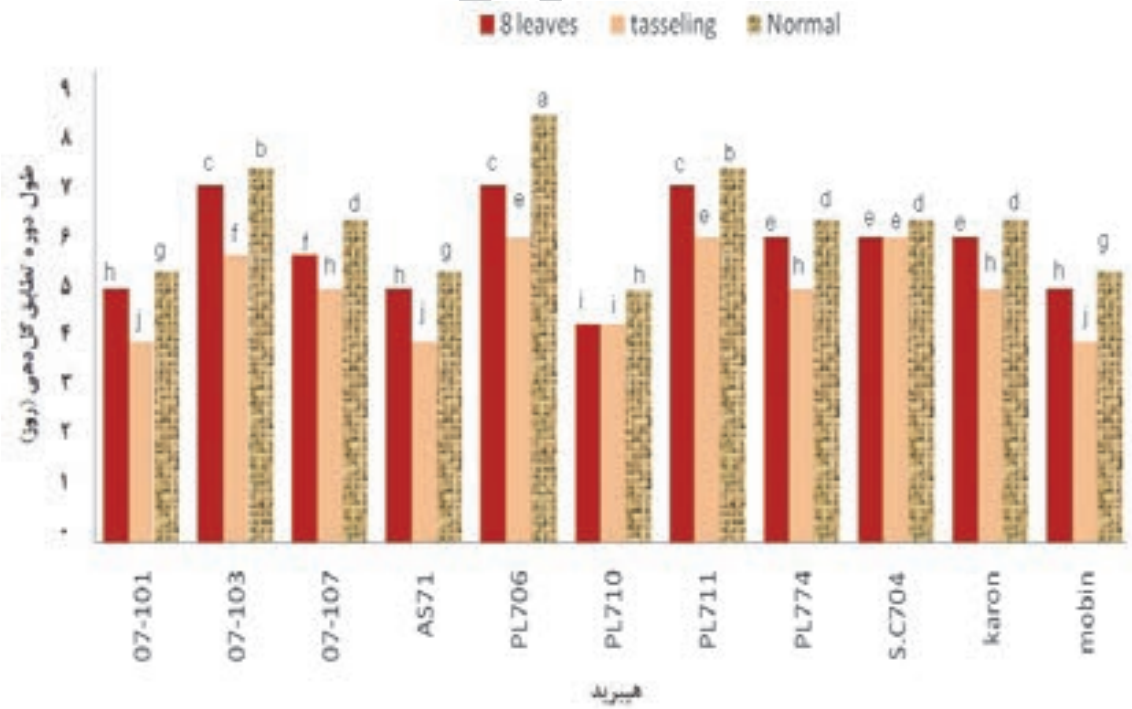


شکل ۳: مقایسه میانگین‌های دو ساله برهمکنش هیبریدهای ذرت و تنش خشکی بر طول دوره‌ی گرده‌افشانی

www.SID.ir

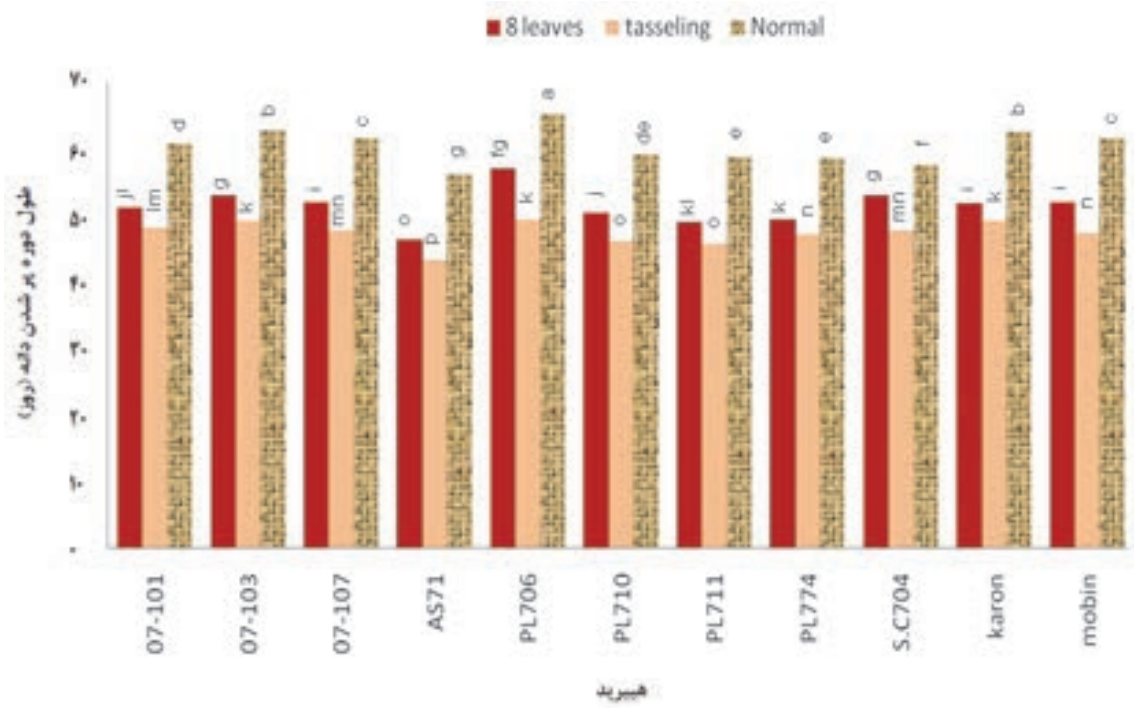


شکل ۴: مقایسه میانگین‌های برهمکنش هیبریدهای ذرت و تنش خشکی بر طول دوره‌ی گل‌دهی در دو سال آزمایش



شکل ۵: مقایسه میانگین‌های دوساله برهمکنش هیبریدهای ذرت و تنش خشکی بر طول دوره‌ی تطابق گل‌دهی

www.SID.ir



شکل ۶: مقایسه میانگین‌های دو ساله برهمکنش هیبریدهای ذرت و تنش خشکی بر طول دوره‌ی پر شدن

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد قطع آبیاری در مرحله‌ی هشت برگی (مرحله رویشی) موجب طولانی‌تر شدن طول دوره‌ی رویشی و تأخیر در شروع رشد زایشی شد. به‌طورکلی تنش خشکی می‌تواند رشد رویشی را بیش از رشد زایشی تحت تأثیر قرار دهد. دلیل افزایش اثر خشکی بر رشد رویشی، حساس بودن فرآیندهای رشد و تقسیم سلولی به تنش خشکی می‌باشد؛ ولی کاهش عملکرد گیاه در اثر تنش خشکی در مرحله‌ی رشد رویشی نسبت به مرحله‌ی زایشی کم‌تر می‌باشد. قطع آبیاری در مرحله‌ی ظهور گل نر با شدت بیش‌تری طول دوره‌ی زایشی را متأثر نمود. به‌طورکلی تنش در هر دو مرحله موجب کوتاه شدن طول دوره‌ی رشد زایشی گردید. بررسی تغییرات طول دوره‌ی گرده‌افشانی نشان داد طول این دوره گرچه در شرایط تنش خشکی کاهش یافت؛ اما کاهش آن در شرایط تنش در مرحله‌ی ظهور گل نر بیش‌تر بود. کمبود آب در مرحله‌ی گل‌دهی و گرده‌افشانی باعث کاهش شدید عملکرد از طریق نمو غیرطبیعی کیسه جنینی، عقیمی دانه گرده و در نهایت کاهش تعداد دانه‌های بارور می‌شود. در این بررسی مشاهده شد که تنش در هر دو مرحله موجب کاهش طول دوره‌ی گل‌دهی می‌شود و قطع آبیاری در مرحله‌ی ظهور گل نر این دوره را بیش‌تر متأثر نمود. روند تغییرات طول دوره تطابق گل‌دهی در شرایط رطوبتی مورد آزمایش نشان داد که تنش در مرحله‌ی هشت برگی نتوانست طول دوره را تحت تأثیر قرار دهد، به‌نحوی‌که از لحاظ آماری طول این دوره در شرایط آبیاری مطلوب و تنش در مرحله‌ی هشت برگی در یک سطح قرار

Archive of SID

www.SID.ir

گرفتند، گرچه طول این دوره در شرایط بدون تنش بیش‌تر بود. تنش در مرحله‌ی ظهور گل نر طول دوره‌ی پر شدن دانه را با شدت بیش‌تری تحت تأثیر قرار داد؛ البته تنش در هر دو مرحله موجب کاهش طول دوره‌ی پر شدن دانه گردید.

منابع

آبروان، پ. و صادق‌زاده‌حمایتی، س. ۱۳۸۲. بررسی اثر عوامل آب و هوایی بر عملکرد کلزای بهاره در شرایط دیم در منطقه کلاله. مجموعه مقالات اولین کنگره تحقیق و توسعه کلزا، ۱۶ تیرماه ۱۳۸۲، گرگان، ایران. ص: ۷۹.

امینی، آ.، نادری، ا. و لک‌زاده، ا. ۱۳۹۰. بررسی تغییرات مراحل فنولوژیکی و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های متوسط رس گندم در اثر درجه - روز رشد تجمعی (GDD) متفاوت در شرایط آب و هوایی اهواز. مجله‌ی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۳ (۱۰): ۱۳۲-۱۲۱.

حمیدی، آ. و دباغ‌محمدی‌نسب، ع. ۱۳۸۰. اثر تراکم بوته و سطوح مختلف نیتروژن بر خصوصیات فنولوژیکی دو هیبرید ذرت. مجله‌ی علوم کشاورزی. ۳۲ (۴۹): ۸۷۴-۸۵۷.

رفیعی، م.، کریمی، م.، نورمحمدی، ق.، و نادیان، ح. ۱۳۸۲. اثر تنش خشکی، مقادیر فسفر و روی بر توزیع عمودی سطح برگ، نفوذ نور در سایه اندازه و رابطه آنها با عملکرد دانه ذرت (*Zea mays* L.). مجله‌ی علوم زراعی ایران. ۵ (۱):۱۲-۱.

سلیمان‌زاده، ح.، لطیفی، ن. و سلطانی، ا. ۱۳۸۷. رابطه فنولوژیکی و صفات فیزیولوژیکی با عملکرد دانه در ارقام مختلف کلزا (*Brassica napus* L.) تحت شرایط دیم. مجله‌ی علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۴ (۱۵): ۶۱-۴۷.

علیزاده، ا.، مجیدی، ا.، نادیان، ح.، نورمحمدی، ق.، و عامریان م، ر. ۱۳۸۶. بررسی اثر تنش خشکی و مقادیر مختلف نیتروژن بر فنولوژی و رشد و نمو ذرت. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۴ (۵): ۸۹-۱۰۴.

کوچکی، ع.، حیسنی، م. و نصیری‌محلاتی، م. ۱۳۷۲. رابطه آب و خاک در گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۶۰ ص.

کوچکی، ع.، و نصیری‌محلاتی، م. ۱۳۸۴. اکولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۹۱ ص.

مقدم، ع. و هادی‌زاده، م. ح. ۱۳۷۹. مطالعه‌ی سطوح تنش در انتخاب ارقام متحمل به خشکی در ذرت. مجله‌ی علوم زراعی. ۲ (۳): ۳۸-۲۵.

Chandra, C., Pradhan, S.K., Sanjay Singh, L.K., Bose, L.K. and Singh, O.N. 2007. Multivariate analysis in upland rice genotypes. World Journal of Agricultural Science 3: 295-300.

Archive of SID

www.SID.ir

Cicchino, M., Rattalino Edreira, J.I. and Otegui, M.E. 2010. Heat Stress in field-grown Maize: Response of physiological Determinants of grain yield. Crop Science 50: 1438-1445.

Classen, M.M. and Show, R.H. 1970. Water deficit effects on corn. II. Grain components. Agronomy Journal 62: 652-655.

Denmead, O.T. and Shaw, R.H. 1960. The Effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. Agronomy Journal 52: 272-274.

Grant, R.F., Jackson, B.C., Kiniry, J.R. and Arikin, G.F. 1989. Water deficit timing effects on yield Components in maize Agronomy Journal 81: 61-65.

Hall, A.E., Cisse, N., Thiaw, S., Elawad, H.O.A. and Ehlers, J.D. 2003. Development of cowpea cultivars and germplasm by the Bean/Cowpea CRSP. Field Crops Research 82: 103-134.

Hall, A.J.L., Emcoff, J.H., and Trapani, N. 1981. Water stress before and during flowering in maize and its effects on yield its Components, and Their determinants. Maydica 26: 19-38.

Loomis, R.S., and Connor, D.J. 1992. Crop Ecology (Productivity and Management in Agricultural systems). Cambridge University Press. New York, U. S. A.

Nesmith, D.S., and Ritchie, J.T. 1992. Short and long term responses of corn to a pre-anthesis soil water deficit Agronomy Journal 84: 106-113.

Osborne, S.L., Schepers, D.D., Francis, J.S. and Schlemmer, M.R. 2002. Use of spectral radiance to estimate in-season biomass and grain yield in nitrogen and water stress on Corn. Crop Science 42: 165-171.

Sherif, L.M., Eshmawiy, K.H., Ghareeb, N.A. and Mohhamed, K.A. 2012. An Analytical economic of the corn crop at the World level. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 6 (30): 734-740.

Shussler, J.R., and Westgate, M.E., 1991. Maize kernel set at low water potential. I, sensitivity to reduce assimilates during early kernel growth Crop Science 31:1189-1195.

Stevens, E.J., Stevense., S.J., Flowerday, A.D., Gardner, C.O. and Eskridge, K.M. 1986. Developmental morphology of dent corn and popcorn with respect to growth staging and crop growth models. Agronomy Journal 78: 867-874.

Waldern, R.P. 1983. Crop-water Relations. teare. J.D., and peete M.M. eds. John Wiley & Sons New York. PP: 187-211.

Archive of SID

www.SID.ir