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

جواد نوری اظهر و پرویز احسان‌زاده[1]

چکیده

تبیین رابطه احتمالی بین شاخص‌های فیزیولوژیک رشد و عملکرد گیاه زراعی، در مدیریت تولید گیاهان زراعی حائز اهمیت می‌باشد. بدین منظور پژوهشی در سال ۱۳۸۳، با پنج هیبرید ذرت شامل سینگل‌کراس‌های ۷۰۴، ۷۰۰، ۶۴۷، 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 کاکل‌دهی به جای گذاشت. نتایج به‌دست نشان داد که هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری بین سرعت رشد محصول طی مرحله خطی (CGR_{Linear}) با LAI_{max}، LAD، LAD_{Linear} 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 مربع و هم‌چنین شاخص برداشت به دست آمد که در این بین، تعداد دانه در متر مربع بیش‌ترین هم‌بستگی را با عملکرد دانه نشان داد. CGR_{Linear} و LAI_{max} 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 آن‌که هم‌بستگی معنی‌داری بین تولید ماده خشک و شاخص برداشت وجود نداشت، ظاهراً در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه و در شرایط مطالعه حاضر، تسهیم زیست توده به بخش اقتصادی عملکرد کل، ضرورتاً با وضعیت LAI این ژنوتیپ‌ها هم‌روند نمی‌باشد.

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

مقدمه

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 کمّی کنترل می‌شود طبقه بندی شده است (تحت تأثیر ژن‌های زیاد با اثرات 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

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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.22.9]

اثر عوامل عمده‌ای همچون میزان جذب انرژی خورشیدی و بازده استفاده از آن برای تثبیت دی اکسید کربن صورت پذیرد (۲).گرافیوس (۱۶) نیز بیان می‌کند که مستقیماً ژن‌هایی برای عملکرد وجود ندارد. کنترل ژنتیکی عملکرد از طریق کنترل 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 عمده در تولید عملکرد و سرعت رشدگیاه 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 اشغال شده توسط آن بوته را شاخص سطح برگ (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 کنترل‌کننده اندازه یا فعالیت اندام‌های سهیم در عملکرد بالا وجود دارد. شناخت روابط متقابل بین تمامی‌عوامل 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 مد نظر است حصول عملکرد بیولوژیک و اقتصادی بالا نیازمند موازنه صحیح بین عوامل زیر است: ۱- اندازه و دوام سیستم فتوسنتزی، ۲- راندمان و کارایی دستگاه فتوسنتز کننده، ۳- سرعت انتقال و توزیع مواد فتوسنتزی به اندام‌ها و ۴- تعداد و اندازه دانه‌ها و ظرفیت آنها از نظر تجمع مواد فتوسنتزی (۶ و ۲۵). در برخی موارد نتایج آزمایش‌ها، فرض رابطه مثبت بین LAI و عملکرد دانه را تأئید و در موارد دیگری رد می‌کنند. این مطلب تا حدودی به علت وجود بافت‌های سبز فعال در فتوسنتز 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 فتوسنتزی را به عهده می‌گیرد، کل سطح فعال فتوسنتزی 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 (مبدا محدود است) یا به‌وسیله 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 مبدا را به عنوان عامل محدودکننده عملکرد دانه بیان نموده‌اند. محققان دیگری پیشنهاد کرده‌اند که هم محدودیت مبدا و هم محدودیت مقصد ممکن است صورت پذیرد (۲۳). در واقع، ترکیب ویژه ژنوتیپ و محیط تعیین می‌کند که کدام نوع محدودیت، غالب باشد. حل این مشکل که آیا مبدا محدود کننده است یا مقصد، در بسیاری از موارد مشکل است، چرا که تقاضا برای مواد فتوسنتزی به منظور ذخیره، می‌تواند اثر بازخورد بر میزان فتوسنتز داشته باشد (۱۴)، به‌گونه‌ای که با کاهش میزان تقاضا، مقدار فتوسنتز بیشتر از میزان تقاضا کاهش یابد و باعث شود که حتی پر شدن دانه‌های باقیمانده و افزایش کل ماده خشک گیاه به‌وسیله 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 تنش‌های محیطی قرار گیرند. خشکی، یک خطر بزرگ برای تولید موفقیت آمیز محصولات

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.22.9]

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 تنش در داخل گیاه شده، در نهایت تولید را کاهش می‌دهند (۳). تنش 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}، CGR_{Linear}، LAD (Leaf Area Duration)، LAD_{Linear} و LAD_{s-m} با عملکرد ماده خشک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه ذرت و هم‌چنین هم‌بستگی بین طول دوره رسیدگی ژنوتیپ‌های ذرت با هر کدام از شاخص‌های سرعت رشدگیاه زراعی و میزان و وضعیت احتمالی تغییر درشاخص‌های فوق در اثر تنش خشکی طی دوره رشد ذرت تحت دو رژیم مختلف آبیاری بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۸۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در منطقه لورک شهرستان نجف آباد با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی اجرا گردید. ارتفاع مزرعه از سطح دریا ۱۶۳۰ 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 مخصوص ظاهری این خاک ۱/۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب و pH آن حدود ۷/۵ گزارش شده است (۴). ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی به‌ترتیب حاوی مقدار رطوبت ۲۰ و ۱۱ درصد وزنی می‌باشند. براساس آزمون صورت گرفته، خاک مزرعه در عمق ۶۰-۰ سانتی‌متری دارای ۱۲ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک، ۳۰۸ میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک و ۰/۱ درصد نیتروژن بود. زمین محل آزمایش در سال قبل زیر کشت لوبیا بود. عملیات تهیه بستر شامل شخم پاییزه، دوبار دیسک بهاره و تسطیح زمین و ایجاد جوی و پشته توسط فاروئر بود. هر کرت آزمایشی شامل ۸ ردیف کاشت شش متری با فاصله بین ردیف‌های کاشت ۷۰ و فاصله دو بوته روی ردیف کاشت ۱۵ سانتی‌متر بود. ژنوتیپ‌های مورد بررسی شامل پنج هیبرید ذرت سینگل‌کراس ۳۰۱، ۶۰۴، ۶۴۷، ۷۰۰ و ۷۰۴ بودند. عملیات کاشت در تاریخ ۳۱ اردیبهشت‌ماه ۱۳۸۳ انجام و بلافاصله آبیاری صورت گرفت. برای مبارزه با علف‌های هرز، علف‌کش ارادیکان به صورت پیش رویشی همراه با آبیاری اول به مقدار ۶ 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 تنش (آبیاری بعد از ۷۰) و دیگری تحت تنش خشکی (آبیاری بعد از ۱۰۵ 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، تنش خشکی در آزمایش دوم شروع و تا پایان فصل رشد اعمال گردید. کود نیتروژن دار اوره به صورت سرک و در دو مرحله ۷-۶ برگی (مرحله به ساقه رفتن) و مرحله گرده‌افشانی هر بار به میزان ۱۲۵ 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 اجزائ عملکرد دانه منظور شدند. از ابتدای فصل رشد پنج بوته متوالی در یکی از ردیف‌های هرکرت به صورت تصادفی مشخص شده، تمامی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.22.9]

مراحل نمو براساس نظر ریچی و همکاران (۲۱) اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری شاخص‌های رشد اندازه‌گیری دو عامل سطح برگ و وزن خشک در فواصل ۱۰-۸ روز انجام و در مرحله چهار برگی آغاز شد. بدین صورت که ابتدا متوسط سطح برگ هر بوته روی پنج بوته متوالی از هر کرت و با رعایت حاشیه به‌وسیله دستگاه پرتابل دیجیتال LI-Cor LI-3100 (LI-GR, Lincoln, NE) به صورت غیر تخریبی 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 ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک شده، میزان ماده خشک آنها توزین گردید. جهت محاسبه CGR_{Linear} از روز ۳۸ تا ۸۴ پس ازکاشت، یک خط راست بر داده‌های وزن خشک برازش داده شد و شیب 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 ۲۰ بوته سالم در هر کرت (مساحتی برابر با ۲/۱ 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 آلودگی 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 ۱۲ 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 ۲۰ بوته محاسبه شد و 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 بلوک (محیط) و برای تست اثر ژنوتیپ و اثر متقابل، از واریانس خطا 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 ۴/۲ متر مربع برگ بر متر مربع سطح بود، به گونه‌ای که سینگل‌کراس‌های ۶۰۴ و ۷۰۰ به ترتیب با ۴/۷۲ و ۴/۶۳ بیشترین و سینگل‌کراس ۳۰۱ با ۳/۵۱ کمترین LAI_{max} را دارا بودند. شریف‌زاده (۴) بیان کرد که تفاوت LAI سینگل‌کراس‌های ۷۱۱ و ۶۰۴ معنی‌دار نبود، که دلیل آن را بیشتر بودن تعداد برگ‌های سینگل‌کراس ۶۰۴ در مقایسه با سینگل‌کراس ۷۱۱، به رغم بزرگ‌تر بودن برگ‌های سینگل‌کراس ۷۱۱ ذکر کرد. در عین حال طالبیان مشهدی (۵) ضمن بیان وجود اختلاف بین شاخص سطح سبز سینگل‌کراس ۷۱۱، ۶۰۴ و ۳۰۱، اظهار داشت که شاخص سطح سبز سینگل‌کراس ۷۱۱ بیش از سینگل‌کراس ۶۰۴ و آن هم بیش از سینگل‌کراس ۳۰۱ بود. در مطالعه میرالس 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} به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش قرار گرفته، به طوری که متوسط آن از ۴/۵۱ در محیط بدون تنش به ۳/۸۹ در محیط تنش کاهش یافت. محققان گزارش کرده‌اند که تنش خشکی از طریق کاهش تولید و رشد (۹) و افزایش پیری برگ‌ها (۹ و ۲۶) LAI را کاهش می‌دهد. هیبریدها

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.22.9]

جدول ۱. مقایسه میانگین شاخص‌های رشد در هیبریدهای ذرت در شرایط آب‌وهوایی اصفهان

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

* : در هر عامل آزمایشی و هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ ۰/۰ فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند.LAD_{s-m}: دوام سطح برگ از گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک، LAD_{linaer}: دوام سطح برگ در دوره رشد خطی، CGR_{linear}: سرعت رشد محصول در دوره رشد خطی، می‌باشند.

از نظر متوسط LAD تفاوت‌های معنی‌داری با یکدیگر داشتند. میانگین این صفت به ۳۱/۵ هفته بالغ شد. سینگل‌کراس ۷۰۰ با ۳۶/۷ هفته، بیشترین و سینگل‌کراس ۳۰۱ با ۲۶/۳ هفته، کمترین LAD را داشتند. اگرچه سینگل‌کراس ۷۰۰ در صدر و سینگل‌کراس ۶۰۴ در رتبه دوم قرار گرفته‌اند، اما تفاوت این دو سینگل‌کراس معنی‌دار نبوده است (جدول ۱). طالبیان مشهدی (۵) اظهار داشت که دوام سطح سبز سینگل‌کراس ۳۰۱ بیش از سینگل‌کراس‌های ۶۰۴ و ۷۱۱ بود و دلیل آن را سایه‌اندازی گسترده‌تر برگ‌های بالایی سینگل‌کراس ۷۱۱ بر برگ‌های پایینی و نتیجتاً تسریع پیری برگ‌ها در این سینگل‌کراس 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 نشأت 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. هیبریدهای مورد آزمایش در موردLAD_{Linear} نیز با یکدیگر تفاوت‌های بسیار معنی‌داری داشتند. میانگین LAD_{Linear} در کل آزمایش ۱۳/۹۶ بود، که سینگل‌کراس‌های 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 سینگل‌کراس‌های 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 به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. هیبریدهای ذرت از نظر LAD از کاکل‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک (LAD_{s-m}) هم تفاوت بسیار معنی‌داری داشتند. سینگل‌کراس ۷۰۰ با ۲۱/۱۸ هفته، بیشترین و سینگل‌کراس ۳۰۱ با ۱۵/۷۶ هفته، کمترین LAD_{s-m} را دارا بودند (جدول ۱). میانگین این صفت در کل آزمایش ۱۷/۷۱بود، 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. همان گونه که سایر مطالعات (۱۲) نیز تأیید کرده‌اند، دورهٔ از کاشت تا کاکل‌دهی با LAI_{max} و LAD (r=۰/۳۸*) هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد. این امر

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.22.9]

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

هیبرید	عملکردبیولوژیک (kg/ha)	هزار دانه (g)	تعداد بلال در بوته	تعداد دانه در بلال	تعداد دانه در متر مربع	عملکرد دانه (kg/ha)	شاخص برداشت (%)
S.C 704	۱۶۶۸۷ Abc	۲۶۳/۱۴ a	۰/۷۶ b	۳۰۴/۲ b	۲۲۵۵/۶ b	۶۷۰۸/۵ b	۳۴/۵ b
S.C 700	۱۹۱۶۰ a	۲۵۲/۸ ab	۰/۶۴ c	۲۸۹/۹ b	۱۷۸۴/۷ c	۵۰۸۳/۳ c	۲۳/۳ c
S.C 647	۱۴۹۸۴ c	۲۳۰/۱۳ c	۰/۸۸ a	۳۷۵/۰ a	۳۱۱۴/۱ a	۷۹۸۲/۶ a	۴۷/۵ a
S.C 604	۱۸۲۵۵ Ab	۲۴۷/۲۳ abc	۰/۸۵ ab	۳۹۴/۸ a	۳۲۲۴/۳ a	۸۹۶۱/۱ a	۴۱/۶ a
S.C 301	۱۶۴۴۹ Bc	۲۴۰/۹۷ bc	۰/۸۷ ab	۲۹۱/۰ b	۲۴۱۱/۵ b	۶۶۲۰/۱ b	۳۵/۶ b
LSD	۲۶۴۴/۵	۲۱/۱۹۴	۰/۱۲	۴۶/۷	۴۳۴/۴	۱۱۸۹/۴	۶/۲
محیط							
بدون تنش	۱۷۱۰۱ a	۲۵۵/۶ a	۰/۸۲ a	۳۳۲/۶ a	۲۶۴۸ a	۷۵۰۷ a	۳۹/۷ a
تنش	۱۷۱۱۳ a	۲۳۸/۱ a	۰/۷۸ a	۳۲۹/۳ a	۲۴۶۷ a	۶۶۳۵ a	۳۲/۸ a
LSD	۴۹۴۰	۱۹/۸	۰/۲۸	۵۰/۳	۱۱۸۹	۳۶۱۶	۱۱/۴

* : 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 معنی‌دار می‌باشند.

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=۰/۳۶*). افزایش LAI_{max} همراه با طولانی‌تر شدن دورهٔ کاشت تا کاکل‌دهی، احتمالاً در اثر افزایش تعداد برگ صورت گرفته است و از آنجا که گسترش برگ‌ها نیز در دوره انتقال تا کاکل‌دهی 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 کاکل‌دهی مستقیم و معنی‌دار شد (r=۰/۳۷*). هیبریدهای مورد مطالعه از نظر CGR_{Linear} تفاوت معنی‌دار نشان دادند. CGR در واقع حاصل ضرب LAI در سرعت فتوسنتز 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 معنی‌داری با LAI_{max} (r=۰/۴۹**) و با LAD (r=۰/۵۱**) نشان داد. اما ارتباط بین CGR_{Linear} و LAD_{s-m} مثبت و بسیار معنی‌دار (r=۰/۴۸**) و ارتباط بین CGR_{Linear} و LAD_{Linear} مثبت و معنی‌دار بود. گفته شده است که افزایش LAI از جمله اصلی‌ترین ابزارهای احتمالی جهت ارتقای ظرفیت فتوسنتزی و تولید مواد پرورده گیاهی است (۱). اگرچه اثر محیط تنش بر CGR_{Linear} معنی‌دار 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 معنی‌دار بود. سینگل‌کراس ۷۰۰ و سینگل‌کراس 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 سینگل‌کراس ۶۰۴ در اکثر مراحل، بیشتر از سینگل‌کراس ۷۱۱ (هیبرید دیررس‌تر) بود. طالبیان مشهدی (۵) اظهار داشت که اختلاف بین سینگل‌کراس‌های دیررس و زودرس از نظر تولید ماده خشک بعد از گرده‌افشانی زیاد شد. LAI_{max} هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد ماده خشک نشان داد (r=۰/۴۰**).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.22.9]

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 مادهٔ خشک نشان داد اما معنی‌دار نبود. در مطالعات دیگر نیز ارتباط بالای متوسط سرعت رشد و تجمع ماده خشک گزارش شده است (۵ و ۱۲) 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 (۱۸) 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 هیبریدها بسیار معنی‌دار بود. اثر محیط و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط روی این صفت معنی‌دار نشد. میانگین تعداد بلال تمامی هیبریدها ۰/۸ بلال در بوته بود که سینگل‌کراس ۷۰۰ و سینگل‌کراس ۶۴۷ به ترتیب با دارا بودن ۰/۶۴ و ۰/۸۸ بلال در بوته کمترین و بیشترین تعداد بلال در بوته را دارا بودند (جدول ۲). تعداد بلال در بوته در مطالعه سایر محققان (۴، ۵ و ۷) در بین هیبریدهای متنوع از نظر طول فصل رشد، تفاوت محسوسی نداشت. با این حال در مطالعه طالبیان مشهدی (۵) سینگل‌کراس ۶۰۴ تعداد بلال بیشتری نسبت به سینگل‌کراس‌های ۷۱۱ و ۳۰۱ داشت. ضریب هم‌بستگی بین تعداد بلال در بوته با CGR_{Linear} (r=۰/۶۰**) مثبت و بسیار معنی‌دار بود اما از آنجا که تعدادبلال 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 فتوسنتزی 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=۰/۴۱**) که می‌تواند از هم‌بستگی آن با CGR_{Linear} ناشی شده باشد، چرا که اصولاً سرعت رشد بالاتر منجر به تولید ماده خشک بیشتر می‌گردد. هیبریدهای مورد مطالعه از نظر تعداد دانه در بلال اختلافات بسیار معنی‌داری (در سطح ۰/۰۱) نشان دادند، به نحوی که هیبریدهای میان‌رس در یک دسته و هیبریدهای دیررس و زودرس در یک دسته دیگر قرار گرفتند. سینگل‌کراس ۶۰۴ با حدود ۳۹۵ دانه در بلال و سینگل‌کراس ۷۰۰ با حدود ۲۹۰ 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 هیبریدها تعداد دانه در بلال افزایش می‌یابد (۴ و ۵) که این افزایش عمدتاً از طریق افزایش تعداد دانه در ردیف در واریته‌های دیررس نسبت به واریته‌های زودرس می‌باشد (۷). با این حال در مطالعه شریف‌زاده (۴) تعداد دانه در بلال سینگل‌کراس ۶۰۴ بیش از دو هیبرید زودرس‌تر و دیررس‌تر به دست آمد.

در آزمایش حاضر می‌توان گفت که گذشته از دو سینگل‌کراس ۷۰۰ و ۷۰۴ که تعداد دانه (چه در بلال و چه در واحد سطح) آنها پایین و هم‌سطح سینگل‌کراس ۳۰۱ بود، دو سینگل‌کراس ۶۰۴ و ۶۴۷ به دلیل افزایش طول دوره رشد تعداد دانه بیشتری نسبت به سینگل‌کراس ۳۰۱ 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=۰/۶۴**). تعداد دانه در بلال اولین و مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده عملکرد در گیاه بوده، نمایانگر ظرفیت مقصد به شمار می‌رود (۹).

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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.22.9]

نشد اما این شاخص با تعداد دانه در متر مربع هم‌بستگی مثبت و بسیار معنی‌داری (r=۰/۵۳**) 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 تنش سینگل‌کراس ۶۰۴ بیشترین و سینگل‌کراس ۷۰۴ دومین و سینگل‌کراس ۷۰۰ کمترین تعداد دانه در بلال را دارا بوده، اما در محیط تنش سینگل‌کراس ۶۴۷ بیشترین، ۶۰۴ دوم و سینگل‌کراس ۳۰۱ کمترین تعداد دانه در بلال را دارا بودندکه همین امر سبب معنی‌دار شدن اثر متقابل گردید (جدول ۳). در عین حال که در محیط تنش تعداد دانه در متر مربع در سینگل‌کراس‌های ۷۰۴، ۶۰۴ و ۳۰۱ کاهش یافته، اما در سینگل‌کراس‌های ۷۰۰ و ۶۴۷ تعداد دانه در مترمربع نسبت به محیط بدون تنش افزایش نشان داد.

هیبریدها از نظر وزن هزار دانه در سطح احتمال ۰/۰۵ با هم‌دیگر اختلاف معنی‌دار نشان دادند. اگر چه اثر تنش خشکی روی وزن هزار دانه معنی‌دار نبود اما متوسط آن را به میزان ۱۷/۵ گرم کاهش داد. سینگل‌کراس های 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=۰/۲۵).

در این مطالعه هم‌بستگی منفی ولی غیر معنی‌دار بین وزن هزار دانه و تعداد دانه در بلال (r= −۰/۱۹) مشاهده شد. تولنار و داینارد (۲۳) هیچ تغییر معنی‌داری در وزن دانه به ازای تغییر در تعداد دانه ذرت مشاهده نکردند و بیان کردند که وزن دانه عمدتاً 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 است که هیبریدهای دیررس‌تر وزن دانه بیشتری نسبت به هیبریدهای زودرس داشتند. وزن هزاردانه هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری با LAI(r=۰/۳۶*)، LAD (r=۰/۴۱**)، LAD_{s-m} (r=۰/۴۳**) و LAD_{Linear} (r=۰/۴۲**) نشان داد. این هم‌بستگی‌ها نشان از آن دارد که افزایش LAI و LAD به‌خصوص LAD_{s-m} به دلیل تأثیر مستقیمی که بر تولید مواد فتوسنتزی دارند تأثیر مثبتی بر وزن دانه خواهند داشت، چرا که تداوم فراهمی مواد فتوسنتزی باعث پر شدن کامل‌تر دانه‌های تشکیل یافته می‌گردد و مستقیماً می‌تواند بر عملکرد دانه تأثیر بگذارد. ولف 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=۰/۴۶**). از طرف دیگر وزن هزار دانه در هیبریدهایی بالا بودکه تعداد دانه پایینی داشتند، پس می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در این هیبریدها افزایش نسبت مبدا- 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 نگردید.

هیبریدهای مورد مطالعه از نظر عملکرد دانه در سطح ۰/۰۱ تفاوت بسیار معنی‌دار نشان دادند. متوسط عملکرد دانه در مجموع دو آزمایش ۷۰۷۱ کیلوگرم در هکتار و حداکثر و حداقل آن به ترتیب مربوط به هیبریدهای ۶۰۴ و ۷۰۰ و معادل 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 سینگل‌کراس 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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.22.9]

جدول ۳. میانگین اثرات متقابل محیط و ژنوتیپ برای تعداد دانه در بلال و در متر مربع، شاخص برداشت و عملکرد دانه هیبریدهای ذرت در شرایط آب‌وهوایی اصفهان

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

برای هر صفت میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۰/۰۵ فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند.

جدول ۴. ضرایب هم‌بستگی بین صفات مختلف ذرت

صفت	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
۱- عملکرد ماده خشک	۱/۰۰															
۲- عملکرد دانه	۰/۵۴	۱/۰۰														
۳- شاخص برداشت	۰/۰۷	۰/۸۴	۱/۰۰													
۴- وزن هزار دانه	۰/۴۷	۰/۲۵	۰/۰۹	۱/۰۰												
۵- دانه در متر مربع	۰/۴۲	۰/۹۶	۰/۸۵	-۰/۰۱	۱/۰۰											
۶- دانه در بلال	۰/۲۱	۰/۶۶	۰/۵۹	-۰/۱۹	۰/۷۴	۱/۰۰										
۷- بلال در بوته	۰/۴۱	۰/۸۱	۰/۷۳	۰/۱۴	۰/۸۰	۰/۲۱	۱/۰۰									
۸- CGR_{Linear}	۰/۲۵	۰/۵۲	۰/۵۱	۰/۱۳	۰/۵۳	۰/۱۶	۰/۶۱	۱/۰۰								
۹- LAI	۰/۴۱	۰/۳۴	۰/۱۷	۰/۳۷	۰/۲۷	۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۴۹	۱/۰۰							
۱۰- LAD	۰/۲۸	۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۴۱	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۰	۰/۵۱	۰/۸۶	۱/۰۰						
۱۱- LAD_{s-m}	۰/۳۲	۰/۰۹	۰/۰۲	۰/۴۳	۰/۰۰	۰/۰۱	-۰/۰۳	۰/۴۸	۰/۷۶	۰/۹۴	۱/۰۰					
۱۲- LAD_{Linear}	۰/۳۱	۰/۲۳	۰/۱۳	۰/۴۳	۰/۱۵	۰/۰۷	۰/۱۰	۰/۳۷	۰/۸۸	۰/۷۸	۰/۶۸	۱/۰۰				
۱۳- جوانه‌زنی	۰/۳۸	۰/۴۳	۰/۲۸	۰/۱۷	۰/۳۹	۰/۲۶	۰/۳۵	۰/۲۹	۰/۴۵	۰/۳۲	۰/۱۸	۰/۴۵	۱/۰۰			
۱۴- انتقال مریستم	۰/۱۹	۰/۰۱	-۰/۱۲	۰/۲۰	-۰/۰۲	۰/۲۰	-۰/۲۳	-۰/۲۳	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۱۸	۰/۲۷	۱/۰۰		
۱۵- کاکل‌دهی	۰/۰۹	۰/۰۰	-۰/۰۴	۰/۱۵	-۰/۰۳	۰/۲۳	-۰/۲۹	-۰/۲۵	۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۲۱	۰/۳۷	۰/۲۴	۰/۴۹	۱/۰۰	
۱۶- رسیدگی فیزیولوژیک	۰/۱۸	-۰/۰۵	-۰/۱۲	۰/۲۶	-۰/۱۰	۰/۲۰	-۰/۳۶	-۰/۱۴	۰/۴۳	۰/۴۹	۰/۳۹	۰/۳۱	۰/۱۵	۰/۴۲	۰/۸۵	۱/۰۰

قدر مطلق اعداد بزرگ‌تراز ۰/۳۲ در سطح ۰/۰۵ و بزرگ‌تر از ۰/۳۹۵ در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار می‌باشند.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.22.9]

محققان (۱۵) هم بیان شده است. بررسی ضرایب هم‌بستگی نشان داد که ارتباط مستقیم LAI و عملکردانه از طریق ارتباط مثبت و معنی‌دار LAI با وزن هزار دانه صورت گرفته است. از آنجا که LAI عموماً در زمان گرده افشانی و کاکل‌دهی ذرت به حداکثر خود می‌رسد، بالا رفتن سطح برگ در این زمان باعث بالا رفتن میزان فتوسنتز شده، در اثر افزایش مواد فتوسنتزی، سرعت تجمع مادهٔ خشک بالاتر منجر به تولید مادهٔ 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 زایشی، 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 فتوسنتزی بوده که خود باعث حرکت بیشتر مواد فتوسنتزی 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 ژنوتیپی در CGR در اواخر دوره زایشی با عملکرد دانه به شدت مرتبط می‌باشد. آنها اضافه کردند که تولید ماده خشک در این دوره برای تعیین تعداد سنبلچه در واحد سطح زمین به عنوان یک مقصد قوی بسیار مهم است. آنها بیان کردند که هیبریدهای با عملکرد دانه بالا، سرعت رشد بالایی در زمان تشکیل سنبلچه‌ها داشتند. بنابراین حصول یک مقصد قوی هم زمان با تولید ماده خشک زیاد در این زمان، پیش‌نیاز تولید بالای عملکرد دانه است.

اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در ورد عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). در محیط غیر تنش ژنوتیپ ۶۰۴ بیشترین، سینگل‌کراس ۶۴۷ دومین و سینگل‌کراس ۷۰۰ کمترین عملکرد دانه را داشتند اما در محیط تنش سینگل‌کراس ۶۴۷ بیشترین، ۶۰۴ دومین و ۳۰۱ کمترین عملکرد دانه را تولید نمودند.

تفاوت‌های بسیار معنی‌داری از نظر شاخص برداشت در بین هیبریدها در مجموع دو آزمایش مشاهده شد. میانگین شاخص برداشت در مجموع ۳۶/۳ درصد بود که سینگل‌کراس ۶۴۷ و سینگل‌کراس ۷۰۰ به ترتیب با ۴۷/۵ و ۲۳/۳ درصد بیشترین و کمترین شاخص برداشت را از خود بروز دادند (جدول ۲). سایر مطالعات (۴، ۵ و ۷) نشان می‌دهند که هیبریدهای 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 ژنوتیپ معنی‌دار شد (جدول ۳). محیط تنش با این‌که سبب کاهش شدید شاخص برداشت در دو سینگل‌کراس ۶۰۴ و ۳۰۱ شد ولی باعث کاهش کمی در دو سینگل‌کراس ۷۰۴ و ۶۴۷ و حتی افزایش جزئی در سینگل‌کراس ۷۰۰ شد و احتمالاً همین امر سبب معنی‌دار شدن اثر متقابل محیط و ژنوتیپ گردید.

ضریب هم‌بستگی شاخص برداشت و عملکرد دانه مثبت و بسیار معنی‌دار شد (r=۰/۸۳**)، این امر نشان دهنده آن است که افزایش شاخص برداشت می‌تواند یک راه مؤثر در افزایش عملکرد دانه باشد. ادمیدز 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 فتوسنتزی 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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.22.9]

یزدان‌دوست 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 LAI_{max}، LAD و LAD_{s-m} وجود داشت. شاخص برداشت هم‌بستگی معنی‌داری با CGR_{Linear} نشان داد. در شرایط مطالعه حاضر می‌توان نتیجه گرفت که مقدار شاخص برداشت عمدتاً توسط عواملی نظیر عوامل محیطی و رابطه بینمبدا 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 هیبرید ذرت توسط مرکز تهیه و اصلاح بذر کرج (آقای مهندس نباتی) و هم‌چنین آقای مهندس ابراهیم رضایی صورت گرفته است که قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. امام، ی. و م. نیک نژاد. ۱۳۷۳. *مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی* (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز.

۲. سرمدنیا، غ. و ع. کوچکی. ۱۳۷۶. *فیزیولوژی گیاهان زارعی* (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۳. سرمدنیا، 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 هیبریدهای 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 هیبرید ذرت در منطقه اصفهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۶. کوچکی، ع. و م. بنایان اول. ۱۳۷۳. *فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی* (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۷. یزدان‌دوست همدانی، م. ۱۳۷۵. بررسی رشد، اجزای عملکرد و عملکرد هیبریدهای 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.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.22.9]

Cambridge University Press., London.
16. Grafius, 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. Maranvill 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. Ozbun 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.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-02-01]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.41.22.9]