

بررسی روابط برخی شاخص‌های رشد و عملکرد پنج هیرید ذرت در دو رژیم آبیاری در منطقه اصفهان

جواد نوری اظهر و پرویز احسان‌زاده^۱

چکیده

تبیین رابطه احتمالی بین شاخص‌های فیزیولوژیک رشد و عملکرد گیاهان زراعی، در مدیریت تولید گیاهان زراعی حائز اهمیت می‌باشد. بدین منظور پژوهشی در سال ۱۳۸۳، با پنج هیرید ذرت شامل سینگل کراس‌های ۷۰۴، ۶۴۷، ۷۰۰، ۶۰۴ و ۳۰۱ به صورت دو آزمایش جداگانه، هر کدام در قالب یک طرح بلوک کامل تصادفی با ۴ تکرار، یکی در محیط بدون تنش (آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر) و دیگری در محیط تحت تنش خشکی (آبیاری پس از ۱۰۵ میلی‌متر تبخیر) در اصفهان به اجرا در آمد. تراکم ۹۵۰۰۰ بوته در هکتار (فاصله روی ردیف ۱۵ و بین ردیف ۷۰ سانتی‌متر) استفاده شد. تنش خشکی اثر معنی‌داری بر صفات حداکثر شاخص سطح برگ (LAI_{max})، دوام سطح برگ (LAD)، دوام سطح برگ در مرحله خطی رشد (LAD_{Linear})، دوام سطح برگ از گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک (LAD_{s-m}) و روز تا کاکل دهی به جای گذاشت. نتایج به دست نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین سرعت رشد محصول طی مرحله خطی (CGR_{Linear}) با LAD_{Linear}، LAI_{max} و LAD_{s-m} وجود داشت. عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت معنی‌داری با LAI_{max} و LAD_{s-m} نشان داد. همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری بین عملکرد و اجزای عملکرد شامل تعداد بلال در بوته، تعداد دانه در بلال، تعداد دانه در متر مریع و هم‌چنین شاخص برداشت به دست آمد که در این بین، تعداد دانه در متر مریع بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه نشان داد. همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه نشان دادند. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که اگرچه افزایش LAI_{max} منجر به افزایش CGR_{Linear} و در نتیجه افزایش تولید ماده خشک می‌گردد، اما با عنایت به آن که همبستگی معنی‌داری بین تولید ماده خشک و شاخص برداشت وجود نداشت، ظاهراً در ژنتیک‌های مورد مطالعه و در شرایط مطالعه حاضر، تسهیم زیست توده به بخش اقتصادی عملکرد کل، ضرورتاً با وضعیت LAI این ژنتیک‌ها هم‌روند نمی‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ذرت، شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ، سرعت رشد محصول، عملکرد

مقدمه

منفرد ژن‌های معمولاً غیر مشخص می‌باشد) (۲۴). عملکرد ماده خشک گیاهان زراعی نتیجه جذب خالص دی اکسید کربن در طول دوره رشد گیاه می‌باشد. از آنجا که جذب دی اکسید کربن به کمک جذب انرژی خورشید میسر می‌باشد و صرف نظر از تغییرات در توزیع تابش خورشیدی در طول فصل رشد، تفاوت عملکرد و تولید ماده خشک بین گیاهان مختلف ممکن است در

عملکرد ویژگی پیچیده‌ای است که ظهور آن بستگی به کارکرد و واکنش‌های بسیاری از فرایندهای ترکیبی فیزیولوژیک، به ویژه اجزای محدودکننده‌ای دارد که با رقم تغییر می‌کنند. عملکرد به عنوان یک ویژگی که به صورت ژنتیک کمی کنترل می‌شود طبقه بنده شده است (تحت تأثیر ژن‌های زیاد با اثرات

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۳- سرعت انتقال و توزیع مواد فتوستتری به اندام‌ها و ۴- تعداد و اندازه دانه‌ها و ظرفیت آنها از نظر تجمع مواد فتوستتری (۶ و ۲۵). در برخی موارد نتایج آزمایش‌ها، فرض رابطه مثبت بین LAI و عملکرد دانه را تأیید و در موارد دیگری رد می‌کنند. این مطلب تا حدودی به علت وجود بافت‌های سبز فعال در فتوستتر در اندام‌هایی به غیر از برگ‌ها مثل سنبله‌ها و اجزای آن (پوشینک‌ها و ریشک‌ها در غلات) است که احتمالاً به هنگام تخمین LAI در نظر گرفته نمی‌شوند. به این ترتیب چون سنبله تأمین بخش قابل توجهی از مواد فتوستتری را به عهده می‌گیرد، کل سطح فعال فتوستتری بُعد متفاوتی پیدا می‌کند (۶).

در کوشش برای افزایش پتانسیل عملکرد گیاهان زراعی، تعیین فاکتورهای فیزیولوژیک محدود کننده عملکرد اهمیت دارد. در این راستا بایستی تعیین کرد که آیا رشد اندام‌های برداشتی به وسیله فراهمی مواد اولیه محدود شده است (مبدأ محدود است) یا به وسیله ظرفیت اندام‌ها برای جذب و استفاده از مواد قابل دسترس برای رشد (مقصد محدود است) (۱۱). در حالی که در ارتباط با محدودیت عملکرد دانه، برخی محققان نتیجه گرفته‌اند که مقصد محدود کننده است، برخی دیگر محدودیت مبدأ را به عنوان عامل محدود کننده عملکرد دانه بیان نموده‌اند. محققان دیگری پیشنهاد کرده‌اند که هم مقصد محدودیت مبدأ و هم محدودیت مقصد ممکن است صورت پذیرد (۲۳). در واقع، ترکیب ویژه ژنتیک و محیط تعیین می‌کند که کدام نوع محدودیت، غالب باشد. حل این مشکل که آیا مبدأ محدود کننده است یا مقصد، در بسیاری از موارد مشکل است، چرا که تقاضا برای مواد فتوستتری به منظور ذخیره، می‌تواند اثر بازخورد بر میزان فتوستتر داشته باشد (۱۴)، به گونه‌ای که با کاهش میزان تقاضا، مقدار فتوستتر بیشتر از میزان تقاضا کاهش یابد و باعث شود که حتی پر شدن دانه‌های باقیمانده و افزایش کل ماده خشک گیاه به وسیله فراهمی مواد پرورده تحت تأثیر قرار گیرد (۱۱). از آنجا که رشد و نمو گیاه لاجرم در معرض محیط صورت می‌گیرد، همیشه امکان آن وجود دارد که گیاهان زراعی در معرض تنفس‌های محیطی قرار گیرند. خشکی، یک خطر بزرگ برای تولید موفقیت آمیز محصولات

اثر عوامل عمده‌ای همچون میزان جذب انرژی خورشیدی و بازده استفاده از آن برای تشییت دی اکسید کربن صورت پذیرد (۲). گرافیوس (۱۶) نیز بیان می‌کند که مستقیماً ژن‌هایی برای عملکرد وجود ندارد. کترول ژنتیکی عملکرد از طریق کترول اجزای فیزیولوژیک که برای ایجاد عملکرد فعل و انفعال دارند و به صورت غیر مستقیم صورت می‌گیرد.

آنالیز رشد گیاه وسیله‌ای است که امروزه در زمینه‌های مختلف مانند اصلاح گیاهان، فیزیولوژی و اکولوژی گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۰). سطح برگ یک جزء فیزیولوژیک عملکرد در تولید عملکرد و سرعت رشد گیاه زراعی (Crop Growth Rate) (CGR) است که خود ویژگی‌های پیچیده‌ای دارد و اجزای اصلی آن تعداد برگ و اندازه برگ هستند. مجموع سطح برگ یک بوته به ازای واحد سطح زمین Leaf Area (Leaf Area Index (LAI) گویند (۲). LAI در تعیین درصد تابش خورشیدی جذب شده به وسیله هر گیاه مهم است و بنابراین رشد گیاه و عملکرد نهایی ماده خشک را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۶). رشد و تمایز اندام‌های رویشی و زایشی در طی فصل رشد روی می‌دهد و این فرایندها مقدار تولید زیست توده، توزیع آن و از همه مهم‌تر تجمع مواد در بخش اقتصادی را تعیین می‌کنند. بنابراین تشکیل عملکرد را بایستی در ارتباط با تمامی عوامل و فرایندهای مرتبط با تولید زیست توده کل و جزء مهم اقتصادی آن- معمولاً عملکرد دانه- در نظر گرفت. اطلاعات بیولوژیک و زراعی زیادی در مورد هریک از عوامل کترول کننده اندازه یا فعالیت اندام‌های سهیم در عملکرد بالا وجود دارد. شناخت روابط متقابل بین تمامی عوامل و در نظر گرفتن واکنش سیستم پیچیده تولید پوشش گیاهی به تغییر هر یک از عوامل، جهت توسعه یک سیستم زراعت موفق حائز اهمیت است (۶).

به طور کلی در گیاهان زراعی که تولید دانه آن‌ها مدنظر است حصول عملکرد بیولوژیک و اقتصادی بالا نیازمند موازنی صحیح بین عوامل زیر است: ۱- اندازه و دوام سیستم فتوستتری، ۲- راندمان و کارایی دستگاه فتوستتر کننده،

مخصوص ظاهری این خاک $1/3$ گرم بر سانتی‌متر مکعب و pH آن حدود $7/5$ گزارش شده است (۴). ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی به ترتیب حاوی مقدار رطوبت 20 و 11 درصد وزنی می‌باشند. براساس آزمون صورت گرفته، خاک مزرعه در عمق $0-60$ سانتی‌متری دارای 12 میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک، 308 میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک و $0/1$ درصد نیتروژن بود. زمین محل آزمایش در سال قبل زیر کشت لوبيا بود. عملیات تهیه بستر شامل شخم پاییزه، دوبار دیسک بهاره و تسطیح زمین و ایجاد جوی و پشنthe توسط فاروئر بود. هر کرت آزمایشی شامل 8 ردیف کاشت شش متری با فاصله بین ردیف‌های کاشت 70 و فاصله دو بوته روی ردیف کاشت 15 سانتی‌متر بود. ژنتیپ‌های مورد بررسی شامل پنج هیبرید ذرت سینگل کراس $1,301$ ، 604 ، 647 و 700 و 704 بودند. عملیات کاشت در تاریخ 31 اردیبهشت‌ماه 1383 انجام و بلا فاصله آبیاری صورت گرفت. برای مبارزه با علف‌های هرز، علف‌کش ارادیکان به صورت پیش رویشی همراه با آبیاری اول به مقدار 6 لیتر در هکتار استفاده و در سه نوبت اقدام به وجین دستی شد. این مطالعه به صورت دو آزمایش مجزا هر یک در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار، یکی به شکل محیط بدون تنفس (آبیاری بعد از 70) و دیگری تحت تنفس خشکی (آبیاری بعد از 105 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) به اجرا درآمد. البته تا زمان استقرار کامل گیاهچه‌ها هر دو آزمایش با هم آبیاری گردیدند و در تاریخ اول تیرماه، تنفس خشکی در آزمایش دوم شروع و تا پایان فصل رشد اعمال گردید. کود نیتروژن دار اوره به صورت سرک و در دو مرحله $6-7$ برگی (مرحله به ساقه رفت) و مرحله گرده‌افشانی هر بار به میزان 125 کیلوگرم در هکتار به زمین آزمایش داده شد. نمونه‌برداری‌ها با رعایت حاشیه از ردیف‌های دوم و چهارم انجام گرفت و دو ردیف ششم و هفتم جهت اندازه‌گیری عملکرد نهایی ماده خشک و عملکرد و اجزاء عملکرد دانه منظور شدند. از ابتدای فصل رشد پنج بوته متواالی در یکی از ردیف‌های هر کرت به صورت تصادفی مشخص شده، تمامی

زراعی در سرتاسر جهان است (۳). کمبود آب زمانی در گیاه اتفاق می‌افتد که میزان تعرق و دفع آب بیش از جذب آن باشد. نتیجتاً در اثر خشکی ایجاد شده، ترکیبی از عوامل فیزیکی و محیطی باعث تنفس در داخل گیاه شده، در نهایت تولید را کاهش می‌دهند (۳). تنفس خشکی در طی مراحل مختلف نموی ذرت می‌تواند عملکرد نهایی دانه را به درجات مختلف کاهش دهد. میزان کاهش عملکرد تنها به شدت استرس بستگی ندارد بلکه به مرحله نمو گیاه هم بستگی دارد (۹). کم آبیاری در اوایل رشد رویشی به طور ملایم LAI ارتفاع گیاه، CGR، جذب ازت و تولیدزیست توده را کاهش می‌دهد. کم آبیاری در اواخر رشد و در مرحله رشد زایشی، این پارامترهای رشد را به شدت کاهش می‌دهد (۱۹). فرایندهای توسعه برگ تحت تأثیر هر گونه کمبود جزئی آب می‌باشد، بنابراین اگر چه کمبود آب اثر کمی بر میزان ظهور برگ دارد اما به طور قابل توجهی کل سطح برگ را از طریق کاهش توسعه و افزایش میزان پیری برگ‌ها کاهش می‌دهد (۹).

هدف از این مطالعه، بررسی همبستگی بین LAI_{max} LAD_{s-m} و LAD_{Linear} LAD (Leaf Area Duration)، CGR_{Linear} با عملکرد ماده خشک، عملکرد دانه و اجزاء عملکرد دانه ذرت و هم‌چنین همبستگی بین طول دوره رسیدگی ژنتیپ‌های ذرت با هر کدام از شاخص‌های سرعت رشد گیاه زراعی و میزان و وضعیت احتمالی تغییر در شاخص‌های فوق در اثر تنفس خشکی طی دوره رشد ذرت تحت دو رژیم مختلف آبیاری بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال 1383 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در منطقه لورک شهرستان نجف آباد با عرض جغرافیایی $32^{\circ} 32' E$ و $32^{\circ} 51' N$ شمالی و طول جغرافیایی $51^{\circ} 05' E$ درجه و 23 دقیقه شرقی اجرا گردید. ارتفاع مزرعه از سطح دریا 1630 متر بوده، طبق تقسیم‌بندی کوپن دارای اقلیم نیمه خشک و خنک با تابستان‌های خشک می‌باشد. خاک محل آزمایش دارای بافت لومی‌رسی و عموماً از رده آریدیسول می‌باشد (۷). وزن

به عملکرد بیولوژیک در واحد سطح برحسب ماده خشک بدون رطوبت تبدیل شد. شاخص برداشت بهوسیله تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک در واحد سطح با رطوبت صفر درصد محاسبه و برحسب درصد بیان شد. آنالیز واریانس با عنایت به همگنی واریانس در دو آزمایش به صورت مرکب انجام گرفت که در آن برای تست اثر محیط از اثر بلوك (محیط) و برای تست اثر زنوتیپ و اثر متقابل، از واریانس خطأ استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) صورت پذیرفت. جهت محاسبات آماری از نرم افزار SAS و برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل استفاده شد.

نتایج و بحث

تفاوت هیبریدها از نظر LAI_{max} بسیار معنی‌دار بود. میانگین LAI_{max} در دو محیط آزمایشی $4/2$ متر مربع برگ بر متر مربع سطح بود، به گونه‌ای که سینگل کراس‌های 604 و 700 به ترتیب با $4/72$ و $4/63$ بیشترین و سینگل کراس 301 با $3/51$ کمترین LAI_{max} را دارا بودند. شریف‌زاده (۴) بیان کرد که تفاوت LAI سینگل کراس‌های 711 و 604 معنی‌دار نبود، که دلیل آن را بیشتر بودن تعداد برگ‌های سینگل کراس در مقایسه با سینگل کراس 711 ، به رغم بزرگ‌تر بودن برگ‌های سینگل کراس 711 ذکر کرد. در عین حال طالیبان مشهدی (۵) ضمن بیان وجود اختلاف بین شاخص سطح سبز سینگل کراس 711 ، 604 و 301 ، اظهار داشت که شاخص سطح سبز سینگل کراس 711 بیش از سینگل کراس 604 و آن هم بیش از سینگل کراس 301 بود. در مطالعه میرالیس و همکاران (۱۸) بر روی آفتابگردان، هیبرید دارای دوره رشد طولانی‌تر از نظر LAI و LAD بعد از گل‌دهی و LAD کل نیز برتر از سایر هیبریدها بود. در این پژوهش LAI_{max} به طور معنی‌داری تحت تأثیر تنفس قرار گرفته، به طوری که متوسط آن از $4/51$ در محیط بدون تنفس به $3/89$ در محیط تنفس کاهش یافت. محققان گزارش کردند که تنفس خشکی از طریق کاهش تولید و رشد (۹) و افزایش پیری برگ‌ها (۹ و ۲۶) LAI را کاهش می‌دهد. هیبریدها

مراحل نمو براساس نظر ریچی و همکاران (۲۱) اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری شاخص‌های رشد اندازه‌گیری دو عامل سطح برگ و وزن خشک در فواصل $8-10$ روز انجام و در مرحله چهار برگی آغاز شد. بدین صورت که ابتدا متوسط سطح برگ هر بوته روی پنج بوته متواالی از هر کرت و با رعایت حاشیه بهوسیله دستگاه پرتابل دیجیتال LI-Cor LI-3100 (LI-GR, Lincoln, NE) به صورت غیر تحریبی در مزرعه اندازه‌گیری شد، سپس جهت اندازه‌گیری وزن خشک، این پنج بوته از سطح زمین برداشت شده، خردشده، داخل پاکت کاغذی قرارداده شدند و به آزمایشگاه منتقل شدند و تا زمانی که وزن خشک آنها ثابت شود (۴۸ تا ۷۲ ساعت) در آون 75 درجه سانتی‌گراد خشک شده، میزان ماده خشک آنها توزین گردید. جهت محاسبه CGR_{Linear} از روز 38 تا 84 پس از کاشت، یک خط راست بر داده‌های وزن خشک برآذش داده شد و شبی خط به عنوان CGR_{Linear} در نظر گرفته شد. محاسبه متوسط LAD هر مقطع از حاصل ضرب میانگین LAI آن مقطع در طول دوره (برحسب هفته) آن مقطع محاسبه شد.

به منظور اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک و اجزای عملکرد و عملکرد دانه 20 بوته سالم در هر کرت (مساحتی برابر با $2/1$ متر مربع) پس از حصول رسیدگی فیزیولوژیک و با رعایت حاشیه در تاریخ پانزدهم مهرماه برداشت گردید. وزن تر این بوته‌ها یادداشت شد و بلال‌های آنها جهت اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد دانه شامل تعداد بلال در بوته (با عنایت به آلدگی ویروسی و عدم تولید بلال کامل در تعدادی از این گیاهان این صفت برحسب تعداد بلال بارور در بوته بیان می‌شود)، تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه، به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از انجام اصلاحات مربوط به مقدار رطوبت، عملکرد دانه برحسب رطوبت 12 درصد بیان شد. همچنین یک نمونه پنج بوته‌ای شامل تمام اندام‌های هوایی جهت خشک نمودن و تخمین درصد رطوبت، برداشت شده به آون آزمایشگاه منتقل شد. سپس درصد رطوبت محاسبه شده از وزن تر یادداشت شده کسر شد و وزن خشک 20 بوته محاسبه شد و

جدول ۱. مقایسه میانگین شاخص‌های رشد در هیریدهای ذرت در شرایط آب‌وهوای اصفهان

(g/m ² day)	CGR _{Linear}	(week)	LAD _{s-m}	(week)	LAD _{Linear}	(week)	LAD	LAI _{max}	هیرید
۱۸/۸۲ ^b		۱۶/۵۶ ^{bc}		۱۳/۸۶ ^{ab}		۳۰/۲۷ ^c		۴/۱۵ ^{b*}	S.C 704
۲۲/۲۱ ^{ab}		۲۱/۱۸ ^a		۱۵/۳۴ ^a		۳۶/۷۱ ^a		۴/۶۳ ^a	S.C 700
۲۴/۰۸ ^a		۱۶/۷۵ ^{bc}		۱۳/۱۷ ^{bc}		۳۰/۶۹ ^{bc}		۳/۹۹ ^b	S.C 647
۲۳/۱۳ ^a		۱۸/۳۳ ^b		۱۵/۴۴ ^a		۳۳/۸۲ ^{ab}		۴/۷۲ ^a	S.C 604
۲۴/۱۷ ^a		۱۵/۷۶ ^c		۱۱/۹۹ ^c		۲۶/۳۰ ^d		۳/۵۲ ^c	S.C 301
۳/۴۸		۲/۴۹		۱/۸۵		۳/۴۸		۰/۴۴	LSD (0.05)
محیط									
۲۶/۳ ^a		۲۰/۳۰ ^a		۱۴/۶۹ ^a		۳۵/۴۱ ^a		۴/۵۱ ^{a*}	بدون تنش
۱۸/۹۴ ^a		۱۵/۱۳ ^b		۱۳/۲۲ ^b		۲۷/۷۱ ^b		۳/۸۹ ^b	تنش
۸/۲		۱/۸		۱/۴۶		۳/۱۴		۰/۵۱	LSD (5 %)

*: در هر عامل آزمایشی و هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند. LAD_{s-m}: دوام سطح برگ از گردهافشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک، LAD_{Linear}: دوام سطح برگ در دوره رشد خطی، CGR_{Linear}: سرعت رشد محصول در دوره رشد خطی، می‌باشند.

تفاوت‌های بسیار معنی‌داری داشتند. میانگین LAD_{Linear} در کل آزمایش ۱۳/۹۶ بود، که سینگل کراس‌های ۶۰۴ و ۳۰۱ به ترتیب با ۱۵/۴۴ و ۱۲/۹۹ هفته، بیشترین و کمترین LAD_{Linear} را به خود اختصاص دادند (جدول ۱). در مورد این صفت نیز تفاوت سینگل کراس‌های ۶۰۴ و ۷۰۰ غیرمعنی‌دار بود. هم‌چنین میانگین LAD_{Linear} تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت، به طوری که با کاهش فراهمی آب، از ۱۴/۶۹ به ۱۳/۲۲ هفته به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. هیریدهای ذرت از نظر LAD از کاکل‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک (LAD_{s-m}) هم تفاوت بسیار معنی‌داری داشتند. سینگل کراس ۷۰۰ با ۲۱/۱۸ هفته، بیشترین و سینگل کراس ۳۰۱ با ۱۵/۷۶ هفته، کمترین LAD_{s-m} را دارا بودند (جدول ۱). میانگین این صفت در کل آزمایش ۱۷/۷۱ بود، که محیط بدون تنش با LAD_{s-m} برابر با ۲۰/۲۹ و محیط تنش با ۱۵/۱۳ هفته LAD_{s-m} متفاوتی از یکدیگر تولید کردند. همان‌گونه که سایر مطالعات (۱۲) نیز تأیید کردند، دوره از کاشت تا کاکل‌دهی با LAD_{Linear} و LAI_{max} تأثیر می‌رود که LAD نیز به واسطه محیط تنش کاهش یابد. هیریدهای مورد آزمایش در مورد LAD_{Linear} نیز با یکدیگر

از نظر متوسط LAD تفاوت‌های معنی‌داری با یکدیگر داشتند. میانگین این صفت به ۳۱/۵ هفته بالغ شد. سینگل کراس ۷۰۰ با ۳۶/۷ هفته، بیشترین و سینگل کراس ۳۰۱ با ۲۶/۳ هفته، کمترین LAD را داشتند. اگرچه سینگل کراس ۷۰۰ در صدر و سینگل کراس ۶۰۴ در رتبه دوم قرار گرفته‌اند، اما تفاوت این دو سینگل کراس معنی‌دار نبوده است (جدول ۱). طالیان مشهدی (۵) اظهار داشت که دوام سطح سبز سینگل کراس ۳۰۱ بیش از سینگل کراس‌های ۶۰۴ و ۷۱۱ بود و دلیل آن را سایه‌اندازی گسترده‌تر برگ‌های بالایی سینگل کراس ۷۱۱ بر برگ‌های پایینی و نتیجتاً تسریع پیری برگ‌ها در این سینگل کراس بیان کرد. تنش خشکی بر مقدار LAD نیز تأثیر معنی‌دار داشت. LAD از ۳۵/۴۱ هفته در محیط بدون تنش به ۲۷/۷۱ هفته در محیط تنش کاهش نشان داد. LAD ویژگی است که از LAI نشت می‌گیرد و از آنجا که محیط تنش، LAI را از طریق کاهش رشد و توسعه و افزایش پیری برگ‌ها تحت تأثیر قرار می‌دهد، لذا انتظار می‌رود که LAD نیز به واسطه محیط تنش کاهش یابد. هیریدهای مورد آزمایش در مورد LAD_{Linear} نیز با یکدیگر

جدول ۲. مقایسه میانگین شاخص برداشت، عملکرد دانه و بیولوژیک و اجزای عملکرد هیبریدهای ذرت در شرایط آب و هوایی اصفهان

عملکرد بیولوژیک هزار دانه (g) (kg/ha)	شاخص برداشت تعداد دانه در بال (kg/ha) (%)	تعداد دانه در بال	تعداد دانه در متر مربع	عملکرد دانه	تعداد بال در بوته		هیبرید
					تعداد بال در بوته	تعداد بال در بال	
۱۶۶۸۷ ^{Abc} S.C 704	۶۷۰۸/۵ ^b ۲۳/۳ ^c	۲۲۵۵/۶ ^b ۱۷۸۴/۷ ^c	۳۰۴/۲ ^b ۲۸۹/۹ ^b	۰/۷۶ ^b ۰/۶۴ ^c	۲۶۳/۱۴ ^a ۲۵۲/۸ ^{ab}	۱۹۱۶۰ ^a ۱۴۹۸۴ ^c	
۱۴۹۸۴ ^c S.C 647	۷۹۸۲/۶ ^a ۴۱/۶ ^a	۳۱۱۴/۱ ^a ۳۲۲۴/۳ ^a	۳۷۵/۰ ^a ۳۹۴/۸ ^a	۰/۸۸ ^a ۰/۸۵ ^{ab}	۲۳۰/۱۳ ^c ۲۴۷/۲۳ ^{abc}	۱۸۲۵۵ ^{Ab} ۱۶۴۴۹ ^{Bc}	S.C 604 S.C 301
۱۶۴۴۹ ^{Bc} LSD	۶۶۲۰/۱ ^b ۶/۲	۲۴۱۱/۵ ^b ۱۱۸۹/۴	۲۹۱/۰ ^b ۴۳۴/۴	۰/۸۷ ^{ab} ۰/۱۲	۲۴۰/۹۷ ^{bc} ۲۱/۱۹۴	۲۶۴۴/۵	
محیط							
۱۷۱۰۱ ^a بدون تنش	۷۵۰۷ ^a ۳۲/۸ ^a	۲۶۴۸ ^a ۲۴۶۷ ^a	۳۳۲/۶ ^a ۳۲۹/۳ ^a	۰/۸۲ ^a ۰/۷۸ ^a	۲۵۵/۶ ^a ۲۳۸/۱ ^a	۱۷۱۱۳ ^a ۴۹۴۰	تشن
۱۷۱۱۳ ^a LSD	۳۶۱۶	۱۱۸۹	۵۰/۳	۰/۲۸	۱۹/۸		

*: در هر عامل آزمایشی و هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۰/۰۵ فاقد تفاوت معنی دار می‌باشند.

که افزایش LAI از جمله اصلی‌ترین ابزارهای احتمالی جهت ارتقای ظرفیت فتوستزی و تولید مواد پرورده گیاهی است (۱). اگرچه اثر محیط تنش بر CGR_{Linear} معنی دار نبود اما این شاخص را به وضوح کاهش داد. پندی و همکاران (۱۹) کاهش CGR را در اثر تنش خشکی مشاهده نموده‌اند.

تفاوت هیبریدها از نظر عملکرد بیولوژیک معنی دار بود. سینگل کراس ۷۰۰ و سینگل کراس ۶۴۷ به ترتیب با ۱۹۱۶۰ و ۱۴۹۸۴ کیلوگرم در هکتار بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک را تولید کردند (جدول ۲). به طور کلی در آزمایش‌های دیگر محققان (۵ و ۷) نیز ارقام دیررس‌تر عملکرد بالاتری نسبت به سایر ارقام داشته‌اند. از طرف دیگر شریف‌زاده (۴) دریافت که وزن خشک بوته سینگل کراس ۶۰۴ در اکثر مراحل، بیشتر از سینگل کراس ۷۱۱ (هیبرید دیررس‌تر) بود. طالیان مشهدی (۵) اظهار داشت که اختلاف بین سینگل کراس‌های دیررس و زودرس از نظر تولید ماده خشک بعد از گرده‌افشانی زیاد شد. هم‌بستگی مثبت و معنی داری با LAI_{max} میانگین شاخص برداشت داد (۵). هم‌بستگی مثبت و معنی داری با CGR_{Linear} داد (۷).

بیانگر آن است که با افزایش طول این دوره، مقدار LAI_{max} افزایش می‌یابد که این خود بر LAD نیز تأثیر مستقیم داشته، باعث افزایش آن خواهد شد ($r=0/36*$). افزایش LAI_{max} همراه با طولانی‌تر شدن دوره کاشت تا کاکل دهی، احتمالاً در اثر افزایش تعداد برگ صورت گرفته است و از آنجا که گسترش برگ‌ها نیز در دوره انتقال تا کاکل دهی صورت می‌گیرد می‌توان انتظار داشت که افزایش طول این دوره افزایش سطح برگ را هم به دنبال داشته باشد و لذا هم‌بستگی LAD_{Linear} با کاشت تا CGR_{Linear} تفاوت معنی دار شد ($r=0/37*$). هیبریدهای مورد مطالعه از نظر CGR_{Linear} تفاوت معنی دار نشان دادند. CGR در واقع حاصل ضرب LAI در سرعت فتوستز خالص است. بدین ترتیب CGR که ارتباط بسیار نزدیکی با LAI دارد معمولاً همراه با افزایش LAI افزایش می‌یابد. CGR_{Linear} ضریب هم‌بستگی مثبت و بسیار معنی داری با LAI_{max} ($r=0/49**$) و با LAD ($r=0/51**$) نشان داد. اما ارتباط بین CGR_{Linear} و LAD_{s-m} مثبت و بسیار معنی دار ($r=0/48**$) و ارتباط بین LAD_{Linear} و CGR_{Linear} مثبت و معنی دار بود. گفته شده است

فتوستزی باعث شده که تعداد بیشتری از بلال‌ها موفق به تولید دانه شوند. تعداد بلال در بوته با ماده خشک تولیدی هم‌بستگی مثبتی نشان داد ($r=0.41^{**}$) که می‌تواند از هم‌بستگی آن با CGR_{Linear} ناشی شده باشد، چرا که اصولاً سرعت رشد بالاتر منجر به تولید ماده خشک بیشتر می‌گردد. هیریدهای مورد مطالعه از نظر تعداد دانه در بلال اختلافات بسیار معنی‌داری (در سطح 0.01) نشان دادند، به نحوی که هیریدهای میانرس در یک دسته و هیریدهای دیررس و زودرس در یک دسته دیگر قرار گرفتند. سینگل‌کراس 604 با حدود 395 دانه در بلال و سینگل‌کراس 700 با حدود 290 دانه به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد دانه در بلال را دارا بودند (جدول ۲). نتایج دیگر مطالعات نشان می‌دهد که با افزایش طول دوره رشد هیریدها تعداد دانه در بلال افزایش می‌یابد (4 و 5) که این افزایش عمدتاً از طریق افزایش تعداد دانه در ردیف در واریته‌های دیررس نسبت به واریته‌های زودرس می‌باشد (7). با این حال در مطالعه شریف‌زاده (4) تعداد دانه در بلال سینگل‌کراس 604 بیش از دو هیرید زودرس تر و دیررس تر به دست آمد.

در آزمایش حاضر می‌توان گفت که گذشته از دو سینگل‌کراس 700 و 704 که تعداد دانه (چه در بلال و چه در واحد سطح) آنها پایین و هم‌سطح سینگل‌کراس 301 بود، دو سینگل‌کراس 604 و 647 به دلیل افزایش طول دوره رشد تعداد دانه بیشتری نسبت به سینگل‌کراس 301 تولید کردند (جدول ۲). در واقع می‌توان این افزایش را به افزایش روز از کاشت تا کاکل‌دهی در دو سینگل‌کراس برتر نسبت داد، چرا که در این دوره تعداد بالقوه دانه و در نتیجه، اندازه مخزن شکل می‌گیرد. ضریب هم‌بستگی مثبت و بسیار معنی‌داری بین تعداد دانه در بلال و عملکرد دانه مشاهده شد ($r=0.64^{**}$). تعداد دانه در بلال اولین و مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده عملکرد در گیاه بوده، نمایانگر ظرفیت مقصد به شمار می‌رود (9).

محاسبه تعداد دانه در واحد سطح که حاصل ضرب تعداد بلال در واحد سطح و تعداد دانه در بلال است، ممکن است در توجیه تأثیر اجزای عملکرد در عملکرد دانه ذرت مفید واقع شود. هم‌بستگی بین CGR_{Linear} و تعداد دانه در بلال معنی‌دار

افزایش LAD نیز افزایش عملکرد بیولوژیک را به همراه داشت اما ضریب هم‌بستگی بین این دو صفت معنی‌دار نبود. از سوی دیگر ارتباط مثبت و معنی‌داری بین عملکرد بیولوژیک و LAD_{s-m} مشاهده شد که اهمیت خاص LAD در فاصله کاکل‌دهی تا رسیدگی را در تولید ماده خشک نشان می‌دهد. با توجه به هم‌بستگی LAI_{max} و عملکرد ماده خشک واضح است که LAI_{max} از طریق متوسط CGR با عملکرد ماده خشک ارتباط پیدا می‌کند. CGR_{Linear} نیز هم‌بستگی مثبتی با تولید ماده خشک نشان داد اما معنی‌دار نبود. در مطالعات دیگر نیز ارتباط بالای متوسط سرعت رشد و تجمع ماده خشک گزارش شده است (5 و 12) و بدین‌گونه متوسط سرعت رشد می‌تواند قسمت قابل توجهی از تغییرات وزن خشک را توجیه کند. ارتباط مثبت بین LAI_{max} و LAD با CGR_{Linear} می‌تواند ارتباط بین LAI_{max} و تولید ماده خشک را توجیه کند. میرالس و همکاران (18) با مطالعه روی آفتابگردان، هم‌بستگی مثبت و قوی بین حداکثر سرعت رشد محصول، LAD و عملکرد دانه مشاهده کردند.

تفاوت تعداد بلال در بوته در مجموع دو آزمایش در بین هیریدها بسیار معنی‌دار بود. اثر محیط و اثر متقابل ژنتیک و محیط روی این صفت معنی‌دار نشد. میانگین تعداد بلال تمامی هیریدها 0.8 بلال در بوته بود که سینگل‌کراس 700 و سینگل‌کراس 647 به ترتیب با دارا بودن 0.64 و 0.88 بلال در بوته کمترین و بیشترین تعداد بلال در بوته را دارا بودند (جدول ۲). تعداد بلال در بوته در مطالعه سایر محققان (4 ، 5 و 7) در بین هیریدهای متنوع از نظر طول فصل رشد، تفاوت محسوسی نداشت. با این حال در مطالعه طالیان مشهدی (5) سینگل‌کراس 301 تعداد بلال بیشتری نسبت به سینگل‌کراس‌های 711 و 604 داشت. ضریب هم‌بستگی بین تعداد بلال در بوته با CGR_{Linear} ($r=0.60^{**}$) مثبت و بسیار معنی‌دار بود اما از آنجا که تعداد بلال بارور به عنوان تعداد بلال در بوته آورده شده است این رابطه نشان از آن دارد که افزایش CGR_{Linear} باعث افزایش تعداد بلال بارور در بوته شده است. به عبارت دیگر فراهمی مواد

است که هیبریدهای دیررس‌تر وزن دانه بیشتری نسبت به هیبریدهای زودرس داشتند. وزن هزاردانه هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری با LAI_{r=0/36*} (LAD_{r=0/41**}) و LAI_{r=0/42**} (LAD_{s-m}_{r=0/43***}) نشان داد. این هم‌بستگی‌ها نشان از آن دارد که افزایش LAI و LAD به خصوص LAD_{s-m} به دلیل تأثیر مستقیمی که بر تولید مواد فتوستنتزی دارند تأثیر مثبتی بر وزن دانه خواهند داشت، چرا که تداوم فراهمی مواد فتوستنتزی باعث پر شدن کامل‌تر دانه‌های تشکیل یافته می‌گردد و مستقیماً می‌تواند بر عملکرد دانه تأثیر بگذارد. ول夫 و همکاران (۲۶) یک هم‌بستگی قوی مثبت بین وزن خشک دانه و مقدار LAD از گرده‌افشانی تا رسیدگی یافته، تأکید کردند که پیری برگ به اندازه تولید برگ در تعیین عملکرد دانه اهمیت دارد.

با افزایش عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه افزایش یافت ($r=0/46**$). از طرف دیگر وزن هزار دانه در هیبریدهای بالا بودکه تعداد دانه پایینی داشتند، پس می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در این هیبریدها افزایش نسبت مبدأ-مقصد باعث افزایش وزن هزار دانه (اندازه هر مقصد) بوده است. قابل ذکر است که رابطه منفی بین تعداد دانه و وزن هزار دانه معنی‌دار نگردد.

هیبریدهای مورد مطالعه از نظر عملکرد دانه در سطح احتمال ۰/۰۵ با تفاوت بسیار معنی‌دار نشان دادند. متوسط عملکرد دانه در مجموع دو آزمایش ۷۰۷۱ کیلوگرم در هکتار و حداقل و معادل حداقل آن به ترتیب مربوط به هیبریدهای ۶۰۴ و ۷۰۰ با ۸۹۶۱ و ۵۰۸۳ کیلوگرم بر هکتار بود (جدول ۲). در مطالعات سایر محققان (۴، ۵ و ۷) هیبریدها با دوره رشد طولانی‌تر، عملکرد دانه بالاتری تولید کردند. در مطالعه حاضر بروز برخی بیماری‌های ویروسی باعث برهم خوردن ترتیب ژنوتیپ‌ها در برخی صفات شد. از طرف دیگر نیز تولید پنجه زیاد در سینگل کراس ۷۰۰ باعث تولید ماده خشک زیاد شد اما این پنجه‌ها تولید دانه نداشتند و لذا عملکرد دانه این هیبرید کمتر از سایرین بود. ضریب هم‌بستگی بین عملکرد دانه و LAI نیز معنی‌دار و مثبت بود (جدول ۴). این نتیجه در مطالعات سایر

نشد اما این شاخص با تعداد دانه در متر مربع هم‌بستگی مثبت و بسیار معنی‌داری ($r=0/53**$) نشان داد.

اثر متقابل بین محیط و ژنوتیپ در مورد دو صفت تعداد دانه در بلال و تعداد دانه در متر مربع معنی‌دار شد. در محیط بدون تنفس سینگل کراس ۶۰۴ بیشترین و سینگل کراس ۷۰۴ دومین و سینگل کراس ۷۰۰ کمترین تعداد دانه در بلال را دارا بوده، اما در محیط تنفس سینگل کراس ۶۴۷ بیشترین، ۶۰۴ دوم و سینگل کراس ۳۰۱ کمترین تعداد دانه در بلال را دارا بودند که همین امر سبب معنی‌دار شدن اثر متقابل گردید (جدول ۳). در عین حال که در محیط تنفس تعداد دانه در متر مربع در سینگل کراس‌های ۷۰۴، ۶۰۴ و ۳۰۱ کاهش یافته، اما در سینگل کراس‌های ۷۰۰ و ۶۴۷ تعداد دانه در متر مربع نسبت به محیط بدون تنفس افزایش نشان داد.

هیبریدها از نظر وزن هزار دانه در سطح احتمال ۰/۰۵ با هم‌دیگر اختلاف معنی‌دار نشان دادند. اگر چه اثر تنفس خشکی روی وزن هزار دانه معنی‌دار نبود اما متوسط آن را به میزان ۱۷/۵ گرم کاهش داد. سینگل کراس‌های ۷۰۴ و ۶۴۷ به ترتیب با وزن هزار دانه، ۲۶۳/۱۴ و ۲۳۰/۱۳ گرم، سنگین‌ترین و سبک‌ترین دانه‌ها را تولید کردند (جدول ۲). با افزایش طول دوره رشد وزن دانه هیبریدها افزایش یافت و به این ترتیب هیبریدهای دیررس دانه‌های سنگین‌تری داشتند، با این حال هم‌بستگی بین طول دوره از کاشت تا رسیدگی با وزن هزار دانه معنی‌دار نبود ($r=0/25$).

در این مطالعه هم‌بستگی منفی ولی غیر معنی‌دار بین وزن هزار دانه و تعداد دانه در بلال ($r=-0/19$) مشاهده شد. تولسار و داینار (۲۳) هیچ تغییر معنی‌داری در وزن دانه به ازای تغییر در تعداد دانه ذرت مشاهده نکردند و بیان کردند که وزن دانه عمده‌تاً به طریقه ژنتیکی تعیین می‌گردد، ولی کلاسن و شاو (۱۰) مشاهده کردند که با کاهش تعداد دانه‌های نمو یافته، وزن دانه به صورت معنی‌داری افزایش یافت که این نتیجه با نتایج مطالعه حاضر سازگار است، با این حال در مطالعات انجام شده روی هیبریدهای ذرت (۴، ۵ و ۷) مشاهده شده

جدول ۳. میانگین اثرات متقابل محیط و ژنتیک برای تعداد دانه در بلال و در متر مربع، شاخص برداشت و عملکرد دانه هیریدهای ذرت در شرایط آب و هوایی اصفهان

عملکرد دانه (Kg/ha)	شاخص برداشت		تعداد دانه در مترمربع		تعداد دانه در بلال			
	تشن	بدون تشن	تشن	بدون تشن	تشن	بدون تشن	هیرید	
۵۹۱۸/۲ ^b	۷۴۹۸/۹ ^b	۳۱/۹ ^b	۳۷/۲ ^b	۲۰۴۹/۱ ^b	۲۴۶۲/۰ ^b	۲۶۵/۴ ^{bc}	۳۴۳/ ^a	S.C 704
۵۵۷۳/۱ ^b	۴۵۹۳/۶ ^c	۲۴/۶ ^b	۲۱/۹ ^c	۱۹۸۲/۶ ^b	۱۵۸۶/۸ ^c	۳۱۰/۱ ^b	۲۶۹/۶ ^a	S.C 700
۸۳۵۰/۱ ^a	۷۴۱۵/۱ ^b	۴۶/۰ ^a	۴۸/۹ ^a	۳۳۵۱/۲ ^a	۲۸۷۷/۱ ^b	۴۲۵/۴ ^a	۳۲۴/۶ ^a	S.C 647
۷۹۴۳/۵ ^a	۹۹۷۸/۷ ^a	۳۴/۰ ^b	۴۹/۲ ^a	۲۸۴۵/۳ ^a	۳۶۰۳/۳ ^a	۳۹۸/۸ ^a	۳۹۰/۷ ^a	S.C 604
۵۳۹۱/۳ ^b	۷۸۴۸/۹ ^b	۲۷/۹ ^b	۴۱/۳ ^{ab}	۲۱۱۰/۴ ^b	۲۷۱۲/۵ ^b	۲۴۶/۹ ^c	۳۳۵/۱ ^a	S.C 301
۱۷۶۹/۹	۱۷۸۱/۵	۹/۶	۸/۹	۶۱۰/۱۶	۶۸۴/۷۷	۵۵/۶	۸۱/۳۹	LSD

برای هر صفت میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ فاقد تفاوت معنی دار می‌باشند.

جدول ۴. ضرایب همبستگی بین صفات مختلف ذرت

صفت	۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
۱- عملکرد ماده خشک																۱/۰۰
-۲- عملکرد دانه																۱/۰۰ ۰/۵۴
-۳- شاخص برداشت																۱/۰۰ ۰/۸۴ ۰/۰۷
-۴- وزن هزار دانه																۱/۰۰ ۰/۰۹ ۰/۲۵ ۰/۴۷
-۵- دانه در متر مربع																۱/۰۰ -۰/۰۱ ۰/۸۵ ۰/۹۶ ۰/۴۲
-۶- دانه در بلال																۱/۰۰ ۰/۷۴ -۰/۱۹ ۰/۵۹ ۰/۶۶ ۰/۲۱
-۷- بلال در بوته																۱/۰۰ ۰/۲۱ ۰/۸۰ ۰/۱۴ ۰/۷۳ ۰/۸۱ ۰/۴۱
CGR _{Linear} -۸																۱/۰۰ ۰/۶۱ ۰/۱۶ ۰/۰۳ ۰/۱۳ ۰/۰۱ ۰/۰۲ ۰/۰۵
LAI-۹																۱/۰۰ ۰/۴۹ ۰/۱۷ ۰/۲۰ ۰/۲۷ ۰/۳۷ ۰/۱۷ ۰/۳۴ ۰/۴۱
LAD-۱۰																۱/۰۰ ۰/۸۶ ۰/۵۱ ۰/۰۰ ۰/۰۹ ۰/۰۷ ۰/۴۱ ۰/۱۰ ۰/۱۵ ۰/۲۸
LAD _{s-m} -۱۱																۱/۰۰ ۰/۹۴ ۰/۷۶ ۰/۴۸ -۰/۰۳ ۰/۰۱ ۰/۰۰ ۰/۴۳ ۰/۰۲ ۰/۰۹ ۰/۳۲
LAD _{Linear} -۱۲																۱/۰۰ ۰/۶۸ ۰/۷۸ ۰/۸۸ ۰/۳۷ ۰/۱۰ ۰/۰۷ ۰/۱۵ ۰/۴۳ ۰/۱۳ ۰/۲۳ ۰/۳۱
۱۳- جوانه‌زنی																۱/۰۰ ۰/۴۵ ۰/۱۸ ۰/۳۲ ۰/۴۵ ۰/۲۹ ۰/۳۵ ۰/۲۶ ۰/۳۹ ۰/۱۷ ۰/۲۸ ۰/۴۳ ۰/۳۸
۱۴- انتقال مریستم																۱/۰۰ ۰/۲۷ ۰/۱۸ ۰/۱۳ ۰/۱۵ ۰/۱۶ -۰/۰۲۳ -۰/۰۲۳ ۰/۲۰ -۰/۰۲ ۰/۲۰ -۰/۱۲ ۰/۰۱ ۰/۱۹
۱۵- کاکل‌دهی																۱/۰۰ ۰/۴۹ ۰/۲۴ ۰/۳۷ ۰/۲۱ ۰/۳۶ -۰/۰۲۵ -۰/۰۲۹ ۰/۲۳ -۰/۰۳ ۰/۱۵ -۰/۰۴ ۰/۰۰ ۰/۰۹
۱۶- رسیدگی فیزیولوژیک																۱/۰۰ ۰/۸۵ ۰/۴۲ ۰/۱۵ ۰/۳۱ ۰/۳۹ ۰/۴۳ ۰/۱۴ -۰/۰۳۶ -۰/۰۱۰ ۰/۰۲۶ -۰/۰۱۲ -۰/۰۰۵ ۰/۱۸ ۰/۰۹۵ ۰/۱۸ ۰/۰۹

قدر مطلق اعداد بزرگ‌تر از ۳۲٪ در سطح ۵٪ و بزرگ‌تر از ۳۹٪ در سطح ۱٪ معنی دار می‌باشند.

تفاوت‌های بسیار معنی‌داری از نظر شاخص برداشت در بین هیریدها در مجموع دو آزمایش مشاهده شد. میانگین شاخص برداشت در مجموع $36/3$ درصد بود که سینگل‌کراس 647 و سینگل‌کراس 700 به ترتیب با $47/5$ و $22/3$ درصد بیشترین و کمترین شاخص برداشت را از خود بروز دادند (جدول ۲). سایر مطالعات (۴، ۵ و ۷) نشان می‌دهند که هیریدهای زودرس‌تر با تسهیم بیشتر ماده خشک به دانه‌ها، شاخص برداشت زیادتری دارند. طالبیان مشهدی (۵) دلیل این امر را کوچک‌تر بودن حجم شاخ و برگ در ارقام زودرس می‌داند. در مورد این صفت، اثر تقابل محیط و ژنتیک معنی‌دار شد (جدول ۳). محیط تنفس با این‌که سبب کاهش شدید شاخص برداشت در دو سینگل‌کراس 604 و 301 شد ولی باعث کاهش کمی در دو سینگل‌کراس 704 و 647 و حتی افزایش جزئی در سینگل‌کراس 700 شد و احتمالاً همین امر سبب معنی‌دار شدن اثر متقابل محیط و ژنتیک گردید.

ضریب همبستگی شاخص برداشت و عملکرد دانه مثبت و بسیار معنی‌دار شد ($0/83^{**}$)، این امر نشان دهنده آن است که افزایش شاخص برداشت می‌تواند یک راه مؤثر در افزایش عملکرد دانه باشد. ادمیلز و همکاران (۱۳) همبستگی قوی و مثبتی بین شاخص برداشت و عملکرد دانه ذرت تحت شرایط خشکی یافتند و افزایش شاخص برداشت تحت رژیم خشکی را به رشد سریع بلال و افزایش تسهیم مواد فتوستزی به بلال نسبت دادند. اما لیو و همکاران (۱۷) با مطالعه بر روی سویا گزارش کردند که هیچ گونه همبستگی معنی‌داری بین شاخص برداشت و عملکرد دانه وجود نداشت. در مطالعه حاضر شاخص برداشت ارتباط معنی‌داری با عملکرد بیولوژیک نشان نداد. این امر از آنجا ناشی می‌شود که هر چند با افزایش ماده خشک، عملکرد دانه نیز افزایش یافته است اما هیچ روند ثابتی در تغییر شاخص برداشت مشاهده نمی‌شود. این در حالی است که همبستگی منفی بالایی بین شاخص برداشت و عملکرد ماده خشک در زمان گرده‌افشانی در مطالعه طالبیان مشهدی (۵) و بین شاخص برداشت و تولید نهایی ماده خشک در مطالعه

محققان (۱۵) هم بیان شده است. بررسی ضرایب همبستگی نشان داد که ارتباط مستقیم LAI و عملکرد دانه از طریق ارتباط مثبت و معنی‌دار LAI با وزن هزار دانه صورت گرفته است. از آنجا که LAI عموماً در زمان گرده افشاری و کاکل دهی ذرت به حداقل خود می‌رسد، بالا رفتن سطح برگ در این زمان باعث بالا رفتن میزان فتوستز شده، در اثر افزایش مواد فتوستزی، سرعت تجمع ماده خشک بالاتر منجر به تولید ماده خشک و عملکرد دانه بالاتر می‌گردد. در مطالعه لیو و همکاران (۱۷) بر روی سویا، تجمع بیشتر ماده خشک، LAI و LAD در دوره رشد زیادی، همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشتند. هم‌روندی مثبت بین LAD و عملکرد دانه در سایر غلات شامل گندم (۱۵)، یولاف و سورگوم (۸) مشاهده شده است.

بیشتر بودن CGR_{Linear} منجر به عملکرد دانه زیادتری شد که به نظر می‌رسد دلیل آن افزایش فراهمی مواد فتوستزی بوده که خود باعث حرکت بیشتر مواد فتوستزی به دانه‌ها شده است. از طرف دیگر با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌داری که بین CGR_{Linear} و تعداد دانه در واحد سطح وجود دارد می‌توان این همبستگی را واسطه همبستگی عملکرد دانه و CGR_{Linear} دانست. تاکایی و همکاران (۲۲) با مطالعه روی برنج دریافتند که تفاوت‌های ژنتیکی در CGR در اوخر دوره زیادی با عملکرد دانه به شدت مرتبط می‌باشد. آنها اضافه کردند که تولید ماده خشک در این دوره برای تعیین تعداد سنبلاچه در واحد سطح زمین به عنوان یک مقصد قوی بسیار مهم است. آنها بیان کردند که هیریدهای با عملکرد دانه بالا، سرعت رشد بالایی در زمان تشکیل سنبلاچه‌ها داشتند. بنابراین حصول یک مقصد قوی هم زمان با تولید ماده خشک زیاد در این زمان، پیش‌نیاز تولید بالای عملکرد دانه است.

اثر متقابل ژنتیک و محیط در ورد عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). در محیط غیر تنفس ژنتیک 604 بیشترین، سینگل‌کراس 647 دومین و سینگل‌کراس 700 کمترین عملکرد دانه را داشتند اما در محیط تنفس سینگل‌کراس 647 بیشترین، 604 دومین و 301 کمترین عملکرد دانه را تولید نمودند.

مطالعه حاضر می‌توان نتیجه گرفت که مقدار شاخص برداشت عمده‌تاً توسط عواملی نظیر عوامل محیطی و رابطه بینمبدأ و مقصد فیزیولوژیک تعیین می‌شود.

قدردانی

هزینه اجرای این تحقیق به وسیله دانشگاه صنعتی اصفهان تأمین شده است. از راهنمایی‌های آقایان دکتر عبدالمجید رضایی و دکتر خورشید رزمجو در جریان انجام آزمایش تشکر می‌گردد. تأمین بذور هیرید ذرت توسط مرکز تهیه و اصلاح بذر کرج (آقای مهندس نباتی) و همچنین آقای مهندس ابراهیم رضایی صورت گرفته است که قدردانی می‌گردد.

یزدان‌دست همدانی (۷)، گزارش شده، که دلیل آن را کاهش شاخص برداشت با وجود افزایش تولید ماده خشک در سینگل‌کراس‌های دیررس ذکر کرده‌اند (۵ و ۷).

با عنایت به نتایج به دست آمده بالا می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که با افزایش سرعت رشد محصول، عملکرد دانه افزایش یافت اما با افزایش LAI_{max} تنها تا یک حد مشخص، عملکرد دانه افزایش یافت و پس از آن با افزایش LAI_{max} ، عملکرد دانه تغییر قابل توجهی پیدا نکرد. همبستگی عملکرد نهایی ماده خشک قوی‌تر از همبستگی عملکرد دانه با دو صفت LAI_{max} و CGR_{Linear} بود. همبستگی معنی‌داری بین وزن دانه با LAD ، LAI_{max} و LAD_{s-m} وجود داشت. شاخص برداشت همبستگی معنی‌داری با CGR_{Linear} نشان داد. در شرایط

منابع مورد استفاده

۱. امام، ی. و. م. نیک نژاد. ۱۳۷۳. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز.
۲. سرمندیا، غ. و. ع. کوچکی. ۱۳۷۶. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
۳. سرمندیا، غ. و. ع. کوچکی. ۱۳۷۱. جنبه‌های فیزیولوژیک زراعت دیم. جهاد دانشگاهی مشهد.
۴. شریف‌زاده، ف. ۱۳۷۰. اثرات تراکم بوته بر رشد عملکرد و اجزای عملکرد هیریدهای ذرت. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۵. طالبیان مشهدی، م. ۱۳۷۲. اثر فاصله ردیف کاشت و تراکم بوته بر رشد و نمو، عملکرد و اجزای عملکرد سه هیرید ذرت در منطقه اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۶. کوچکی، ع. و. م. بنیان اول. ۱۳۷۳. فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
۷. یزدان‌دست همدانی، م. ۱۳۷۵. بررسی رشد، اجزای عملکرد و عملکرد هیریدهای ذرت دانه‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
8. Borrel, A. K., G. L. Hammer and R. G. Henzell. 2000. Does maintaining green leaf area in sorghum improve yield under drought? II. Dry matter production and yield. Crop Sci. 40: 1037-1048.
9. Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Res. 89: 1-16.
10. Claassen, M. M. and R. H. Show. 1970. Water deficit effects on corn. II. Grain component. Agron. J. 62: 652-655.
11. Cruz-Aguado, J. A., F. Reyes, R. Rodes, I. Perez and M. Dorado. 1999. Effect of source to sink ratio on partitioning of dry matter and ^{14}C -photoassimilates in wheat during grain filling. Ann. Bot. 83: 655-665.
12. Dwyer, L. M., R. I. Hamilton, H. N. Hayhoe and W. Royds. 1991. Analysis of biological traits contributing to grain yield of short- to mid-season corn (*Zea mays* L.) hybrids. Can. J. Plant Sci. 71: 535-541.
13. Edmeades, G. O., J. Bolanos, S. C. Chapman, H. R. Lafitte and M. Banziger. 1999. Selection improves drought tolerance in tropical maize populations: I. Gains in biomass, grain yield, and harvest index. Crop Sci. 39: 1306-1315.
14. Evans, L. T. 1980. The physiological basis of crop yield. PP. 327-353. In: Evans, L. T. (Ed.), Crop Physiology. Cambridge University Press., London.
15. Evans, L. T., I. F. Wardlaw and R. A. Fischer. 1980. Wheat. PP. 101-149. In: Evans, L. T. (Ed.), Crop Physiology.

Cambridge University Press., London.

- 16.Graffius, J. G. 1959. Heterosis in barley. *Agron. J.* 51: 551-554.
- 17.Liu. X., J. Jin, S.J. Herbert, Q. Zhang and G. Wang. 2005. Yield components, dry matter, LAI and LAD of soybeans in Northeast China. *Field Crops Res.* 93: 85–93.
- 18.Miralles, O. B., J. A. de Juan Valero and F. M. de Santa Olalla. 1997. Growth, development and yield of five sunflower hybrids. *Europ. J. Agron.* 6: 47-59.
- 19.Pandy, R. K., J. W. Maranville and M. M. Chetima. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment II. Shoot growth, nitrogen uptake and water extraction. *Agric. Water Manag.* 46: 15-27.
- 20.Poorter, H. and E. Garnier. 1996. Plant growth analysis: an evaluation of experimental design and computational methods. *J. Exp. Bot.* 47: 1343-1351.
- 21.Ritchie, S. W., J. J. Hanway and G. O. Benson. 1993. How a corn plant develops. Iowa State Univ. Sp Rpt. No 48. Available online at <http://maize.agron.iastate.edu/corngrows.html>.
- 22.Takai, T., S. Matsuura, T. Nishio, A. Ohsumi, T. Shiraiwa and T. Horie. 2005. Rice yield potential is closely related to crop growth rate during late reproductive period. *Field Crops Res.* Available on line at: <http://www.sciencedirect.com>.
- 23.Tollenaar, M. and T. B. Daynard. 1978. Relationship between assimilate source and reproductive sink in maize grown in a short- season environment. *Agron. J.* 70: 219-223.
- 24.Wallace, D. H., J. L. Ozburn and H. M. Munger. 1972. Physiological genetics of crop yield. *Adv. Agron.* 24:97-146.
- 25.Welbank, P. J., S. A. W. French and K. J. Witts. 1966. Dependence of yield of wheat varieties on their leaf area. *Ann. Bot. N. S.* 30:291-299.
- 26.Wolf, D. W., D. W. Henderson, T. C. Hsiao and A. Alvino. 1988. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize. I. Leaf area duration nitrogen distribution. and yield. *Agron. J.* 80: 859-864.