مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد ۱۳، شماره ۱۳، پاییز ۱۳۹۰

مجله پژوهش های به زراعی

ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد ده ژنوتیپ سورگوم دانه ای در استان البرز

مجید آقاعلیخانی[۱*]، فاطمه اعتمادی[۲]، عزیز فومن اجیرلو[۳]

۱- دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۳- پژوهشگر بخش تحقیقات ذرت و گیاهان علوفه ای، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۰/۶/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۰/۱۵

چکیده

به منظور بررسی عملکرد و اجزای عملکرد در ژنوتیپ های مختلف سورگوم دانه ای (*Sorghum bicolor* L.) ، آزمایشی در سال ۱۳۸۷ در مزرعه مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر واقع در کرج (استان البرز) به اجرا درآمد. در این آزمایش ۱۰ ژنوتیپ سورگوم دانه ای به نام های KGS_5، KGS_{11}، KGS_{12}، KGS_{15}، KGS_{23}، KGS_{24}، KGS_{25}، KGS_{31}، $ICSV_{274}$ و UT_{378B} در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار مورد مطالعه قرار گرفتند. صفات مورد بررسی عبارت بودند از: عملکرد دانه، بیوماس، شاخص برداشت، اجزای اولیه عملکرد شامل: تعداد خوشه در متر مربع، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه و اجزای ثانویه عملکرد شامل: تعداد خوشه چه در خوشه، تعداد دانه در خوشه چه و وزن خوشه. نتایج نشان داد که بالاترین عملکرد دانه (۹۸۹۵/۸ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین عملکرد بیولوژیک (۵۱۰۲۳ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب متعلق به ژنوتیپ های KGS_5 و KGS_{23} بود و کم ترین آنها معادل (۶۳۴۸/۲ کیلوگرم در هکتار) و (۳۵۶۵۹ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب توسط ژنوتیپ های KGS_{31} و KGS_{11} تولید شد، به طوری که بین ژنوتیپ های مختلف از نظر این دو صفت تفاوت معنی داری وجود داشت. شاخص برداشت نیز بین ژنوتیپ های مختلف تفاوت معنی داری داشت، به طوری که ژنوتیپ KGS_5 بالاترین (۲۴/۵۴درصد) و ژنوتیپ KGS_{31} پایین ترین (۱۶/۹درصد) شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند. تفاوت معنی داری بین ژنوتیپ های مختلف از نظر اجزای عملکرد مشاهده گردید. بالاترین مقادیر تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه به ترتیب در ژنوتیپ های UT_{378B} و $ICSV_{274}$ مشاهده شدند. کمترین مقدار این دو صفت نیز به ترتیب به ژنوتیپ های KGS_{24} و KGS_{12} تعلق داشت. در آزمایش حاضر مشخص گردید که ژنوتیپ های برتر از نظر عملکرد دانه، لزوماً از نظر اجزای عملکرد برتر نبودند و برتری شاخص برداشت در این ژنوتیپ های به خوبی توانست تفاوت‌ها را توجیه نماید. بر این اساس تأثیرگذارترین صفت در راستای دست یابی به عملکرد بالای دانه در سورگوم، شاخص برداشت بالا می باشد و با افزایش این صفت همچنان امکان افزایش عملکرد در سورگوم دانه ای وجود دارد. در بین مواد آزمایشی مورد بررسی در این تحقیق ژنوتیپ KGS_5 با توجه به داشتن بالاترین رکورد عملکرد دانه و شاخص برداشت همچنین قرار گرفتن در گروه تیماری برتر از نظر تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه به عنوان ژنوتیپ برتر و ایده‌آل انتخاب شد.

واژه‌های کلیدی: سورگوم دانه ای، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه

* نگارنده مسئول: (maghaalikhani@modares.ac.ir)

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

درگیاهان زراعی، عملکرد معمولاً به بخشی از کل ماده گیاهی تجمع یافته اطلاق می‌شود که به قسمت قابل برداشت یا عملکرد اقتصادی اختصاص یافته است (آقاعلیخانی و عصاره، ۱۳۸۳). بر اساس روند افزایش جمعیت و به دنبال آن نیاز غذایی بشر، پیش بینی شده است که عملکرد گیاهان زراعی درطی سه دهه آینده در بسیاری از اراضی زراعی حاصل خیز دنیا به سقف پتانسیل عملکرد خواهد رسید(Cassman, 1999). به نقل از محققان مختلف(1995) Calderini *et al* عنوان داشته اندکه از زمان پیشرفت در تکنیک‌های اصلاح‌نباتات در طی قرن بیستم، عملکرد به‌طور موفقیت‌آمیزی در محیط‌های مختلف افزایش یافته است. این افزایش عمدتاً بر پایه آزمون و خطا برای عملکرد بوده است. دانه غلات تنها بخشی از کل بیوماس تولید شده را تشکیل می‌دهد. مطالعاتی که تا به حال انجام شده است، به وضوح حاکی است که عملکرد اقتصادی زیاد ارقام جدید با عملکرد زیاد بیولوژیک آنها همبستگی دارد به شرط آن‌که بیوماس اندام هوایی تولید شده عمدتاً به تولید دانه اختصاص یافته باشد (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۳). پتانسیل برای اجزای عملکرد در مراحل ابتدایی دوره زندگی گیاه با تنظیم تعداد دانه در خوشه انجام می‌شود. با افزایش دانه در هر خوشه و افزایش وزن دانه ممکن است تراکم جمعیت و پنجه‌دهی محدود گیاه جبران شود (Anderson,1986). اجزای عملکرد در سورگوم تعداد گیاه در متر مربع، تعداد خوشه در هر گیاه، تعداد دانه در هر خوشه و وزن هر دانه معرفی شده است (Fageria *et al* .,1999) که در این رابطه تعداد گیاه در مترمربع بستگی به جوانه‌زنی و بنیه بذر، مقدار بذر مصرفی، عمق بذرکاری، تاریخ کاشت، اثر عوامل محیطی و روابط درون و بین گونه‌ای دارد. تعداد دانه در هر خوشه نیز به توانایی ژنتیکی ارقام در تشکیل خوشه، طول خوشه، تعداد خوشه‌چه، شرایط آب و هوایی در زمان گرده‌افشانی، تلقیح و تشکیل خوشه، اندازه و فعالیت سیستم فتوسنتزی در زمان تشکیل خوشه و ظرفیت انتقال مواد فتوسنتزی به سنبله بستگی دارد. وزن تک دانه آخرین جزء از عملکرد است که در طی مراحل نمو حاصل می‌گردد (Dipenbrock, 2000). به‌رغم تنوع ژنتیکی موجود برای این صفت، انتخاب برای وزن دانه بالا بر سایر اجزای عملکرد تأثیر منفی دارد. میانگین وزن دانه تحت تأثیر ژنوتیپ و تنش های مختلف قرار گیرد (Bingham *et al* ., 2007)، از سوی دیگر وزن هر دانه، با اندازه و مدت فعالیت سیستم فتوسنتزی، ظرفیت حمل مواد فتوسنتزی به دانه‌ها، مدت تشکیل دانه، شرایط اقلیمی در زمان پر شدن دانه و وقوع بیماری‌ها و آفات ارتباط دارد (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۳). عقیده بر این است که افزایش عملکرد در ارزن و سورگوم دانه ای تأثیرپذیر از همه اجزای عملکرد است، اما در مورد سورگوم دانه ای افزایش وزن دانه تأثیر آشکارتری خواهد داشت (Maman *et al*., 2004). وزن دانه اساساً برای جبران نقص اجزای عملکرد اولیه افزایش می‌یابد و در چنین شرایطی مقدار افزایش آن می‌تواند به‌عنوان یک مشخصه مهم برای رقم محسوب شود (Fischer *et al*., 1978). البته باید توجه داشت که بین میانگین وزن تک دانه با تعداد دانه در مترمربع معمولاً یک همبستگی منفی وجود دارد(Slafer *et al*., 1996). با مطالعه اجزای عملکرد سورگوم دانه‌ای نشان داده شده است که تعداد خوشه در هر مترمربع نیز وابسته به اجزای عملکرد می‌باشد که باعث تغییر عملکرد می‌شود (Larson & Vanderlip, 1994). از طرف دیگر، افزایش تعداد دانه در مترمربع، خواه از طریق افزایش تعداد خوشه در مترمربع حاصل شود و خواه از طریق تعداد دانه بیشتر در هر خوشه، پیش

Archive of SID

www.SID.ir

نیاز عملکرد بالا است. معمولاً بین عملکرد و تعداد دانه در مترمربع همبستگی بالایی وجود دارد. این مورد در گندم (Gales ,1983) , (Evans 1978)، جو (Yun *et al.*, 2008) و سورگوم (Kouressy *et al.*, 2008) صادق است. اجزای عملکرد معمولاً به‌طور کامل یکدیگر را جبران نمی‌کنند. هنگامی‌که حدود ۲۰٪ سنبلچه‌های سورگوم از پایه خوشه حذف شد، تعداد دانه به‌طور کامل جبران گردید، درصورتی‌که وقتی سنبلچه‌های قسمت فوقانی خوشه حذف شد، بویژه هنگام شروع گل دهی و تشکیل دانه‌ها، هیچ‌گونه جبرانی صورت نگرفت (Hamilton *et al.*, 1982).

Moral *et al* (2003) مشخص کرد که برای افزایش عملکرد دانه حدی وجود دارد و افزایش بیش از آن آهسته و محدود خواهد بود. به این ترتیب می توان دریافت که چگونه آن‌دسته از اجزای عملکرد که در مراحل بعدی رشد مشخص می‌شوند، می‌توانند تلفات آن‌دسته از اجزای عملکرد را که قبلاً مشخص شده‌اند، جبران کنند. البته انتخاب برای عملکرد از طریق اجزای عملکرد به طور وسیع به کار نمی‌رود. بر طبق نظر Frey (1971) دلیل عدم استفاده از این روش آن است که اولاً رابطه بین اجزای عملکرد همیشه خطی نیست، ثانیاً رابطه بین عملکرد و اجزای آن در اثر شرایط محیطی تغییر می‌کند و بالاخره اینکه گاهی اوقات ارزیابی اجزای عملکرد از خود عملکرد مشکل‌تر است. دلیل عدم اعتماد به اجزای عملکرد، ظرفیت جبرانی ذاتی آنهاست. به این ترتیب Adams (1982) پی برد که اجزای عملکرد لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) که شامل تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف و وزن دانه است، با یکدیگر همبستگی منفی دارند، اما این همبستگی دارای ماهیت ژنتیکی نیست، زیرا وقتی گیاهان با فاصله ۴۵ سانتیمتر از یکدیگر کشت شدند با کاهش رقابت درون گونه ای، همبستگی منفی از بین رفت. از طرفی، وقتی که گیاهان با فاصله ۷/۵ سانتی‌متر از یکدیگر کشت شدند، به علت تشدید رقابت هر سه جزء عملکرد دارای همبستگی منفی با یکدیگر بودند.

بنابراین عملکرد دانه سورگوم که صفتی مرکب از اجزای مختلف است، نهایتاً ساختار عملکردی کاملاً انعطاف‌پذیر را ایجاد می‌نمایند. بنابراین بمنظور بررسی دقیق‌تر عملکرد دانه در گیاه سورگوم، به بررسی اجزای عملکرد اصلی در این گیاه پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش در بهار و تابستان سال ۱۳۸۷ در مزرعه مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (کرج)، با موقعیت جغرافیایی ۵۱ درجه و ۶ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا به اجرا درآمد. محل اجرای طرح دارای اقلیم سرد و نیمه‌خشک می‌باشد. متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۲۷۵ میلی متر است که با زمستان‌های سرد جزو مناطق سرد کم باران به‌شمار می‌رود. متوسط درجه‌حرارت سالیانه در این منطقه ۱۴ الی۱۶ درجه سانتیگراد است. همچنین میزان تبخیر سالیانه حدود ۷۹۱/۸ میلی متر گزارش شده است. بافت خاک محل اجرای آزمایش از نوع رسی- شنی است. خاک این مزرعه در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری دارای pH برابر ۷/۵ و هدایت الکتریکی ۷/۲ دسی زیمنس بر متر می‌باشد. بر اساس نتیجه تجزیه شیمیایی میزان عناصر شیمیایی در خاک مزرعه آزمایشی شامل: کربنات کلسیم ۰/۹٪، کربن آلی ۰/۵درصد، نیتروژن کل ۰/۰۵درصد، فسفر قابل جذب ۸/۲ میلی گرم در کیلوگرم و پتاسیم قابل جذب ۲۹۵ میلی گرم در کیلوگرم بود.

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و در زمینی به مساحت ۱۷۵۰ مترمربع

Archive of SID

www.SID.ir

به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش، ده ژنوتیپ سورگوم دانه‌ای شامل: KGS_5، KGS_{11}، KGS_{12}، KGS_{15}، KGS_{23}، KGS_{24}، KGS_{25}، KGS_{31}، $ICSV_{274}$ و UT_{378B} بودند. هشت ژنوتیپ از ژنوتیپ های مورد بررسی که با حروف KGS مشخص شده‌اند، در بخش ذرت و گیاهان علوفه‌ای در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اصلاح شده‌اند و دو ژنوتیپ دیگر از مرکز تحقیقات بین المللی سورگوم در هندوستان (ICRISAT[1]) می‌باشد. تمامی ژنوتیپ های مورد بررسی غیرهیبرید می‌باشند. هر تکرار آزمایش دربرگیرنده ده تیمار بوده و در مجموع ۴۰ واحد آزمایشی حاصل گردید. هر کرت آزمایشی شامل ۴ پشته ۷ متری به فاصله ۶۰ سانتی‌متر از یکدیگر بودند.

عملیات آماده‌سازی بستر بذر شامل شخم، تسطیح زمین و آماده‌سازی ردیف‌های کاشت توسط فاروئر انجام شد. بدین ترتیب که در پاییز شخم عمیق و در بهار شخم سطحی انجام شد. میزان کود مصرفی بر مبنای ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار و ۲۵۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم در هکتار محاسبه گردید به‌طوری‌که نیمی از کود اوره و تمامی کود فسفات آمونیوم قبل از کاشت به خاک اضافه گردید. پس از انجام تسطیح و با استفاده از فاروئر، پشته‌هایی به عرض ۶۰ سانتی‌متر در زمین ایجاد شد. باقی‌مانده کود اوره در زمانی که ارتفاع بوته ها به ۴۰ سانتی متر رسیده بود، به‌صورت سرک مورد استفاده قرار گرفت. ژنوتیپ های مورد بررسی در تاریخ ۲۶ اردیبهشت ماه کشت شدند. تراکم بوته برای تمامی ژنوتیپ ها یکسان و معادل ۱۶/۷ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. به منظور دست‌یابی به این تراکم در زمان کاشت مقدار بذر مورد استفاده بیش از مقدار بذر مورد نیاز بود و سپس در مرحله ۶ برگی اقدام به تنک بوته‌های اضافی و رساندن به تراکم مورد نظر گردید.

به منظور سبز شدن یکنواخت بذور کاشته شده، آبیاری اول بلافاصله پس از کاشت و آبیاری دوم به فاصله ۵ روز صورت پذیرفت و آبیاری های بعدی در طول فصل رشد ۷ روز یک بار بوده و به گونه‌ای صورت گرفت که هیچ‌گونه علائم تنش خشکی در گیاهان مشاهده نگردد. به منظور مبارزه با علف‌های هرز موجود در مزرعه، وجین دستی انجام گرفت. علف‌های هرز غالب در مزرعه شامل پیچک (*Convolvulus arvensis*)، قیاق (*Sorghum halepense*) و اویارسلام ارغوانی (*Cyperus rotundus*) بودند.

تاریخ برداشت برای تمامی ژنوتیپ ها یکسان (۲۵ مهرماه ۱۳۸۶) بود. به منظور محاسبه عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، عملیات برداشت از دو ردیف میانی هر کرت صورت پذیرفت. بدین منظور، تمامی بوته های موجود در دو ردیف میانی هر کرت آزمایشی به طول ۶/۵ متر (مجموعاً سطحی معادل ۷/۸ مترمربع) با حذف حاشیه، برداشت و بلافاصله توزین گردید. سپس خوشه ها از بوته ها جدا گردیدند و نهایتاً پس از جداسازی، دانه ها توزین و عملکرد دانه تعیین شد. از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت محاسبه گردید. به‌منظور اندازه‌گیری اجزای عملکرد، ۴ بوته به‌طور تصادفی از هر کرت آزمایشی برداشت و ارتفاع بوته و اجزای عملکرد مشتمل بر تعداد بوته در متر مربع، تعداد خوشه در هر بوته، تعداد دانه در هر خوشه و وزن هزار دانه، در آنها اندازه‌گیری شد. پس از جداسازی خوشه‌چه‌ها از خوشه و شمارش آنها، دانه‌ها نیز از خوشه‌چه جدا و تعداد آنها در هر خوشه محاسبه شد. همچنین جهت تعیین وزن هزار دانه، تعداد هزار عدد دانه جدا گردیده و توزین شدند.

1- International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics

Archive of SID

www.SID.ir

بـه منظـور تجزیـه داده هـای حاصـل از آزمـایش در ابتدا داده های پرت احتمالی موجود، شناسـایی و حـذف گردیدنـد. سـپس بـا اسـتفاده از آزمـون نرمـالیتی[1] از نرمـال بـودن خطاهـای آزمایشـی اطمینان حاصل شد. در نهایت عمل تجزیه واریانس داده هـای حاصـله (داده هـای حاصـل از برداشـت نهـایی) بـا اسـتفاده از نـرم افـزار آمـاری SAS (SAS Institute, 2000) صـورت پـذیرفت و میانگین های به دست آمده بـا اسـتفاده از آزمـون چند دامنه ای دانکـن در سـطح احتمـال ۵ درصـد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

تجزیه واریانس داده هـا حـاکی از تـأثیر معنـی دار ژنوتیپ بر عملکرد دانـه سـورگوم بـود (جـدول ۱). مقایسه میانگین ها نشان داد که در بـین ژنوتیـپ هـای مـورد بررسـی، ژنوتیـپ KGS5 بـا ۹۸۹۵/۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین و ژنوتیـپ KGS31 بـا ۶۳۴۸/۲ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را تولید نمودند (جدول۲). ژنوتیپ KGS5 با تمـامی ژنوتیـپ هـا بـه غیـر از ژنوتیـپ هـای KGS23، KGS15 و KGS11 تفـاوت معنـی‌داری را از نظـر این صفت دارا بود. از طرف دیگر مشاهده مـی‌شـود که KGS5 که یک ژنوتیپ داخلی می‌باشد، نسـبت بـه دو ژنوتیـپ خـارجی ICSV274 و UT378B موفق‌تر عمل نموده اسـت. محققـین بسـیاری نیـز اقدام به مقایسه عملکرد دانه ژنوتیپ هـای مختلـف سـورگوم نمـوده‌انـد. در آزمـایش Gibson & Scheretz (1977) که طی آن ژنوتیـپ های مختلف سورگوم هیبریـد مـورد بررسـی قـرار گرفتند، مشخص شدکه ژنوتیـپ RS610 بـالاترین عملکرد دانه را تولید نمود. از طرف دیگـر مشـاهده گردید کـه حـداکثر عملکـرد دانـه تولیـد شـده در تحقیق حاضر با حداکثر عملکرد دانه گزارش شـده در آزمایش‌های دیگر توسط سایر محققـین تفـاوت دارد، که یکی از علت‌های آن را می‌توان در تفـاوت بین پتانسیل ژنتیکی ژنوتیپ ها در حصول عملکرد دانه مطلوب جستجو نمود. یکی از علت های بـالاتر بـودن عملکـرد دانـه در آزمـایش محققـین فـوق، هیبرید بودن رقم مورد بررسی بـوده اسـت. همـان طور که در اکثر تحقیقـات انجـام شـده در گیاهـان زراعی مختلف ثابـت شـده اسـت، هیبریداسـیون و پدیـده هتـروزیس گـامی مـؤثر در جهـت افـزایش عملکرد دانه گیاهان زراعی می‌باشد.

عملکرد بیولوژیک

اثر تیمار (ژنوتیپ) بر عملکـرد بیولوژیـک سـورگوم دانه ای معنی دار بود (جدول ۱). بر اساس مقایسـه میـانگین بـرخلاف آنچـه در مـورد عملکـرد دانـه مشاهده گردید، ژنوتیپ KGS23 بالاترین عملکـرد بیولوژیک را در مقایسه با سـایر ژنوتیـپ هـا تولیـد نمود. هرچند که تنها بـا ژنوتیـپ هـای KGS31 و KGS11 دارای تفاوت معنی‌داری بـود (جـدول ۲). کمتـرین عملکـرد بیولوژیـک متعلـق بـه ژنوتیـپ KGS11 و بـه مقـدار ۳۵۶۵۹ کیلـوگرم در هکتـار بود. چنان که مشاهده می‌شود، عملکـرد بیولوژیـک ژنوتیپ KGS5 که بیشترین عملکرد دانه را تولیـد نموده بود، ۴۱۰۷۲ کیلوگرم بیوماس در هکتار بود، به‌طوری‌که تفاوتی معادل ۹۹۵۱ کیلوگرم در هکتار را با برترین ژنوتیپ دارا بود. ژنوتیپ UT378B نیز پس از ژنوتیپ KGS23، بالاترین عملکرد بیولوژیـک را بـه خـود اختصـاص داد. بسـیاری از محققین دیگر نیز بر وجـود تفـاوت معنـی‌دار بـین ژنوتیـپ هـای مختلـف سـورگوم از نظـر عملکـرد بیولوژیک تأکید نموده‌اند که از آن جمله مـی‌تـوان به نتایج حاصل از آزمایش‌های(Cox *et. al.*, 1984) اشاره نمود.

1- Normality Test

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، و اجزاء عملکرد در ژنوتیپ های مختلف سورگوم دانه ای

منابع تغییر	d.f	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	تعداد دانه در خوشه	وزن هزار دانه
بلوک (تکرار)	۳	۳۳۷۵۸/۵۰ ns	۱۶۲۲۹۰۳۲۹/۶ ns	۳۵/۸۰۰ ns	۷۳۷۴۷۶/۵۶ ns	۰/۵۴۴۲ ns
تیمار (رقم)	۹	۴۴۱۵۷۸۳/۲۶ *	۸۱۲۳۵۷۸۳ *	۲۸/۹۲۸۱ *	۵۷۷۳۳۲/۱۱۵ *	۲۳/۱۶۴۰ ns
خطا	۲۷	۲۵۱۴۷۹/۷۰	۲۷۸۳۰۲۵۷	۴/۹۱۱۱	۲۰۳۸۲۲/۲۶	۱۷/۵۶۲۹
ضریب تغییرات (درصد)	-	۵/۷۱	۱۲/۰۲	۱۰/۸۳	۱۶/۶۹	۱۶/۳۶

* و ns به ترتیب نشان دهنده معنی دار بودن در سطوح احتمال ۵ درصد و عدم تفاوت معنی دار می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- مقایسه میانگین های عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و اجزای عملکرد در ژنوتیپ های مختلف سورگوم

ژنوتیپ	عملکرد دانه ($kg\ ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک ($kg\ ha^{-1}$)	شاخص برداشت (%)	تعداد دانه در خوشه	وزن هزار دانه (g)
KGS_5	۹۸۹۵/۸ a*	۴۱۰۷۲ abc	۲۴/۵۴ a	۲۸۷۹/۳ abc	۲۷/۲۸ ab
KGS_{23}	۹۶۳۳/۹ ab	۵۱۰۲۳ a	۱۸/۹۹ b	۲۵۱۰/۸ bc	۲۶/۵۸ ab
KGS_{15}	۹۵۸۹/۳ ab	۴۷۰۲۶ ab	۲۰/۱۷ b	۲۹۰۶/۳ abc	۲۴/۱۳ ab
KGS_{11}	۹۳۷۸ abc	۳۵۶۵۹	۲۷/۲۹ a	۲۷۴۴/۳ abc	۲۳/۵ ab
$ICSV_{274}$	۹۰۴۱/۷ bc	۴۵۸۹۴ ab	۲۰/۴۰ b	۳۳۰۳/۳ ab	۲۹ a
UT_{378B}	۸۹۴۳/۵ bcd	۴۹۵۱۴ a	۱۸/۸۹ b	۳۴۶۶/۷ a	۲۷ ab
KGS_{25}	۸۷۷۹/۸ cd	۴۷۶۷۳ ab	۱۸/۶۳ b	۲۴۴۵/۸ bc	۲۷ ab
KGS_{12}	۸۲۲۹/۲ de	۴۲۶۳۷ abc	۱۹/۴۷ b	۲۱۲۴/۵ c	۲۰/۴۳ b
KGS_{24}	۷۹۸۲/۱ e	۴۰۸۴۱ abc	۱۹/۱۲ b	۲۲۹۸/۵ c	۲۸/۲۶ ab
KGS_{31}	۶۳۴۸/۲ f	۳۸۵۰۲ bc	۱۶/۹۰ b	۲۳۶۶/۹ c	۲۲/۱۶ ab

* میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند.

شاخص برداشت

با استفاده از شاخص برداشت می‌توان یک برآورد ساده از پتانسیل عملکرد دانه سورگوم به دست آورد (Donald, 1962). نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) و مقایسه میانگین داده ها (جدول ۲) نشان می‌دهد که ژنوتیپ های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری را با یکدیگر از نظر شاخص برداشت دارا می‌باشند. به‌طوری‌که بین شاخص برداشت ژنوتیپ های KGS11 و KGS5 که به‌ترتیب بالاترین شاخص برداشت را تولید نمودند با مقدار مربوط به ژنوتیپ KGS31 که کمترین شاخص برداشت را به خود اختصاص داده بود، تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید، ولی بین سایر ژنوتیپ ها از نظر این صفت تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بالاتر بودن شاخص برداشت ژنوتیپ KGS11 (۲۷/۲۹٪) و ژنوتیپ KGS5 (۲۴/۵۴٪) را می‌توان به عملکرد دانه بالا و عملکرد بیولوژیک پایین آنها نسبت داد. همچنین پایین بودن شاخص برداشت ژنوتیپ KGS31 (۱۶/۹٪) به دلیل عملکرد دانه پایین این ژنوتیپ بوده است. مقایسه شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک ژنوتیپ های مختلف سورگوم در آزمایش حاضر بیان‌گر وجود یک رابطه منفی بین این دو صفت می‌باشد، به‌گونه ای که در مورد اکثر ژنوتیپ ها، آنهایی که عملکرد بیولوژیک بالاتری را تولید نموده بودند، شاخص برداشت پایین‌تری داشتند. به نژادگران سورگوم تلاش کرده‌اند ژنوتیپ‌های پاکوتاه را انتخاب کنند تا بتوانند شاخص برداشت را افزایش دهند (راشد محصل و همکاران، ۱۳۸۰). در غلات معرفی ژن‌های پاکوتاهی سبب گردید تا حجم بیشتری از مواد فتوسنتزی به گل‌آذین‌های بزرگ‌تر منتقل شده و صرف رشد دانه گردند، که این امر موجبات افزایش گام به گام در شاخص برداشت و به موازات آن افزایش در پتانسیل عملکرد را فراهم آورد. از مقایسه عملکرد دانه و شاخص برداشت ژنوتیپ های مختلف در آزمایش حاضر می‌توان دریافت که یکی از عوامل اصلی محدودیت در

Archive of SID

www.SID.ir

عملکرد سورگوم، شاخص برداشت می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که افزایش بیشتر در عملکرد این گیاه ارتباط بسیار نزدیکی با شاخص برداشت دارد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود ژنوتیپ های KGS31، KGS24 و KGS25 که کمترین شاخص برداشت را دارا می‌باشند، کمترین عملکرد دانه را نیز به خود اختصاص داده‌اند. همبستگی ژنوتیپی بین شاخص برداشت و عملکرد دانه به خوبی مورد بررسی قرار گرفته است (Fageria, 1992)، به‌طوری‌که انتخاب برای کاهش ارتفاع می‌تواند شاخص برداشت ذرت (Johanson *et al.*, 1986) و نیز سورگوم Goldswoethy (1970) را افزایش دهد. همچنین Kappor *et al* (1982) بین شاخص برداشت و عملکرد دانه تعداد زیادی از هیبریدهای ارزن (*Panicum milliaceum* L.) در محیط‌های مختلف همبستگی مثبتی را گزارش کردند. البته Yan (1991) که ۲۲ لاین برنج را مورد مقایسه قرار داد، همبستگی پایینی را بین شاخص برداشت و عملکرد گزارش نمود.

Gibson & Schertz (1977) تأکید کردند که افزایش شاخص برداشت در یک بیوماس معین یکی از اهداف مهم اصلاحی در سورگوم می‌باشد. این مسئله می‌تواند بیان‌گر این مطلب نیز باشد که در ژنوتیپ هایی که دارای عملکرد بیولوژیک بالایی می‌باشند، کماکان امکان افزایش بیشتر در شاخص برداشت در آینده از طریق برنامه‌های اصلاحی وجود دارد.

اجزای عملکرد

تعداد دانه در خوشه

بر اساس مقایسه میانگین داده ها، تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ های مختلف از نظر این صفت مشاهده می‌شود (جدول ۲). همان‌طور که جدول ۲ نشان می‌دهد، دو ژنوتیپ خارجی UT378B و ICSV274 بالاترین تعداد دانه در خوشه را تولید نمودند (به‌ترتیب ۳۴۶۶/۷ و ۳۳۰۳/۳ عدد)، ولی بر خلاف انتظار معمول، تولید تعداد زیاد دانه در خوشه منجر به عملکرد دانه بالا در این ژنوتیپ نگردید. این موضوع را می‌توان به عدم توانایی این دو ژنوتیپ در تولید و یا انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌های تشکیل شده نسبت داد که مقادیر شاخص برداشت این دو ژنوتیپ نیز تا حدودی مؤید این مسئله می‌باشد. از طرف دیگر دو ژنوتیپ KGS5 و KGS15 که به‌ترتیب رتبه‌های اول و سوم را از نظر عملکرد دانه تولیدی دارا بودند، توانستند تعداد بالایی دانه در خوشه را نیز تولید نمایند (به‌ترتیب ۲۸۷۹/۳ و ۲۹۰۶/۳ عدد). این امر نشان می‌دهد که یکی از صفات مهم در راستای دست‌یابی این دو ژنوتیپ به عملکرد دانه بالا، پتانسیل بالای تولید دانه در خوشه در این دو ژنوتیپ بوده است. همچنین مشاهده می‌شود که سه ژنوتیپ KGS31، KGS24 و KGS12 که پایین ترین عملکرد دانه را تولید نموده بودند، کمترین تعداد دانه در خوشه را به خود اختصاص دادند (به‌ترتیب ۲۳۶۶/۹، ۲۲۹۸/۵ و ۲۱۲۴/۵ عدد) در مجموع با مقایسه نتایج به‌دست آمده از این صفت و صفات مورد بررسی در قسمت های قبل می‌توان چنین عنوان نمود که تعداد دانه در خوشه نقش بسیار مهمی را در دست‌یابی به عملکرد دانه بالا در سورگوم ایفا می‌نماید، که این امر می‌تواند به‌نژادگران را در راستای معرفی تیپ ایده آل سورگوم یاری نماید. محققین دیگر نیز که به مطالعه این صفت در میان ژنوتیپ های مختلف سورگوم پرداخته‌اند، بر وجود تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ های مختلف تأکید نموده‌اند (Gambil & Borras, 2007).

Crauford & Peacock (1993) نیز عنوان نمودند که تغییر در فراهمی مواد فتوسنتزی حین و بلافاصله پس از بلوغ گرده‌افشانی منجر به تفاوت در تعداد خوشه و تعداد دانه در هر خوشه می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

وزن هزار دانه

تجزیه واریانس داده ها جدول ۱ و مقایسه میانگین ژنوتیپ ها جدول ۲ بر وجود تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ های مختلف از نظر این صفت دلالت دارد. ژنوتیپ ICSV274 با ۲۹ گرم، بالاترین وزن هزار دانه را در میان ژنوتیپ های مختلف به خود اختصاص داد. هرچند که فقط با ژنوتیپ KGS12 که کم‌ترین وزن هزار دانه را دارا بود، تفاوت معنی‌داری را نشان داد. همان‌طور که مشاهده می‌شود ژنوتیپ KGS5 که بالاترین عملکرد دانه را تولید نموده بود، توانست وزن هزار دانه بالایی را نیز تولید نماید (۲۷/۲۸ گرم) که نشان‌دهنده این مطلب است که وزن هزار دانه بالا یکی از علل برتری این ژنوتیپ از نظر عملکرد دانه بوده است. ژنوتیپ های KGS31 و KGS12 که به‌ترتیب در رتبه های آخر و هشتم از نظر عملکرد دانه بودند، وزن هزار دانه پایینی را نیز به خود اختصاص دادند (به‌ترتیب ۲۲/۱۶ و ۲۰/۴۳ گرم). با توجه به دو جزء اصلی مورد بررسی عملکرد دانه یعنی تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه به خوبی می‌توان نتیجه گرفت که برای آنکه یک ژنوتیپ بتواند نمود مناسب و موفقی را از نظر عملکرد دانه داشته باشد، نیاز است که از نظر اجزای عملکرد به‌ویژه تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه کارایی مناسبی را از خود نشان دهد.

Borras *et al* (2003) نیز بر نقش وزن هزار دانه بالا در حصول عملکرد دانه مطلوب در ذرت تاکید نموده‌اند.

Chamberlin *et al* (1982) نیز دریافتند که چنانچه بتوان توانایی فتوسنتزی گیاه در دوره پس از گلدهی را برای مدت طولانی تری حفظ نمود، دست‌یابی به وزن هزار دانه بالا امری آسان و میسر خواهد بود.

تعداد خوشه چه در خوشه

نتایج حاصل تجزیه واریانس جدول ۳ و مقایسه میانگین ها جدول ۴ تفاوت معنی‌داری را از نظر این صفت در بین ژنوتیپ های مختلف نشان داد. به‌طوری که ژنوتیپ KGS23 با ۷۲/۳۳ خوشه‌چه در هر خوشه برترین ژنوتیپ از نظر این صفت بود و به غیر از ژنوتیپ UT378B با سایر ژنوتیپ ها دارای تفاوت معنی‌دار بود. کمترین تعداد خوشه‌چه در هر خوشه به ژنوتیپ KGS24 تعلق داشت (۴۳/۴۱ عدد). بنابراین یکی دیگر از علت‌های پایین بودن تعداد دانه در خوشه در این ژنوتیپ را می‌توان به تعداد کم خوشه‌چه در خوشه در این ژنوتیپ نسبت داد. درباره ژنوتیپ KGS23 نیز باید عنوان نمود که تولید تعداد بالاتر خوشه‌چه در خوشه امکان تولید تعداد بیشتری دانه در خوشه را برای این ژنوتیپ فراهم نموده که این امر اثر خود را در عملکرد بالای دانه این ژنوتیپ نشان داده است. محققین دیگر نیز بر تأثیر مثبت این صفت در دست‌یابی به عملکرد بالای دانه در سورگوم تأکید نموده‌اند. Gambin & Borras (2005) نشان دادند که یکی از عوامل مهم در راستای افزایش عملکرد سورگوم، بالا بودن پتانسیل تولید تعداد مناسب سنبلچه در سنبله و خوشه‌چه در خوشه می‌باشد.

تعداد دانه در خوشه چه

نتایج مقایسه میانگین بر وجود تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ های مورد بررسی در این آزمایش از نظر تعداد دانه در خوشه‌چه تاکید دارد (جدول ۴). همانند آن چه در مورد تعداد دانه در خوشه مشاهده گردید، دو ژنوتیپ خارجی ICSV274 و UT378B به‌ترتیب با ۶۴/۲۷ و ۶۲/۵ دانه در خوشه‌چه، بالاترین مقدار این صفت را به خود اختصاص دادند، به‌طوری‌که دارای تفاوت معنی‌دار با ژنوتیپ های KGS15، KGS25، KGS23 و KGS12 بودند. در ارتباط با ژنوتیپ KGS5

Archive of SID

www.SID.ir

مشاهده می‌گردد که این ژنوتیپ جایگاه متوسطی را در میان ژنوتیپ های مختلف از نظر این صفت دارا بود، ولی از جدول ۲ چنین نتیجه‌گیری می‌شود که ژنوتیپ KGS23 عملکرد مناسبی را از نظر صفت تعداد دانه در خوشه‌چه نداشته است به‌طوری‌که با تعداد ۳۴/۶۴ دانه در هر خوشه‌چه در رتبه ماقبل آخر قرار گرفت. این نتیجه برخلاف نتیجه به‌دست آمده در رابطه با تعداد خوشه‌چه در خوشه می‌باشد. با توجه به آنکه تعداد دانه در هر خوشه حاصل ضربی از تعداد خوشه‌چه در هر خوشه و تعداد دانه در هر خوشه‌چه می‌باشد و همچنین در نظر گرفتن جایگاه متوسط این ژنوتیپ از نظر صفت تعداد دانه در خوشه در میان ژنوتیپ های مختلف، می توان چنین نتیجه‌گیری نمود که تعداد دانه در خوشه‌چه نقش مهم‌تری را در تولید تعداد بیشتر دانه در خوشه دارا است. کمترین تعداد دانه در خوشه‌چه به ژنوتیپ KGS12 تعلق داشت که به‌گونه ای مشابه با ژنوتیپ KGS23، این کمبود اثر خود را در تعداد دانه در خوشه و در نهایت عملکرد دانه نشان داد. علت عملکرد دانه کمتر در ژنوتیپ های KGS24 و KGS31 را می‌توان به رغم تولید تعداد بالای دانه در خوشه‌چه به عدم استطاعت آنها در پر کردن دانه نسبت داد. برخی محققین دیگر نیز بر همبستگی بین تعداد دانه در سنبلچه، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه در گندم تأکید نموده‌اند (Bingham, 1971).

تعداد دانه در مترمربع

ژنوتیپ های KGS15 و KGS24 به‌ترتیب با ۷۳۰۷۷ و ۳۴۵۹۶ دانه در مترمربع بیشترین و کمترین مقدار این صفت را به خود اختصاص دادند، به طوریکه بین آنها تفاوت معنی داری مشاهده گردید (جدول ۴). با دقت در اجزای عملکرد مورد بررسی در قسمت های قبل به خوبی می‌توان دریافت که علت اصلی بالا بودن تعداد دانه در مترمربع در این ژنوتیپ بالا بودن تعداد خوشه در مترمربع، تعداد دانه در خوشه و تعداد خوشه‌چه در هر خوشه بوده است. در ارتباط با ژنوتیپ UT378B نیز بالا بودن تعداد دانه در مترمربع را می‌توان با بالا بودن تعداد دانه در خوشه، تعداد خوشه‌چه در خوشه و تعداد دانه در خوشه‌چه مرتبط دانست. ژنوتیپ KGS24 نیز که از نظر اکثر اجزای عملکرد ضعیف عمل نموده است، به‌طور قابل انتظار، کم‌ترین تعداد دانه در مترمربع را تولید کرد. یکی از نتایج جالب توجه در آزمایش حاضر برتری ژنوتیپ KGS5 از نظر عملکرد دانه برخلاف تعداد بسیار کم دانه در مترمربع در این ژنوتیپ می‌باشد. این مسئله بیش از پیش اهمیت بالا بودن شاخص برداشت این ژنوتیپ در تولید عملکرد بالای دانه را نشان می دهد به‌طوری که وزن هزار دانه این ژنوتیپ نیز مؤید این مسئله می‌باشد.

وزن خوشه

همان‌گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، بالاترین وزن خوشه را دو ژنوتیپ ICSV274 و UT378B به‌ترتیب با مقادیر ۹۳/۴۴ و ۹۲/۳۸ گرم در بوته به خود اختصاص دادند. کم‌ترین وزن خوشه نیز به ژنوتیپ KGS12 با مقدار ۴۸/۳۲ گرم در بوته تعلق داشت. به راحتی می‌توان دریافت که علت اصلی بالا بودن وزن خوشه در دو ژنوتیپ ICSV274 و UT378B به تعداد زیاد دانه در خوشه در این دو ژنوتیپ مربوط می‌شود که خود متأثر از تعداد دانه در خوشه‌چه و تعداد خوشه‌چه در خوشه می‌باشد. به‌طور مشابه ژنوتیپ KGS12 که کم‌ترین مقادیر تعداد دانه در خوشه و تعداد دانه در خوشه چه را به خود اختصاص داده بود، کم ترین وزن خوشه را نیز دارا بود. در ارتباط با عملکرد ضعیف ژنوتیپ KGS31 در مورد این صفت نیز می توان علت اصلی آن را به پایین بودن تعداد خوشه چه در خوشه در این ژنوتیپ نسبت داد. البته ذکر این نکته ضروری است که وزن خوشه

Archive of SID

www.SID.ir

خـــود از دو جـــزء وزن دانـــه در خوشـــه و وزن چـوب خوشـه تشـکیل شـده اسـت و اینکـه چـه میـزان از مـواد فتوسـنتزی بـین ایـن دو مقصـد رشد تخصـیص یابنـد، صـفتی ژنتیکـی مـی‌باشـد. Gibson & Schertz (1977) عنـوان نمودنـد کـه تخصـیص مـواد فتوسـنتزی بـین دانـه و چـوب در خوشه در غلات صفتی ژنتیکی می‌باشد و ژنـوتیپی که بتواند تخصیص مواد فتوسنتزی به خوشه را بـه نفع دانه تغییر دهد می تواند عملکرد دانـه بـالاتری را نیز تولید نماید.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اجزای ثانویه عملکرد در ژنوتیپ های مختلف سورگوم دانه ای

منابع تغییر	d.f	تعداد خوشه چه در خوشه	تعداد دانه در خوشه چه	تعداد دانه در متر مربع	وزن خوشه
بلوک (تکرار)	۳	۰/۳۸۷۷ ns	۱۵۸/۷۴۲۶ ns	۱۴۰۷۰۲۶۹۹ *	۲۲۸/ ۲۰۰ ns
تیمار (رقم)	۹	۲۱۵/۹۶۲۷ *	۲۱۷/۹۹۵۳ *	۳۲۶۹۰۸۸۹۹ *	۶۰۹/۰۴۶۱ *
خطا	۲۷	۱۶/۵۴۹۹	۵۵/۲۴۶۶	۶۴۳۱۳۴۳۴	۶۹/۶۰۷۰
ضریب تغییرات (درصد)	-	۷/۰۶	۱۵/۲۲	۱۴/۹۸	۱۱/۸

*و ns به ترتیب نشان دهنده معنی دار بودن در سطوح احتمال ۵ درصد و عدم تفاوت معنی دار می‌باشد.

جدول۴- مقایسه میانگین اجزای ثانویه عملکرد در ژنوتیپ های مختلف سورگوم دانه ای

ژنوتیپ	تعداد خوشه‌چه در خوشه	تعداد دانه در خوشه‌چه	تعداد دانه در متر مربع	وزن خوشه ($g.plant^{-1}$)
KGS_5	۵۷/۳۳ cde*	۵۰/۱۴ abcde	۴۸۷۰۰ c	۷۸/۲۷ bc
KGS_{23}	۷۲/۳۳ a	۳۴/۶۴ de	۵۷۶۰۹ bc	۷۰/۸۷ cd
KGS_{15}	۶۳/۸۳ bc	۴۵/۷۵ bcde	۷۳۰۷۷ a	۶۶/۷۸ cd
KGS_{11}	۵۶/۲۵ cde	۴۸/۶۲ abcde	۴۹۴۶۸ c	۶۵/۱۹ cd
$ICSV_{274}$	۵۱/۳۳ e	۶۴/۲۷ a	۵۳۳۶۹ bc	۹۳/۴۴ a
UT_{378B}	۶۶/۸۳ ab	۶۲/۵۰ ab	۶۶۱۳۲ ab	۹۲/۳۸ ab
KGS_{25}	۵۵/۲۵ de	۴۳/۹۹ cde	۵۱۹۱۲ bc	۶۹/۱ cd
KGS_{12}	۶۰/۲۵ bcd	۳۳/۵۲ e	۵۰۲۸۴ c	۴۸/۳۲ e
KGS_{24}	۴۳/۴۱ f	۵۲/۷۷ abc	۳۴۵۹۶ d	۶۵/۹۷ cd
KGS_{31}	۵۰/۲۵ ef	۵۱/۷۷ abcd	۵۰۱۰۶ c	۵۶/۱۶ de

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری نهایی

در مجموع، نتایج آزمایش حاضر نشان دادند که شاخص برداشت یکی از عوامل اصلی محدود کننده در عملکرد دانه در سورگوم می‌باشد، به طوری که افزایش بیشتر در عملکرد دانه این گیاه ارتباط بسیار نزدیکی با افزایش شاخص برداشت دارد. این مسئله بیانگر این مطلب نیز می‌باشد که در ژنوتیپ هایی که دارای عملکرد بیولوژیک بالایی می باشند، امکان افزایش بیشتر در شاخص برداشت از طریق برنامه های اصلاحی وجود دارد. همچنین، مشخص گردید که دو جزء اصلی عملکرد دانه در گیاه سورگوم یعنی تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه نقش مهمی را در حصول عملکرد بالای دانه بر عهده دارند، به طوری که برای آنکه یک ژنوتیپ بتواند نمود مناسب و موفقی را از نظر عملکرد دانه داشته باشد، نیاز است که از نظر اجزای عملکرد به‌ویژه تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه کارایی مناسبی را از خود نشان دهد.

منابع

آقاعلیخانی، م. و م. ح. عصاره. ۱۳۸۳. مبانی بوم‌شناسی در تولیدات گیاهی. تالیف: سینکلر و گاردنر، (۲۰۰۴). انتشارات سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی. ۲۸۹ص.

راشد محصل، م. ح.، م. حسینی، م. عبدی و ع. ملافیلابی. ۱۳۸۰. زراعت غلات. تالیف: استاسکوف، ۲۰۰۱. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۶ ص.

کوچکی،ع. و م. بنایان اول. ۱۳۷۳. فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. تالیف: پیتر، ج.، و. سرنی و ل. روسکا. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۳۸۰ص.

Adams, M. W. 1982. Plant Architecture and Yield Breeding. Iowa State Journal of Agricultural Science. 30: 11 - 24.

Anderson, W. K. 1986. Some relationships between plant population, yield components and grain yield of wheat in a Mediterranean environment. Australian Journal of Agricultural Research. 37: 219 – 233.

Bingham, J. 1971. Physiological objectives in breeding for grain yield in wheat. Proceedings 6th Congress EUCARPIA, Cambridge, England.

Bingham, I. J., J. Blake, M. J. Foulkes, and J. Spink. 2007. Is barley yield in the UK sink-limited. I. Post-anthesis radiation interception, radiation use efficiency and source-sink balance, Field Crops Research. pp. 198 – 211.

Borras, L., M. E. Westgate, and M. E. Otegui. 2003. Control of kernel weight and kernel water relations by post-flowering source-sink ratio in Maize. Annals of Botany. 91: 857 - 867.

Calderini, D. F., M. F. Dreccer, and G. A. Slafer. 1995. Genetic improvement in wheat yield and associated traits. A re-examination of previous results and the latest trends. Plant breeding. 114: 108 - 112.

Cassman, K. G. 1999. Ecological intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture. Proceedings National Academy of Science (USA). 96: 5952 - 5959.

Chamberlin, R. J. and G. L. Wilson. 1982. Development of yield in two grain sorghum hybrids. I. Dry weight and carbon- 14 studies. Australian Journal of Agricultural Research. 33:1009 - 1018.

Cox, T. S., L. R. House, and K. J. Frey. 1984. Potential of wild germplasm for increasing yield of grain sorghum. ICRISAT. Euphytica. 33: 673 - 684.

Archive of SID

www.SID.ir

Gambin, B. L. and L. Borras. 2007. Plasticity of sorghum kernel weight to increased assimilate availability. Field Crops Research. 100: 272 - 284.

Gibson, P. T. and K. F. Schertz. 1977. Growth analysisn of a sorghum hybrid and its parents. Crop Science. 17: 387 - 391.

Goldsworthy, P. R. 1970. The growth and yield of tall and short sorghums in Nigerian Journal of Agricultural Science. (Camb.) 75: 109- 22.

Hamilton, R. I., B. Subramanian, M. N. Reddy, and C. H. Rao. 1982. Compensation in grain yield components in a panicle of rainfed sorghum. Annals of Applied Biology. 101: 119 - 25.

Johnson, E. C., K. S. Fischer, G. O. Edmeades, and A. F. E. Palmer. 1986. Recurrent selection for reduced plant height in lowland tropical maize. Crop Science. 26: 253 - 60.

Kapoor, R. L., H. P. Yadav, P. Singh, I. S. Khairwal, and B. N. Dahiya. 1982. Genetics of harvest index, grain yield and biological yield of pearl millet. Indian Journal of Agricultural Research. 52: 630 - 3.

Kouressy, M., M. Dingkuhn , M. Vaksmann, and A. B. Heinemann. 2008. Adaptation to diverse semi-arid environments of sorghum genotypes having different plant type and sensitivity to photoperiod. Agricultural and Forest Meteorology. 148: 357 - 371.

Larson, E. J. and R. L. Vanderlip. 1994. Grain sorghum yield response to nonuniform stand reductions. Agronomy Journal. 86: 475 - 477.

Maman, N., S. C. Mason, D. J. Lyon, and P. Dhungana. 2004. Yield Components of Pearl millet and Grain Sorghum across Environments in the Central Great Plains. Crop Science. 44: 2138 - 2145.

Craufurd, P. Q. and J. M. Peacock. 1993. Effect of heat and drought stress on sorghum. II. Grain yield. Australian Journal of Experimental Agriculture. 29: 77 - 86.

Diepenbrock, W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. Field Crops Research. 67: 35 - 49.

Donald, C. M. 1962. In search of yield. Journal of Australian Institute of Agricultural Science. 28: 171 - 178.

Evans, L. T. 1978. The influence of irradiance before and after anthesis on grain yield and its components in microcrops of wheat grown in a constant daylength and temperature regime. Field Crops Research. 1: 5 - 19.

Fageria, N. K. 1992. Maximizing Crop Yield. Dekker Publication, New York.

Fageria, N. K., V. C. Baligar, and C. A. Jones. 1991. Growth and Mineral Nutrition of Field Crops. Marcel Dekker, INC. New York.

Fischer, R. A., and D. H. R. Lambers. 1978. Effect of environment and cultivar on source limitation to grain weight in wheat. Australian Journal of Agricultural Research. 29: 443 - 58.

Frey, K.J. 1971. Improving crop yields through plant breeding. p. 15–58. In J.D. Eastin and R. D. Munson (ed.) Moving off the yield plateau. ASA Spec. Publ. 20. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.

Gales, K. 1983. Yield variation of wheat and barley in Britain in relation to crop growth and soil conditions- a review. Journal of Science of Food and Agriculture. 34: 1085 - 1104.

Gambin, B. L., and L. Borras. 2005. Sorghum kernel weight: Growth patterns from different positions within the panicle. Crop Science. 45: 553 - 561.

Archive of SID

www.SID.ir

Ciudad Obregon, Sonora (Mexico). ISBN 968- 6923- 69- 1. p. 101- 133.

Yan, W. 1991. China, s earliest rice agriculture remains. Bulletin of Indo-Pacific Prehistory Association. 10: 118 - 26.

Yun Li, Q., H. B. Niu, J. Yin, M. B. Wang, H. B. Shao, D. Z. Deng, X. X. Chen, J. P. Ren, and Y. C. Li. 2008. Protective role of exogenous nitric oxide against oxidative-stress induced by salt stress in barley (*Hordeum vulgare*). Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, Volume 65, Issue 2, 1 September 2008, Pages 220 - 225.

Moral, L. F., Y. Rharrabtia, D. Villegas, and C. Royo. 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under mediterranean conditions. Agronomy Journal. 95: 266 - 274.

SAS Institute, 2000. The SAS System for Windows, Release 8. 0. Statistical Analysis Systems Institute, Carry, NC.

Slafer, G. A., D. F. Calderini, D. J. Mralles. 1996. Yield components and compensation in wheat: Opportunities for further increasing yield potential. Proceedings of a Workshop,

Archive of SID

www.SID.ir