Archive of SID

"مجله علوم زراعی ایران"
جلد دوم، شماره ۱، ۱۳۷۹

بررسی اثر تنش خشکی بر خواص کمی و کیفی و شاخص‌های رشد ذرت، سورگوم و ارزن*

Performance of the effect of drought stress on qualitive and quantitative characters of corn, sorghum and millet.

سید علیرضا ولدآبادی[۱]، داریوش مظاهری[۲]، قربان نورمحمدی[۳] و سید ابوالحسن هاشمی دزفولی[۴]

چکیده

در یک طرح آزمایشی فاکتوریل که در قالب طرح بلوک کامل تصادفی اجرا شد، اثر تنش خشکی بر ویژگی‌های کمی و کیفی و شاخص‌های رشد ذرت، سورگوم و ارزن در چهار تکرار مورد مطالعه قرار گرفت. فاکتور A: سطوح تنش در سه سطح (بدون تنش A1، تنش متوسط A2، تنش شدید A3) و فاکتور B: سه گیاه ذرت (B1)، سورگوم (B2) و ارزن (B3) بودند. معیار اعمال تنش محتوی نسبی آب برگ (RWC) در نظر گرفته شد و زمان آبیاری با توجّه به این شاخص مشخص گردید. در تنش شدید، آبیاری زمانی انجام گرفت که RWC به ۶۰ تا ۷۰ درصد رسید و در تنش متوسط، آبیاری در ۸۵-۸۰٪=RWC و در شرایط بدون تنش، آبیاری در ۹۵٪ <RWC انجام گرفت. نتایج آزمایش نشان داد که ویژگی‌های مورد بررسی شامل شاخص سطح برگ، سرعت رشد مطلق، عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک، درصد پروتئین دانه و درصد نشاسته دانه به شدت تحت تأثیر تنش قرار گرفتند و تنها درصد روغن دانه تغییر معنی داری را نشان نداد. شدت اثر تنش نیز در بین گیاهان تفاوت داشت بطوری که در ذرت شدیدتر از ارزن و سورگوم بود. در مورد خواص کیفی مشاهده شد که درصد پروتئین در ذرت و سورگوم در شرایط تنش افزایش داشت اما درصد نشاسته دانه کاهش یافت. شاخص‌های رشد اُفت شدیدی را نشان دادند و عملکرد دانه نسبت به عملکرد علوفه اُفت زیادتری را نشان داد. به طور کلی می‌توان بیان نمود که با توجّه به اثر شدید تنش در ذرت در ناحیه‌ای که احتمال بروز تنش زیاد است کشت ارزن یا سورگوم به منظور تهیه علوفه ارجح خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: ذرت، سورگوم، ارزن، تنش خشکی، شاخص رشد، مکانیزم‌های مقاومت، تحمل تنش، پروتئین، نشاسته.

مقدمه

در بیشتر موارد تنش به عنوان تغییر و دور شدن از شرایط مطلوب در نظر گرفته می‌شود و شامل تغییر تمام اعمال حیاتی در سطوح مختلف موجودات است. این اثر در ابتدا می‌تواند موقت باشد و ممکن است دائمی گردد (Stocker, 1996). معمولاً شدت عامل تنش زا در محل اِعمال اثر خود کمتر از شدت اولیه آن در محل دیگر است. یعنی گیاه از طریق مکانیزم‌های مقاومت و تحمل تنش، شدت عامل تنش را تعدیل

تاریخ دریافت: ۱۳۷۷/۱۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۷۸/۱۱/۴

* بخشی از رساله دکتری نگارنده اول در گروه تخصصی زراعت

۱ـ دانشجوی دوره دکتری زراعت واحد علوم تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی ـ تهران ۲ و ۳ به ترتیب استادان دانشگاه تهران و واحد علوم و تحقیقات تهران
۴ـ دانشیار دانشگاه شهید چمران ـ اهواز

www.SID.ir

Archive of SID

می‌نماید و در نتیجه از میزان اثرات سوء تنش می‌کاهد (Gate, 1968).

تنش بلافاصله بعد از بروز کردن، اثر خود را ایجاد نمی‌نماید زیرا گیاهان مکانیزم‌های حفاظتی مختلفی را برای تأخیر یا متوقف کردن اختلالات شیمیایی و ترمودینامیکی داخل سلول بکار می‌برند (Stocker, 1986 and Kumari, 1988).

بروز خشکی باعث تنش در گیاه می‌شود و خشکی نه تنها حاصل کاهش ریزش‌های آسمانی است بلکه در مواردی که رطوبت نیز در خاک وجود دارد به دلایلی چون شوری زیاد خاک و یا یخ زدگی خاک، این رطوبت برای گیاه قابل استفاده نیست و گیاه دچار تنش می‌شود (Shaw and Laing, 1968; Kumari, 1988; Dale and Daiels, 1995).

تنش خشکی در مقایسه با سایر تنش‌ها ناگهانی اتفاق نمی‌افتد و گسترش آن تدریجی بوده به طوریکه در انتهای دوره بروز خشکی شدت می‌یابد (Dale and Dailes, 1995).

ترکیبی از ویژگی‌های مورفوژنتیک توسعه یافته و در نتیجه فرایندهای کاتابولیک غالب گردیده و پیری زودرس و خشکی برگ‌ها پیش می‌آید. تعدادی از این فرآیندها برگشت‌پذیر هستند و مقاومت به خشکی در حقیقت توان یک گیاه در پایداری در دوره خشکی است که یک ویژگی مرکب می‌باشد.

برگ‌های رشد یافته در شرایط کمبود آب معمولاً کوچکتر بوده و سطح ویژه برگ Specific Leaf Area (SLA) کاهش پیدا می‌نماید (Denmead and Show, 1989; Dale and Dailes, 1995).

تحمل به خشکی از ویژگی‌های گونه بوده و ظرفیت سازگاری پروتوپلاسم به تلفات شدید آب را نشان می‌دهد. حداقل مقدار آب در بافت‌های گیاهی با عبارات مختلفی چون محتوی نسبی آب گیاه (Relative Water Content) (RWC) و پتانسیل آب سنجیده می‌شود (Denmead and Show, 1989; Dale and Dailes, 1995).

پژمردگی برگ ذرت در پتانسیل ۱۶ - بار اتفاق می‌افتد و اگر تنش در مراحل ظهور ریشک‌ها، دوره پرشدن دانه و مرحله خمیری دانه حادث شود به ترتیب باعث کاهش ۳۵، ۲۴ و ۱۰ درصد عملکرد دانه می‌گردد (Black, 1989). تنش خشکی تحت تأثیر حاصلخیزی خاک نیز قرار می‌گیرد که این ویژگی در مورد ارزن و سورگوم ثابت شده است (Levit, 1983; Volf and Fisher, 1995).

بذر سورگوم و ارزن مقاومت به خشکی بیشتری نسبت به علف‌های هرز مختلف از خود نشان می‌دهند و در شرایط تنش خشکی نیز قادر به جوانه زنی هستند (Denmead and Show, 1989). تنش در طول دوره رشد رویشی منجر به کوچک شدن برگ‌ها گردیده و شاخص سطح برگ را در دوره رسیدن محصول و میزان جذب نور توسط گیاه کاهش می‌دهد (Ariy, 1989).

اثر تنش آب بر عملکرد چند جانبه است و تنش شدید و نسبتاً کوتاه در طول دوره رشد رویشی ممکن است اثری بر روی عملکرد نداشته باشد ولی تنش کمتر از این میزان ولی طولانی مدت ممکن است باعث کاهش شدید عملکرد شود (Ariy, 1989).

زمان بروز تنش خشکی نیز در نوع و میزان خسارت وارده اثرات زیادی دارد. تحقیق انجام شده بر روی ارزن و سورگوم نشان داد که تنش در مرحله رشد زایشی تا ۵۰ درصد عملکرد دانه را کاهش داده اما بروز تنش در مرحله رشد رویشی در ارزن ۲۵ درصد و در سورگوم ۳۰ درصد عملکرد را پایین آورده است (Rame and Kumari, 1995).

در بررسی اثر تنش خشکی بر ذرت مشاهده شد که علاوه بر عملکرد، ویژگی‌های کیفی ذرت نیز تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرد، به طوری که میزان پروتئین افزایش و نشاسته کاهش یافت (Farley and Coot, 1998).

در سورگوم نیز آزمایش‌ها حکایت از کاهش درصد هیدرات‌های کربن دانه داشته است (Voff and Fisher, 1995).

تنش بر شاخص سطح برگ و سرعت رشد آن نیز اثر داشته به طوری که باعث کاهش ۲۵ درصد شاخص سطح برگ در ذرت و ۲۰ درصد در سورگوم شده است (Sayer, 1994).

سرعت رشد نیز تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرد و به شدت کاهش می‌یابد به طوری که در ذرت در یک دوره رشد

www.SID.ir

Archive of SID

مقدار کاهش تا ۴۰ درصد نیز رسیده است (Chapmane and Westgate, 1993).

در این پژوهش اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر خواص کمی و کیفی و شاخص‌های رشد ذرت، سورگوم و ارزن مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۷۶-۱۳۷۵ در ایستگاه تحقیقات سازمان کشاورزی قزوین انجام گرفت که دارای آب و هوای نیمه خشک با متوسط بارندگی ۳۲۰ میلی متر در سال است و متوسط رطوبت نسبی سالیانه ۵۳ درصد است (سیمای قزوین ۱۳۷۶).

طرح آزمایشی مورد استفاده فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام گرفت. فاکتور A: سطوح تنش در سه سطح (بدون تنش A1، تنش متوسط A2 و تنش شدید A3) و فاکتور B: سه گیاه ذرت (B1)، سورگوم (B2) و ارزن (B3) بود.

معیار اعمال تنش محتوی نسبی آب برگ (RWC) در نظر گرفته شد و زمان آبیاری با توجّه به این شاخص مشخص گردید. در تنش شدید، آبیاری زمانی انجام گرفت که RWC به ۶۰ تا ۷۰ درصد رسید و در تنش متوسط، آبیاری در RWC=٪۸۰-۸۵ و در شرایط بدون تنش، آبیاری در RWC> ٪۹۵ انجام گرفت.

کرت‌های آزمایشی شامل ۷ خط کشت ۱۰ متری با فواصل ردیف ۷۰ cm بود و دو خط نیز به صورت نکاشت به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد.

برای اجرای آزمایش از رقم ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ که پرمصرف‌ترین رقم ذرت برای مصارف دانه و علوفه در بسیاری از مناطق کشور است و ارزن علوفه‌ای با نام تجارتی نوتریفید که در چند سال اخیر مورد توجّه قرار گرفته است و سورگوم اسپیدفید که یکی از ارقام پرمصرف سورگوم است استفاده شد. کلیه بذور از مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه گردید.

زمین مورد استفاده در سال قبل به صورت آیش بوده و عملیات تهیه زمین شامل شخم پائیزه و عملیات تکمیلی در بهار بود. کود مصرفی شامل ۹۶ کیلوگرم در هکتار فسفر از منبع فسفات آمونیم و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار ازت از منبع فسفات آمونیم و اوره بود که تمامی فسفات آمونیم (۲۰۰ کیلوگرم) و ۵۰ درصد کوداوره (۱۵۰ کیلوگرم) در موقع کاشت و بقیه کود اوره در مرحله شش برگی به زمین داده شد و کشت به صورت ردیفی و با دست انجام گرفت.

نمونه برداری برای تعیین RWC از پایان هفته دوم پس از سبز شدن به فاصله هر ۴ روز یکبار از خطوط کاشت ۱ و ۷ صورت گرفت. بدین منظور آخرین برگ کامل بوته در ساعت ۱۲ تا ۲ بعد از ظهر برداشت گردیده و پس از توزین به مدت ۵ ساعت در آب قرار داده و وزن اشباع محاسبه گردید. سپس نمونه‌ها در آون الکتریکی در حرارت $85^{\circ}C$ به مدت ۳۶ ساعت قرار گرفته و وزن خشک نمونه‌ها به دست آمد و سپس با استفاده از فرمول زیر RWC محاسبه گردید (Kramer, 1973):

$$RWC=\frac{\text{وزن خشک - وزن تر}}{\text{وزن خشک - وزن اشباع}}\times 100$$

برای بررسی شاخص سطح برگ و سرعت رشد مطلق نیز هر هفت روز، یک متر مربع از هر تیمار در هر تکرار از خطوط ۲ و ۶ برداشت و سپس با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ، شاخص سطح برگ محاسبه شد و سپس برای به دست آوردن سرعت رشد مطلق نمونه‌های برداشت شده در حرارت $85^{\circ}C$ به مدت ۳۶ ساعت خشک شده و با استفاده از فرمول $\frac{1}{P}\cdot\frac{dw}{dt}$ مقدار CGR محاسبه گردید (Stocker, 1986).

صفات دیگر مورد مطالعه عبارتند از: درصد پروتئین دانه، درصد روغن دانه، درصد نشاسته دانه، عملکرد دانه و عملکرد علوفه (ماده خشک).

برای تعیین درصد پروتئین از روش کجلدال و درصد روغن از روش سوکسله استفاده شد و برای اندازه‌گیری نشاسته ابتدا نمونه را با اسید استیک و آب نمک جوشانده و بعد کلوروراستانیک را اضافه کرده، حرارت داده و سپس محلول را صاف کرده و با استفاده از پلاریمتر درصد قند را مشخص و سپس با استفاده از جدول، درصد نشاسته محاسبه شد (Show and Laing, 1986).

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

تجزیه واریانس نتایج حاصله نشان می‌دهد که عملکرد دانه بشدت تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرد به طوری که در ذرت میزان کاهش به بیش از ۵۰ درصد نیز می‌رسد (جدول ۱). اما در سورگوم عملکرد دانه تا ۳۵ درصد کاهش را نشان داد (جدول ۲). بالاترین عملکرد دانه در ذرت و در تیمار شاهد مشاهده شد (۷۸۵۶ کیلوگرم در هکتار) و پایین‌ترین عملکرد دانه در سورگوم و در شرایط تنش شدید ملاحظه گردید (۱۹۵۰ کیلوگرم در هکتار). به طور کلی اثر تنش بر عملکرد دانه ذرت بیش از سورگوم بود.

عملکرد ماده خشک نیز به شدت تحت تأثیر تنش قرار گرفته که البته میزان تأثیر در ذرت بیش از سورگوم و ارزن بوده است، به طوری که تجزیه واریانس اختلاف معنی داری در سطح یک درصد را نشان داد (جدول ۳).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمارها از نظر عملکرد ماده خشک در هفت گروه قرار می‌گیرند (جدول ۴). بالاترین عملکرد ماده خشک در شرایط مطلوب رطوبتی و در ذرت مشاهده شد (۵۵/۱ تن در هکتار) و کمترین مقدار در ارزن در شرایط تنش شدید (۲۴/۲ تن در هکتار).

تجزیه واریانس خصوصیات کیفی دانه در ذرت و سورگوم نیز نشان داد، که درصد پروتئین دانه در شرایط تنش خشکی افزایش می‌یابد که این افزایش و اختلاف بین تیمارها در سطح یک درصد معنی دار بوده است (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در جدول ۲ آورده شده است. بیشترین درصد پروتئین در ذرت در تیمار تنش شدید رطوبتی مشاهده شد (۱۰/۲)، و کمترین مقدار در سورگوم و در شرایط مطلوب رطوبتی ملاحظه گردید (۷/۴).

درصد روغن نیز در شرایط تنش تغییرات جزئی را نشان داد که البته اختلاف بین تیمارها در سطح معنی داری مشاهده نشد و تجزیه واریانس و محاسبه F در سطح معنی داری نبود و به همین دلیل مقایسه میانگین‌ها انجام نگرفت. درصد نشاسته دانه نیز به شدت تحت تأثیر خشکی قرار گرفت که در ذرت میزان کاهش بیش از سورگوم بوده است. بالاترین درصد در ذرت و در تیمار شاهد مشاهده شد (۷۱ درصد) و کمترین مقدار نیز در ذرت و در شرایط تنش شدید ملاحظه گردید (۶۱ درصد).

به نظر می‌رسد که فرایندهای فیزیولوژیک که در سنتز نشاسته نقش دارند بیش از سایر فرایندها تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند (Volf and Fisher, 1995).

تجزیه واریانس درصد نشاسته دانه در ذرت و سورگوم نشان از وجود اختلاف معنی دار در سطح یک درصد دارد (جدول ۱).

منحنی‌های مندرج در نمودار ۱، شاخص سطح برگ را به ترتیب در ذرت، سورگوم و ارزن در شرایط مطلوب و تنش نشان می‌دهد. حداکثر LAI در ذرت، سورگوم به ترتیب در هفته‌های سیزدهم و یازدهم بعد از سبز شدن (نیمه دوم تیرماه) حاصل گردید، یعنی زمانی که آخرین برگ ظاهر شده و گل آذین در انتهای گیاه بوجود می‌آید. میزان LAI حداکثر در ذرت در شرایط مطلوب ۴/۶ و در سورگوم ۵/۱ بود. میزان بیشتر بودن LAI را می‌توان به ویژگی پنجه زنی سورگوم نسبت داد که باعث افزایش سطح برگ در واحد سطح می‌گردد. در شرایط تنش این میزان کاهش یافته به طوری که در تنش متوسط در ذرت ۳/۲ و در سورگوم ۴/۴ می‌باشد و در تنش شدید در ذرت LAI به ۲/۷ و در سورگوم به ۳/۸ رسید این نتایج نشان می‌دهند که کاهش سطح برگ در اثر تنش خشکی در ذرت ۴۰ درصد و در سورگوم ۲۸ درصد می‌باشد.

در تحقیقی که در همین ارتباط بر روی ذرت و سورگوم انجام گرفت سطح برگ ذرت ۴۵ درصد و سورگوم ۳۲ درصد کاهش یافت. همانگونه که از منحنی‌ها نیز مشاهده می‌شود اثر تنش بر ذرت شدیدتر از سورگوم بوده که این به خصوصیات سورگوم از قبیل گستردگی بیشتر ریشه‌ها و خاصیت پنجه زنی آن بستگی دارد (Anda and Pinter, 1994). در هر دو گیاه ذرت و سورگوم سرعت رشد و افزایش سطح برگ در هفته‌های اوّل کاشت (تا هفته چهارم) بسیار کند بوده است. بروز تنش در زمان حداکثر شدن LAI اثر چندانی نداشته بلکه تنها در میزان LAI حداکثر مؤثر می‌باشد. یعنی در تمام تیمارهای تنش، زمان رسیدن سطح برگ به حداکثر خود تقریباً مشابه است و تنها تفاوت در میزان LAI حداکثر می‌باشد

www.SID.ir

Archive of SID

که با تشدید تنش این مقدار کاهش پیدا می‌کند. به طوری که زمان حداکثر شدن LAI در تمام تیمارها در ذرت هفته سیزدهم در سورگوم هفته یازدهم و در ارزن هفته نهم پس از سبز شدن این گیاهان می‌باشد.

کاهش سطح برگ بیشتر حاصل کاهش تعداد برگ است تا کاهش اندازه هر برگ و این نتیجه در تحقیقات انجام شده توسط چپمن و وست گیت (Chapmane and Westgate, 1993) نیز حاصل شده است. به نظر می‌رسد اینگونه اثر تنش مربوط به اثر بیشتر تنش بر تشکیل آغازی برگ‌ها نسبت به اثر تنش بر رشد برگ‌ها است. در مورد ارزن علوفه‌ای وضعیت متفاوت است و سرعت رشد اولیه بیش از ذرت و سورگوم بوده و از طرف دیگر اثر تنش کمتر است. حداکثر LAI در هفته نهم بعد از کاشت به دست آمد که حدود ۳/۲ بود که در شرایط تنش متوسط به ۲/۹ و در تنش شدید به ۲/۶ رسید. بررسی لویت (Levit, 1983) نیز نشان دهنده مقاومت بیشتر ارزن نسبت به خشکی در مقایسه با سورگوم و ذرت است. منحنی‌های مندرج در نمودار ۲، نحوه تغییرات سرعت رشد مطلق را در سه گیاه و در شرایط تنش نشان می‌دهد. حداکثر CGR مربوطه به ارزن علوفه‌ای بوده که حدود ۴۸ گرم در متر مربع در روز است و در ذرت و سورگوم به ترتیب ۴۵ و ۴۴ گرم در متر مربع در روز است.

حداکثر رشد زمانی حادث شد که گیاه در مرحله حداکثر شاخص سطح برگ قرار داشت و با گذر از این مرحله که مصادف با ظهور گل در گیاه است، سرعت رشد کاهش یافت. شدت تنش در ذرت بیش از سورگوم و ارزن بوده است.

به طور کلی از مجموع یافته‌های این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که بروز تنش خشکی در سطح متوسط و شدید، اثر متعددی بر گیاهان بر جا می‌گذارد و میزان خسارت نیز بستگی به نوع گیاه و شدت تنش و زمان بروز آن دارد اما می‌توان مشاهده نمود که اثر تنش در ذرت شدیدتر از سورگوم و ارزن بوده است تحقیقات رام و کوماری (Rame and Kumari, 1995) مؤید این ویژگی است.

جدول ۱ـ خلاصه تجزیه واریانس خواص کمی و کیفی ذرت و سورگوم

Table 1. Summary of analysis of variance of quality and quantity properties in corn and sorghum.

			MS میانگین مربعات			
S.O.V. منابع تغییرات		درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	درصد پروتئین Protein percent	درصد نشاسته Starch percant	درصد روغن Oil percent
(R)	تکرار	3	3.721	4.729	86.193	0.025
(A)	تنش	2	7.791^{**}	16.081^{**}	391.108^{**}	0.098^{ns}
(B)	نوع گیاه	1	5.048^{**}	11.716^{**}	153.361^{**}	0.071^{ns}
A×B	تنش × گیاه	2	4.701^{**}	9.166^{**}	97.416^{*}	0.056^{ns}
E	خطا	15	0.389	0.721	5.613	0.002
	CV%		11.2	13.7	12.5	8.5

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪ احتمال

* and **: Significant at the 5% and 1% level of probability, respectiveley.

ns, Non significant

ns: عدم معنی دار بودن

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲ـ مقایسه میانگین عملکرد دانه، درصد پروتئین، نشاسته و روغن دانه به روش دانکن

Table 2. Comparison of means of grain yield, grain protein and grain starch.

تیمار Treatment	عملکرد دانه Grain yield (kg/ha)	درصد پروتئین Protein percent	درصد نشاسته Starch percant
A_1B_1	8756^{e}	9.5^{c}	71^{e}
A_1B_2	2730^{b}	7.4^{a}	64^{d}
A_2B_1	5781^{d}	9.7^{c}	63^{cd}
A_2B_2	2200^{a}	8.1^{b}	60^{c}
A_3B_1	3780^{c}	10.2^{d}	51^{a}
A_3B_2	1950^{a}	8.3^{b}	56^{b}

* حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار است.

Means followed by similar letters in each column are not significantly different.

جدول ۳ـ تجزیه واریانس عملکرد ماده خشک در ذرت، سورگوم و ارزن

Table 3. Analysis of variance of biomass in corn, sorghum and millet.

S.O.V منابع تغییرات		درجه آزادی df	مجموع مربعات SS	میانگین مربعات MS
R	تکرار	3	0.336	0.112
A	تنش	2	1.204	0.602^{**}
B	نوع گیاه	2	1.024	0.512^{**}
A،B	تنش × گیاه	4	0.856	0.214^{*}
E	خطا	24	1.416	0.059
	CV% =11.86			

** و * به ترتیب معنی دار بودن در سطح ۵٪ و ۱٪ احتمال.

** and *: Significant at the 5% and 1% level of probability, respectively.

جدول ۴ـ مقایسه میانگین عملکرد ماده خشک (t/ha) به روش دانکن

Table 4. Comparasion of means of biomass in corn, sorghum and millet (t/ha).

تیمار Treatment	A_3B_3	A_2B_3	A_1B_3	A_3B_1	A_3B_2	A_2B_2	A_2B_1	A_1B_2	A_1B_1
میانگین Means	24.2^{a}	26.5^{b}	32.15^{c}	33.25^{c}	37.10^{d}	39.75^{e}	41.2^{e}	45.00^{f}	55.1^{g}

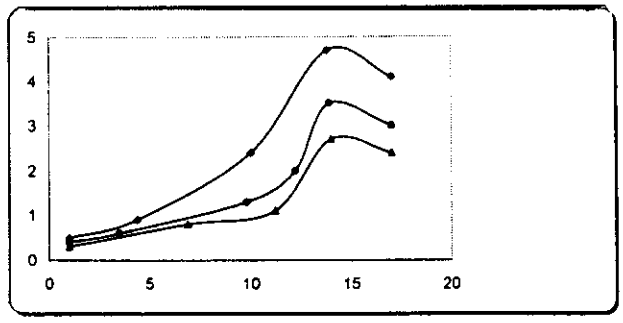
حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار است.

Means followed by similar letters are not significantly different.

www.SID.ir

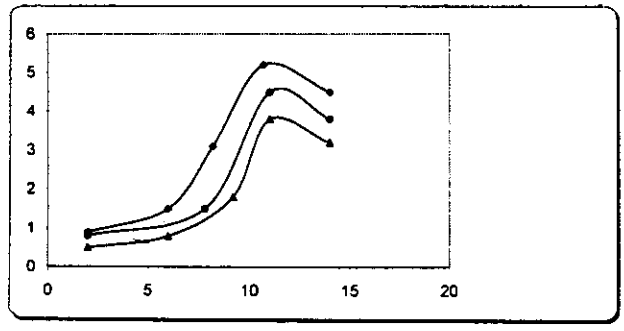
Archive of SID

الف
A

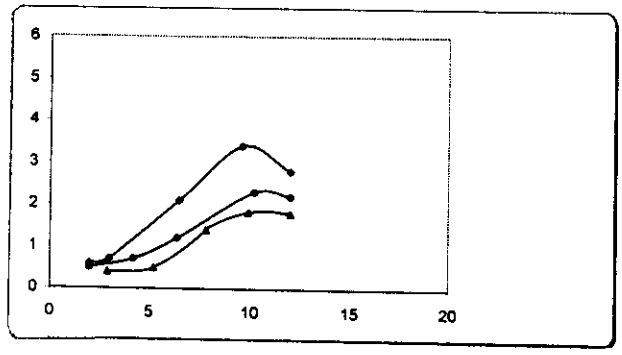


شاخص سطح برگ
LAI

ب
B



پ
C



هفته‌های پس از سبز شدن

Weeks after emergence

شرایط مطلوب■ تنش متوسط● تنش شدید▲

Optimum Medium stress High stress

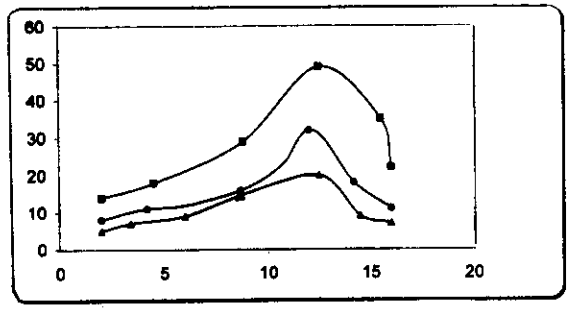
نمودار ۱ـ اثر تنش خشکی بر شاخص سطح برگ: الف ـ ذرت، ب ـ سورگوم، پ ـ ارزن

Fig.1. Effect of drought stress on LAI of:A- corn, B- Sorghum, C- Millet

www.SID.ir

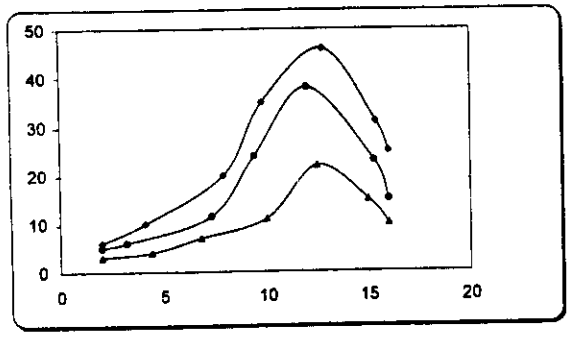
Archive of SID

الف
A

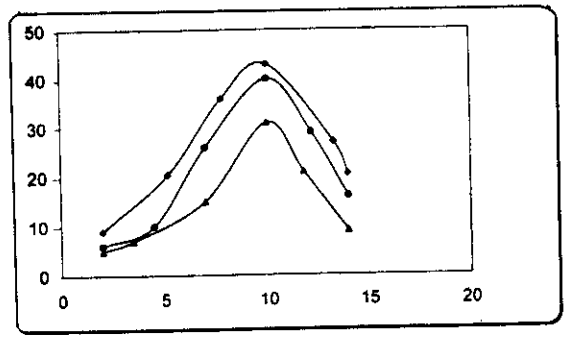


ب
B

سرعت رشد مطلق
$g/m^2.d$



پ
C



هفته‌های پس از سبز شدن

Weeks after emergence

تنش شدید▲ تنش متوسط● شرایط مطلوب■

High stress Medium stress Optimum

نمودار ۲ـ اثر تنش خشکی بر سرعت رشد مطلق: الف ـ ذرت، ب ـ سورگوم، پ ـ ارزن

Fig4. Effect of drought stress on CGR of:A- corn, B- Sorghum, C- Millet

www.SID.ir

Archive of SID

References

منابع مورد استفاده

سیمای قزوین، ۱۳۷۶، سازمان کشاورزی قزوین. ۲۷۱ صفحه.

ANDA, A and L. PINTER. 1994. Sorghum germination and development as influenced by soil temperature water content. Agron. J. **89**:621-24.

ARIY. J. M. 1987. Corn and Corn Improvment. Academic press Inc., New York. P 721.

BLACK. C. A. 1989. Crop yield in relation to water supply and fertility. Agron. J. **77**:622-30.

CHAPMANE, P. and M. E. WESTGATE. 1993. Water deficit affects receptivity of maize silk. Crop Sci. **33**:279-82.

DALE. R., A. DAIELS. 1995. A weather-soil variable for estimating soil moisture stress and corn yield. Agron. J. **87**:1115-21

DENMEAD. O. T., R. M. SHAW. 1989. The effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. Agron. J. **22**:1227-32.

FARLEY O. R, W. J. COOT. 1998. Temperature and soil water effects on maize growth, development, yield and forage quality. Crop Sci: **36**:341-8.

GATE. C. T. 1968. Water deficits and plant Growth. Academic Press, New York. P 457.

KRAMER, P. J. 1973. Water stress and plant growth. Agron. J. **55**:31-35.

KUMARI, S. 1988. The effects of soil moisture stress on the development and yield of millet. Agron. J. **56**:480-81.

LEVIT, J. 1983. Response of plant to enviromental stresses, Vol. 2. Water, radiation, salt and other stresses. Academic press, New York.

RAME, R., and S. KUMARI. 1995. Influence of variable amounts of irrigation water and nitrogen fertilizer on growth, yield and water use of grain sorghum. Aust. J. Agric. Res. **77**:151-61.

SAYER, W., 1994. Tillage effects on dryland wheat and sorghum production in the southern Great Plains. Agron. J. **86**:310-17

SHAW, R. M. and D. R. LAING. 1968. Moisture stress and plant response. PP 73-94, In: Plant Enviroment and Efficient Water Use. Am. Soc. Agron. Madison. Wisconsin.

STOCKER, O. 1986. Physiological and morphological changes in plant due to water deficiency. Agron. J. **65**:63-74.

VOLF, T., and K. S FISCHER, 1995. Growth and yield of sorghum lines extracted from a population for differences in osmotic adjustment. Aust. J. Agric. Res. **46**:67-71.

WESTMAN. T., 1998. The effects of K fertilizer on the development and yield of corn. Aust. J. Agric. Res. **40**:92-101.

www.SID.ir