مجله علمی-پژوهشی زراعت و اصلاح نباتات ایران
جلد ١٤، شماره ٢، تابستان ١٣٩٧، صفحات ٣٨-٢٥

ISSN NO: 2008-8485

بررسی توزیع عمودی سطح برگ، عملکرد و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه در هیبریدهای ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.)

Study on Vertical Distribution of Leaf Area, Yield and Assimilate Remobilization in Grain Corn Hybrids (*Zea Mays* L.)

مسعود رفیعی*[1] و محمدامین بهاری[2]

تاریخ دریافت: ١٣٩٦/٠٩/٠٨ تاریخ پذیرش: ١٣٩٦/١٢/١٥

چکیده

به‌منظور بررسی شاخص‌های فیزیولوژیک رشد در هیبریدهای ذرت دانه‌ای شامل توزیع عمودی سطح برگ و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار با استفاده از ١١ هیبرید میان‌رس و دیررس ذرت دانه‌ای در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان در سال ١٣٩٣ اجرا شد. متوسط تعداد برگ سبز در هیبریدهای مورد بررسی در زمان گلدهی ١١ عدد بود. توزیع عمودی سطح برگ‌های ذرت از معادله درجه ٣ نمایی پیروی نمود که به‌صورت زنگوله‌ای شکل با بیشترین تراکم سطح برگ در بخش میانی سایه‌انداز بود. رابطه شاخص سطح برگ تجمعی با ارتفاع گیاه در زمان ظهور گل تاجی به‌صورت S شکل بود و از یک معادله درجه ٣ نمایی پیروی نمود. بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ کل (به ترتیب ٣/٣٥ و ٢/٢٦) از هیبریدهای شماره ٤ و ٩ به دست آمد، درحالی‌که بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب مربوط به هیبریدهای شماره ١١ و ٣ با میانگین ٨٦٧٥/٥ و ٦٢٣٧/٣ کیلوگرم در هکتار بود. هیچ‌گونه انتقال مجددی در میان هیبریدها مشاهده نشد. همبستگی معنی‌دار و منفی میان انتقال مجدد با شاخص سطح برگ (*٠/٥٤-)، عدم وجود همبستگی میان عملکرد دانه با شاخص سطح برگ و عدم انتقال مجدد نشان‌دهنده سطح بالایی از فتوسنتز جاری در مرحله پر شدن دانه توأم با محدودیت شدید مقصد فیزیولوژیک در هیبریدهای پیشرفته ذرت دانه‌ای می‌باشد.

کلمات کلیدی: سایه‌انداز، تراکم سطح برگ، شاخص سطح برگ، مقصد فیزیولوژیک.

www.iapb.riau.ac.ir

١- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، خرم‌آباد، ایران.

٢- کارشناس ارشد زراعت، سازمان جهاد کشاورزی استان لرستان، خرم‌آباد، ایران.

*- مکاتبه کننده E- mail: rafieemasoud@yahoo.com

مجله علمی - پژوهشی زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج

مقدمه

در مطالعه ساختمان کانوپی گیاهان، خصوصیات متعددی از جمله توزیع عمودی سطح برگ مورد مطالعه قرار می‌گیرد. توزیع عمودی سطح برگ غالباً از سطح برگ تولیدی در لایه-های افقی بر اساس ارتفاع (Acock *et al*., 1978)، شاخص سطح برگ تجمعی و تعداد برگ (Leuning *et al*., 1991; Pattey *et al*., 1991) تعیین می‌گردد. میانگین تعداد برگ در واریته‌های دیررس ذرت دامنه‌ای در حدود ۱۲ تا ۲۵ عدد می‌باشد (Turhollow *et al*., 2010). تعداد نهایی برگ به‌سرعت و مدت پیدایش برگ بستگی دارد و سرعت معمولاً از تقسیم برگ‌های تولیدشده از کاشت تا پیدایش (آغازین) گل نر و زمان سپری‌شده بین این رویدادها محاسبه می‌شود، در واقع تعداد کل برگ‌ها با زمان گلدهی در ذرت همبستگی مثبت دارد (Padilla and Otegui, 2005).

در این رابطه نتایج حاصل از پژوهشی نشان داد که مقدار شاخص سطح برگ ذرت در مرحله ابریشم‌دهی به حداکثر می-رسد و پس‌ازآن به دلیل ریزش برگ‌ها، روند نزولی پیدا خواهد کرد (Saberali *et al*., 2007). شاخص‌های فیزیولوژیک رشد مانند شاخص سطح برگ و توزیع عمودی آن جهت شبیه‌سازی فرآیند فتوسنتز در کانوپی مورد استفاده قرار می‌گیرند (زند و همکاران، ۱۳۸۲)، زیرا توزیع نور در کانوپی به‌وسیله سطح برگ و توزیع فضایی برگ‌ها تعیین می‌شود. همچنین ساختار کانوپی بر فعالیت فتوسنتزی برگ‌های پایین کانوپی و ظرفیت فتوسنتزی کل گیاه مؤثر است (Johnson and Thornley, 1984).

مطالعه توزیع عمودی سطح برگ به شناخت چگونگی رقابت گیاه بر سر فضا و نور در شرایط رقابت درون‌گونه‌ای و برون-گونه‌ای کمک می‌نماید. گیاهانی که سطح برگ خود را در لایه‌های بالاتر زیست‌توده مستقر کرده باشند، می‌توانند از طریق جلوگیری از نفوذ نور به لایه‌های پایین‌تر توانایی رقابتی خود را با علف‌های هرز (رقابت بین‌گونه‌ای) افزایش دهند، هرچند موجب کاهش فتوسنتز و رشد گیاه زراعی نسبت به شرایط عدم رقابت با علف هرز (کشت خالص) نیز می‌گردد (Rich and Renner, 2007)؛ اما در کشت خالص و شرایط بدون رقابت علف‌های هرز، تنها رقابت درون گونه‌ای مطرح است و توزیع عمودی سطح برگ نقش کلیدی در چگونگی توزیع نور در تمام پروفیل زیست‌توده و در نتیجه رشد و عملکرد تولیدی دارد.

شاخص سطح برگ و توزیع آن درون سایه‌انداز گیاهی ذرت ازجمله فاکتورهای اصلی تعیین‌کننده نفوذ نهایی نور به درون جامعه گیاهی می‌باشند که بر میزان فتوسنتز، تعرق و تجمع ماده خشک اثرگذار هستند (Dwyer *et al*., 1992). پژوهشگران در بررسی‌های انجام‌شده گزارش نمودند که در بین شاخص سطح برگ و عملکرد ذرت در شرایط تنش خشکی همبستگی قوی و معنی‌داری وجود دارد، اما در شرایط بدون تنش همبستگی معنی-داری مشاهده نشده است (رفیعی، ۱۳۹۳؛ Nouri azhar and Ehsanzedeh 2007). همچنین دویر و همکاران (Dwyer *et al*., 1992) و رفیعی (۱۳۹۳) در مطالعه سطح برگ و توزیع آن در سایه‌انداز گیاه ذرت نشان دادند که بیشترین تراکم سطح برگ در بخش میانی سایه‌انداز ذرت منعکس است. حاج سید هادی و همکاران (۱۳۸۶) نیز بیشترین تجمع سطح برگ سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در زمان بسته شدن کانوپی را در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری این گیاه مشاهده نمودند. رضوانی و همکاران (۱۳۹۴) دریافتند که میزان تجمع ماده خشک و نیز میزان سطح برگ در تمامی لایه‌های کانوپی در گندم دیم (*Triticum aestivum* L.) رقم مروارید بیشتر از ارقام آرتا، تجن و مغان بود و این رقم به‌دلیل داشتن توزیع عمودی سطح برگ مناسب‌تر عملکرد دانه بیشتری از دیگر ارقام تولید نمود.

ذرت‌دانه‌ای گیاهی باریک برگ و یکی از مهم‌ترین گیاهان تیره غلات می‌باشد. این گیاه به تراکم‌های کاشت مطلوب پاسخ-های مثبت و معنی‌داری به لحاظ بهبود عملکرد و خصوصیات زراعی نشان می‌دهد. در زراعت این گیاه چنانچه تراکم گیاهی و به دنبال آن شاخص سطح برگ بیش‌ازحد مطلوب افزایش یابد، عملکرد دانه در آن به دلیل ناهماهنگی در ظهور گل‌های نر و

www.jabb.kiau.ac.ir

ماده (گل‌ها در این گیاه تک‌جنس و تک‌پایه می‌باشند) و در نتیجه افزایش بلال‌های نابارور و کاهش تعداد دانه در بلال کاهش خواهد یافت (Farnham, 2001). نتایج حاصل از پژوهشی نشان داد که بیشترین میزان کارایی استفاده از نور در سه رقم دیررس، میان‌رس و زودرس ذرت‌دانه‌ای در تراکم بیش‌ازحد (۱۵۰ هزار بوته در هکتار) به دست آمد؛ درحالی‌که حداکثر عملکرد دانه در این سه گروه رسیدگی به ترتیب در تراکم‌های ۷۰، ۹۰ و ۱۳۰ هزار بوته در هکتار حاصل شد و در تراکم بیش‌ازحد عملکرد بیولوژیکی نیز کاهش یافت (گلدانی و همکاران، ۱۳۸۸).

فتحی و همکاران (۱۳۸۰) نیز دریافتند که ارقام دیررس ذرت‌دانه‌ای زمان بیشتری جهت انتقال مواد فتوسنتزی به دانه دارند، به‌طوری‌که ارقام دیررس دارای تعداد بلال در بوته و تعداد دانه در بلال بیشتری نسبت به هیبرید میان‌رس بودند. هیبریدهای زودرس به علت برگ‌سازی و شاخص سطح برگ کمتر از تراکم‌پذیری بیشتر نسبت به هیبریدهای متوسط‌رس و دیررس برخوردارند (Popp *et al*., 2006; Sangoi, 2000). دیگر پژوهشگران بیان داشتند که هیبریدهای ذرت دارای فنوتیپ‌های متفاوتی هستند و هیبریدهایی که از لحاظ فنوتیپی طول دوره‌ی زایشی طولانی‌تری داشته باشند عملکرد دانه و بیولوژیکی بیشتری نیز دارند (Sherif *et al*., 2012).

خلیلی و همکاران (۱۳۸۹) نیز وجود اختلاف معنی‌دار بین هیبریدهای گروه متوسط رس از نظر صفات وزن ۳۰۰ دانه، تعداد دانه در ردیف، تعداد شاخه‌های گل‌تاجی، تعداد ردیف دانه، درصد پوشش سبز و عملکرد دانه، روز تا ظهور رشته‌های ابریشمی، طول بلال و تعداد برگ‌های بالای بلال را نشان‌دهنده تنوع برای این صفات در بین هیبریدها عنوان نمودند. مصطفوی و همکاران (۱۳۹۰) در مقایسه ۶ هیبرید تجاری ذرت سینگل کراس ۷۰۰، ۷۰۱، ۷۰۳، ۷۰۴، ۷۰۹ و ۷۲۰ دریافتند که هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ از نظر صفات تعداد کل برگ، طول بلال، تعداد دانه در ردیف بلال و عملکرد کل دانه نسبت به سایر هیبریدها برتری داشت. عملکرد دانه تابع سه منبع فتوسنتز جاری، انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره‌شده قبل از گلدهی به دانه (که اکثراً در ساقه ذخیره شده‌اند) و در نتیجه انتقال مجدد مواد فتوسنتزی که به‌صورت موقت بعد از گلدهی در ساقه ذخیره شده‌اند، می‌باشد (Kobata *et al*., 1992). پس از گلدهی فتوسنتز جاری به‌عنوان منبع پر شدن دانه به سطح سبز دریافت‌کننده نور بستگی دارد که این منبع فتوسنتزی به‌طور عمده به‌واسطه پیری طبیعی و تأثیر تنش‌های مختلف در دوره پر شدن دانه کاهش می‌یابد، درحالی‌که تقاضای دانه برای دریافت مواد فتوسنتزی افزایش پیدا می‌کند (Blum, 1998). انتقال مجدد نیز مانند دیگر خصوصیات گیاهی تابع ژنتیک و محیط است. الیاسی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش نمودند که گندم رقم شهریار در تنش قبل از گلدهی با ۸۰ گرم بر مترمربع بیشترین انتقال مجدد را در بین ارقام به خود اختصاص داد و در مجموع میزان انتقال مجدد در ارقام گندم آبی با بروز تنش خشکی به‌ویژه قبل از گلدهی افزایش یافت. در یک بررسی نیز هیچ‌گونه انتقال مجددی میان هیبریدهای پیشرفته ذرت‌دانه‌ای در شرایط بدون تنش گزارش نشد (رفیعی، ۱۳۹۳).

از طرفی در تیره غلات وزن نهایی دانه بسته به ظرفیت مقصد دانه و دسترسی به هیدرات‌های کربن برای پر کردن دانه می‌باشد (Eghareuba *et al*., 2006). پژوهشگران در یک بررسی اثر تغییر نسبت منبع- مخزن بر وزن خشک دانه در سه گیاه زراعی گندم، ذرت و سویا (*Glycine max* L.) گزارش دادند که در این سه گیاه، عملکرد به‌طور عمده توسط ظرفیت مخزن محدود می‌شود و منبع عامل محدودکننده نیست. همچنین وزن نهایی دانه ذرت، نسبت مبدأ و مقصد را در طول پر شدن دانه مشخص می‌کند (Borras *et al*., 2002). از طرفی عدم تأثیر افزایش مبدأ بر وزن دانه‌ها نشان‌دهنده محدودیت مقصد (دانه) در پر شدن آن می‌باشد (Borras and Otegui, 2001). محدودیت مقصد (دانه) در پر شدن دانه می‌تواند به دلیل تعداد کم سلول‌های آندوسپرم دانه باشد که در مرحله رشد کند دانه تقسیم این

www.jabb.kiau.ac.ir

سلول‌ها کاهش یافته باشد (Westgate, 1994). با توجه به بررسی‌های انجام شده، این آزمایش با هدف انتخاب هیبریدهای ذرت‌دانه‌ای با توزیع عمودی سطح برگ مناسب، توانایی بیشتر انتقال مجدد مواد فتوسنتزی و همچنین معرفی آن‌ها جهت بهبود عملکرد اقتصادی این گیاه در شرایط مطلوب زراعی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی شاخص‌های فیزیولوژیک رشد هیبریدهای ذرت دانه‌ای شامل توزیع عمودی سطح برگ و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه، آزمایشی در سال ۱۳۹۳ در قالب طرح بلوک-های کامل تصادفی در چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان واقع در ایستگاه سراب چنگایی خرم‌آباد، دارای عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۸ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۳۷۱ متر از سطح دریا اجرا شد. متوسط بارندگی سالیانه بلندمدت آن ۴۷۶ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۷/۲ درجه سانتی‌گراد است. زمین محل اجرای آزمایش در سال زراعی قبل گندم بود. بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱)، میزان ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن، فسفر و پتاس خالص توسط آزمایشگاه خاک‌شناسی توصیه گردید، لذا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم به همراه یک‌سوم از نیتروژن مورد نیاز (۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) قبل از کاشت به خاک اضافه شد.

در این آزمایش از ۱۱ هیبرید ذرت دانه‌ای به شرح جدول ۲ استفاده شد. هر کرت شامل ۴ ردیف کاشت با فاصله ۷۵ سانتی-متر به طول ۶ متر و در هر ردیف ۱۶ کپه با فاصله کپه ۳۵ سانتی-متر بود. در هر کپه ۴ عدد بذر در عمق ۳ تا ۵ سانتی‌متری قرار داده شد. کاشت در تاریخ سوم خردادماه ۱۳۹۳ و با روش دستی انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر)

Table 1. Physical and chemical characters for experimented soil (Depth 0-30 cm)

بافت خاک Soil Texture	هدایت الکتریکی EC	اسیدیته pH	کربن آلی O.C	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	آهن Fe	منگنز Mg	روی Zn	مس Cu
	($ds.m^{-1}$)		٪		(ppm)					
لومی Loamy	1.8	6.5	1.1	0.2	9	278	6	3.2	0.22	0.69

جدول ۲- هیبریدهای ذرت دانه‌ای مورد بررسی در آزمایش

Table 2. Corn hybrids examined in the experiment

شماره هیبرید Hybrid number	ترکیب هیبرید Hybrid composition
1	KLM 78027/2-2-3-1-1-1 ×MO/7
2	K 48/3-1-2-7-1-1-1-1 × k19/1
3	K 48/3-1-2-7-1-1-1-1 × k19/1
4	K 166 B × k19
5	KLM 7600 4/2-2-2-1-19-1-1-1-1 × K19
6	K 47/2-2-1-19-1-1-1-1 × K19
7	K 166 B × k18
8	KSC700
9	KSC700
10	KSC705
11	KSC706

در مرحله چهار تا شش برگی پس از استقرار کامل بوته‌ها، تعداد دو بوته سالم و قوی در هر کپه نگهداری و بقیه بوته حذف شد و به‌این‌ترتیب تراکم نهایی بوته به ۷/۶ بوته در مترمربع رسید. همچنین میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره

www.iapb.kiau.ac.ir

۴۶٪ به‌صورت سرک در بین ردیف‌های کاشت مصرف شد. آبیاری به‌صورت بارانی انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز در طی مراحل رشد و نمو بوته‌ها به روش وجین دستی و به‌طور مستمر انجام شد. در مرحله گلدهی طول میانگره، ارتفاع گیاه و سطح تک‌برگ‌های ۱۰ بوته از هر کرت اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری سطح برگ با استفاده از خط‌کش و حاصل‌ضرب طول در حداکثر عرض در ضریب ثابت ۰/۷۵ صورت گرفت (Khajehpoor *et al.*, 1998). وزن خشک برگ و وزن خشک کل گیاه با استفاده از ترازوی دیجیتال انجام شد. بدین منظور نمونه‌ها ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شد و وزن خشک آن‌ها محاسبه گردید. در زمان برداشت از تفاضل وزن دانه از وزن خشک کل گیاه، وزن کاه اندازه‌گیری شد. میزان انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه با استفاده از معادله زیر محاسبه شد (Papakosta and Gagianas, 1991):

[۱] $$R = H1 - H2$$

که در آن: R= انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه، H1= وزن خشک اندام هوایی بدون دانه در زمان گلدهی و H2= وزن خشک اندام هوایی در زمان برداشت می‌باشد.

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver 9. 1. 3، تعیین معادلات سطح برگ و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2013 و مقایسه میانگین‌ها بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد.

نتایج و بحث

توزیع عمودی سطح برگ در سایه‌انداز ذرت

متوسط تعداد نهایی برگ سبز که در هیبریدهای مورد بررسی گیاه رشد محدود ذرت در زمان گلدهی مشاهده شد، ۱۱ عدد بود. شکل ۱ نشان می‌دهد که توزیع عمودی سطح برگ‌های ذرت از معادله درجه ۳ نمایی پیروی می‌نماید و به‌صورت زنگوله‌ای شکل با بیشترین تراکم سطح برگ در بخش میانی سایه‌اندازی می‌باشد. به‌طوری‌که با فاصله گرفتن از کف سایه-انداز گیاهی تا برگ‌های میانی ذرت (برگ‌های شماره ۵ تا ۷)، به‌تدریج بر مساحت برگ‌ها افزوده می‌شود و سپس تا برگ نزدیک گل‌تاجی کاهش می‌یابد. بیشترین سطح تک‌برگ‌ها به هیبرید شماره ۴ و کمترین سطح تک‌برگ‌ها به هیبرید شماره ۹ تعلق داشت (شکل ۱).

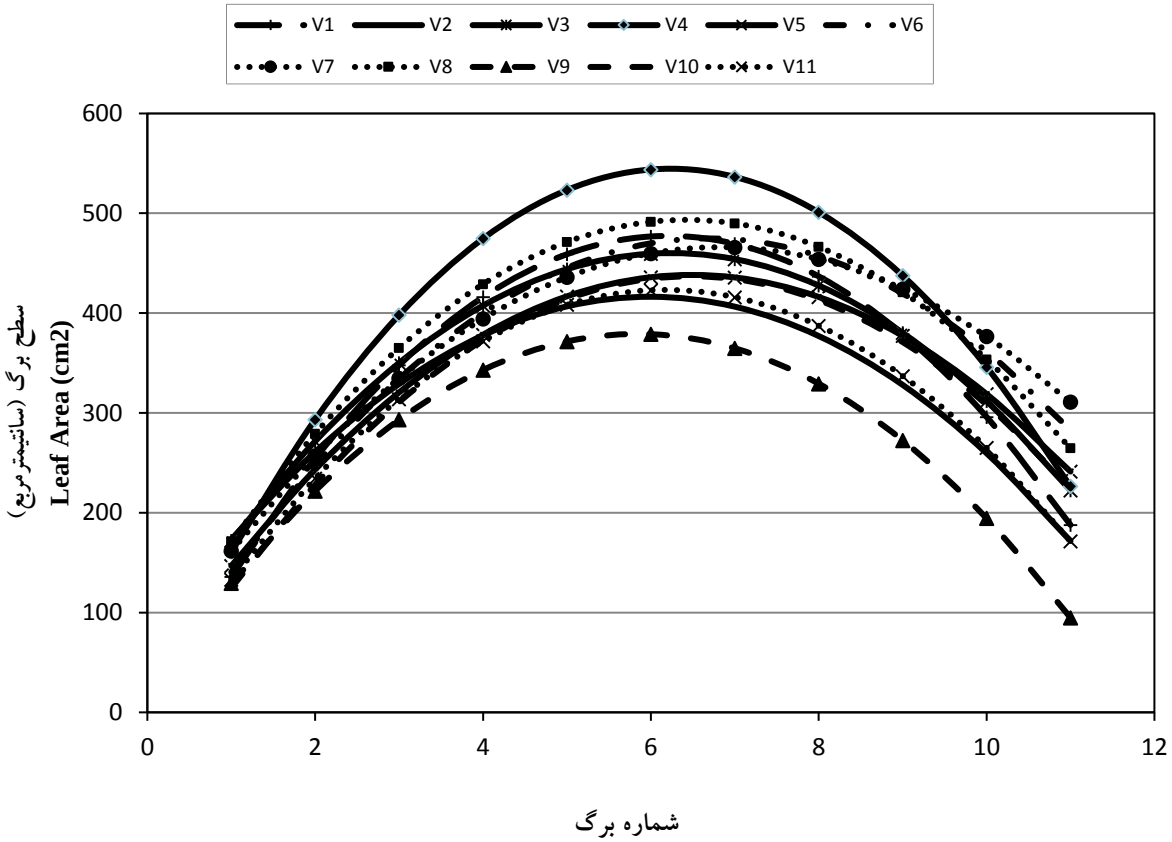
معادلات توزیع عمودی سطح برگ ارقام و ضرایب تبیین آن‌ها در جدول ۳ ارائه شده‌اند.

در این رابطه نیز دیگر پژوهشگران در بررسی توزیع عمودی سطح برگ در ارقام مختلف ذرت به چنین معادلاتی دست یافتند که با نتایج این بررسی مطابقت دارد (رفیعی، ۱۳۹۳؛ Dwyer *et al.*, 1992; Padilla and Otegui, 2005).

شاخص سطح برگ تجمعی

در طول دوره رشد، به‌تدریج بر تعداد و مساحت برگ‌ها (شاخص سطح برگ) افزوده می‌شود. روند افزایش شاخص سطح برگ تجمعی به دلیل افزایش مساحت برگ‌های میانی افزایش یافت و به‌طور مجدد با کاهش مساحت برگ‌های بالایی کاهش نشان داد و در مجموع حداکثر شاخص سطح برگ در گیاه رشد محدود ذرت در زمان گلدهی به‌دست آمد (شکل ۲). رابطه شاخص سطح برگ تجمعی با ارتفاع گیاه در زمان ظهور گل تاجی به‌صورت S شکل بود و از یک معادله درجه ۳ نمایی پیروی نمود. شاخص سطح برگ تجمعی تحت تأثیر هیبرید قرار گرفت و حداکثر و حداقل شاخص سطح برگ کل به ترتیب به-میزان ۳/۳۵ و ۲/۲۶ از هیبریدهای شماره ۴ و ۹ به‌دست آمد (شکل ۲).

www.japb.kiau.ac.ir



شکل ١- رابطه سطح برگ با شماره برگ در هیبریدهای ذرت دانه‌ای

Fig 1. Relationship of leaf area with leaf number in corn hybrids

جدول ٣- معادلات توزیع عمودی سطح برگ هیبریدهای ذرت دانه‌ای و ضرایب تبیین آن‌ها

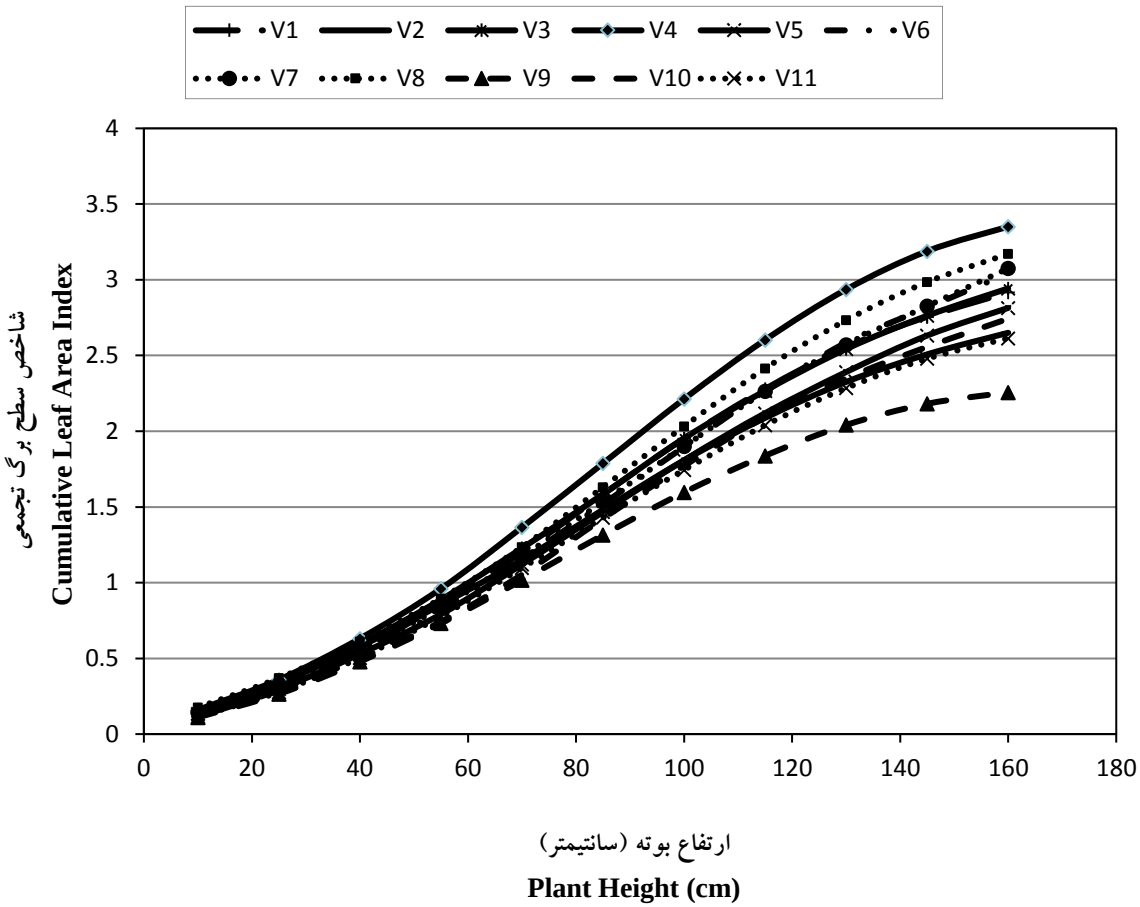
Table 3- Vertical distribution of leaf area of corn hybrids and their explanation coefficients

شماره هیبرید Hybrid number	معادله رگرسیونی Regression equation	ضریب تبیین explanation coefficient
V1	LA = - 8.01 + 156.4 L.No - 12.60 L.No^ 2	R^2= 97.3%
V2	LA = 66.13 + 116.9 L.No - 9.755 L.No^ 2	R^2= 97.0%
V3	LA = 51.77 + 130.9 L.No - 10.49 L.No^ 2	R^2= 96.8%
V4	LA = - 0.31 + 174.7 L.No - 14.01 L.No^ 2	R^2= 95.5%
V5	LA = 30.79 + 125.6 L.No - 9.679 L.No^ 2	R^2= 95.6%
V6	LA = 12.62 + 138.2 L.No - 10.33 L.No^ 2	R^2= 92.8%
V7	LA = 48.45 + 122.2 L.No - 8.939 L.No^ 2	R^2= 93.7%
V8	LA = 41.71 + 140.6 L.No - 10.94 L.No^ 2	R^2= 88.4%
V9	LA = 15.36 + 124.6 L.No - 10.67 L.No^ 2	R^2= 98.7%
V10	LA = 0.28 + 134.7 L.No - 10.39 L.No^ 2	R^2= 90.4%
V11	LA = 10.01 + 133.8 L.No - 10.83 L.No^ 2	R^2= 98.2%

LA، سطح برگ و L.No، شماره برگ.

LA, leaf area and L.No, number of leaf.

www.japb.ir



شکل ۲- رابطه شاخص سطح برگ تجمعی با ارتفاع در هیبریدهای ذرت دانه‌ای

Fig 2- Relationship of cumulative leaf area index with plant height in corn hybrids

رفیعی (۱۳۹۳) در بررسی اثر تنش خشکی، فسفر و روی بر شاخص سطح برگ تجمعی هیبرید دیررس سینگل کراس ۷۰۴ ذرت نیز چنین روندی را گزارش نمود و دریافت که این شاخص تحت شرایط تنش کاهش می‌یابد. ارقام مختلف گیاهان، بیوماس تولیدی خود را با افزایش سطح برگ و وزن خشک بیشتر در واحد سطح برگ به گیاه اختصاص می‌دهند و از این نظر تفاوت معنی‌داری بین گونه‌های مختلف گیاه وجود ندارد، ولی از نظر اختصاص بیوماس بین سطح برگ و یا وزن خشک در واحد سطح برگ اختلاف وجود دارد (Gonzalo *et al.*, 2006). حاج سید هادی و همکاران (۱۳۸۶) در سیب‌زمینی، رضوانی و همکاران (۱۳۹۴) در گندم و رفیعی (۱۳۹۳) در ذرت بیشترین میزان سطح برگ را در لایه‌های میانی کانوپی یافتند و اظهار داشتند که در شرایط تنش و یا رقابت با علف‌های هرز ارتفاع حداکثر تراکم سطح برگ تغییر می‌یابد.

اجزای عملکرد دانه

اختلاف معنی‌داری بین هیبریدها از نظر تعداد ردیف دانه در بلال مشاهده نشد (جدول ۴). در این رابطه می‌توان بیان داشت که تعداد ردیف دانه در بلال یک صفت ژنتیکی است و ارقامی که در یک گروه رسیدگی قرار دارند به‌طورکلی تفاوت معنی-داری از نظر تعداد ردیف دانه در بلال نشان نمی‌دهند (امام، ۱۳۸۲ و صالحی، ۱۳۸۳). بر اساس نتایج به‌دست آمده، تعداد دانه در ردیف در هیبریدهای مورد بررسی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ نشان دادند (جدول ۴). تعداد دانه در ردیف در بین هیبریدهای مورد آزمایش در دامنه ۳۳ تا ۳۷ عدد نوسان داشت. بیشترین تعداد دانه در ردیف مربوط به هیبرید شماره ۲ با میانگین ۳۶/۷۵ عدد و کمترین آن متعلق به هیبرید شماره ۳ با میانگین ۳۲/۷۵ عدد بود (جدول ۵).

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات زراعی و فیزیولوژیک در هیبریدهای ذرت مورد بررسی

Table 4. Analysis of variance (mean square) of agronomic and physiological traits of maize hybrids

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی (df)	انتقال مجدد Remobilization	عملکرد دانه Grain yield	وزن ۴۰۰ دانه 400 seed weight	تعداد دانه در ردیف Number of seeds per row	تعداد ردیف دانه در بلال Number of rows per ear
تکرار Replication	3	405.6 ^{ns}	4208608.0 ^{ns}	31.3 **	38.9 *	0.39 ^{ns}
هیبرید Hybrids	10	227.1 ^{ns}	7271591.9 *	24.7 *	26.2 *	0.77 ^{ns}
خطا Error	30	403.4	3044101.4	7.6	15.5	1.14
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	16.5	23.3	6.3	11.1	6.5

^{ns}، ** و *؛ به ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪

$^{ns, *}$ and **; non-significant, significant at 5 and l percent levels, respectively

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد دانه در هیبریدهای ذرت مورد بررسی

Table 5. Comparison the average of yield and yield components in corn hybrids

شماره هیبرید Hybrid number	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grin yield (kg/ha $^{-1}$)	وزن ۴۰۰ دانه (گرم) 400 seed weight (gr)	تعداد دانه در ردیف Number of seed per row	تعداد ردیف دانه در بلال Number of roe per ear
1	7275.3 ^{c}	96.36 ^{ab}	36.50 ^{a}	17.25 ^{a}
2	6932.1 ^{cd}	90.31 ^{b}	36.75 ^{a}	16.50 ^{a}
3	6237.6 ^{d}	93.60 ^{ab}	32.75 ^{b}	16.75 ^{a}
4	6945.9 ^{cd}	99.69 ^{a}	36.50 ^{a}	15.75 ^{a}
5	6888.4 ^{cd}	102.49 ^{a}	36.00 ^{a}	16.25 ^{a}
6	8339.5 ^{ab}	96.20 ^{ab}	34.50 ^{ab}	16.75 ^{a}
7	8172.8 ^{b}	100.54 ^{a}	36.50 ^{a}	16.25 ^{a}
8	7483.9 ^{c}	91.00 ^{b}	35.75 ^{a}	16.50 ^{a}
9	8147.8 ^{b}	89.81 ^{b}	34.50 ^{ab}	16.00 ^{a}
10	7226.8 ^{c}	101.77 ^{a}	34.50 ^{ab}	16.75 ^{a}
11	8675.5 ^{a}	97.09 ^{ab}	35.00 ^{ab}	17.00 ^{a}

در هر ستون حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار میان تیمارها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ می باشد.

Mean in each column followed by similar letter (s), are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test.

در این رابطه همچنین می‌توان عنوان کرد که تعداد دانه در ردیف نیز یک صفت ژنتیکی محسوب می‌شود اما عوامل محیطی در مراحل مختلف رشد نیز بر این جزء مهم عملکرد دانه ذرت مؤثرند (گلدانی، ۱۳۸۸؛ Popp *et al.*, 2006). تفاوت معنی-داری در بین هیبریدها از نظر وزن ۴۰۰ دانه مشاهده شد (جدول ۴). وزن ۴۰۰ دانه در بین هیبریدهای مورد بررسی در دامنه ۹۰ تا ۱۰۳ گرم نوسان داشت. بیشترین وزن ۴۰۰ دانه مربوط به هیبرید شماره ۵ با میانگین ۱۰۲/۵ گرم و کمترین آن مربوط به هیبرید

www.iapb.kiau.ac.ir

شماره ۹ با میانگین ۸۹/۸ بود (جدول ۵). پژوهشگران طی آزمایشی تغییرات وزن دانه را علاوه بر ژنتیک، تابع شرایط محیطی در دوره پر شدن دانه و اثر متقابل با دیگر اجزای عملکرد عنوان نموده‌اند (Popp *et al*., 2006).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اختلاف بین هیبریدها در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار است (جدول ۴). عملکرد دانه در بین هیبریدهای مورد آزمایش در دامنه ۶۲۳۷ تا ۸۶۷۶ کیلوگرم در هکتار نوسان داشت. بیشترین میزان عملکرد دانه مربوط به هیبرید شماره ۱۱ با میانگین ۸۶۷۵/۵ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن مربوط به هیبرید شماره ۳ با میانگین ۶۲۳۷/۳ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که این نتیجه می‌تواند به دلیل تولید تعداد دانه در ردیف کمتر هیبرید شماره ۳ باشد (جدول ۵). در تفسیر این نتایج می‌توان بیان داشت که پتانسیل ژنتیکی بالا (برآیند مناسب اجزای عملکرد)، دیررسی و طول فصل رشد کافی در منطقه، دلیل برتری عملکرد برخی هیبریدها نسبت به بقیه می‌باشد. دلیل برتری هیبرید شماره ۱۱ را می‌توان در طولانی بودن دوره رشد رویشی و زایشی و برآیند مناسب اجزای عملکرد دانه و وجود بوته‌های دارای دو بلال جستجو نمود. نتایج حاصل از پژوهشی نشان داد که هیبریدهای ذرت دارای فنوتیپ‌های متفاوتی هستند و هیبریدهایی که از لحاظ فنوتیپی طول دوره‌ی زایشی طولانی‌تری داشته باشند پتانسیل تولید عملکرد دانه و زیست‌توده بیشتری نیز دارند (Sherif *et al*., 2012). در رابطه با وجود تنوع در خصوصیات زراعی و عملکرد در میان هیبریدهای ذرت نتایج مشابهی توسط سایر پژوهشگران گزارش شده است که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد (چوکان، ۱۳۹۰؛ رفیعی، ۱۳۹۳؛ گلدانی، ۱۳۸۸؛ خلیلی و همکاران، ۱۳۸۹؛ Padilla and Otegui, 2005). بررسی ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی رابطه معنی‌داری میان عملکرد دانه با شاخص سطح برگ ($-۰/۲۵۴^{ns}$) را نشان نداد، اما نتایج حاصل از یک بررسی، همبستگی مثبت و معنی‌داری میان شاخص سطح برگ و عملکرد دانه ذرت در شرایط تنش خشکی نشان داد (رفیعی، ۱۳۹۳).

انتقال مجدد مواد فتوسنتزی

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اختلاف بین هیبریدها معنی‌دار نشد (جدول ۴). میزان انتقال مجدد در بین هیبریدهای مورد آزمایش در دامنه ۱۷- تا ۲۲- نوسان داشت. بیشترین راندمان انتقال مجدد مربوط به هیبرید شماره ۱ با میانگین ۱۷/۳- و کمترین مقدار مربوط به هیبرید شماره ۳ با میانگین ۲۲/۷- بود که همگی در یک کلاس آماری قرار گرفتند (شکل ۴).

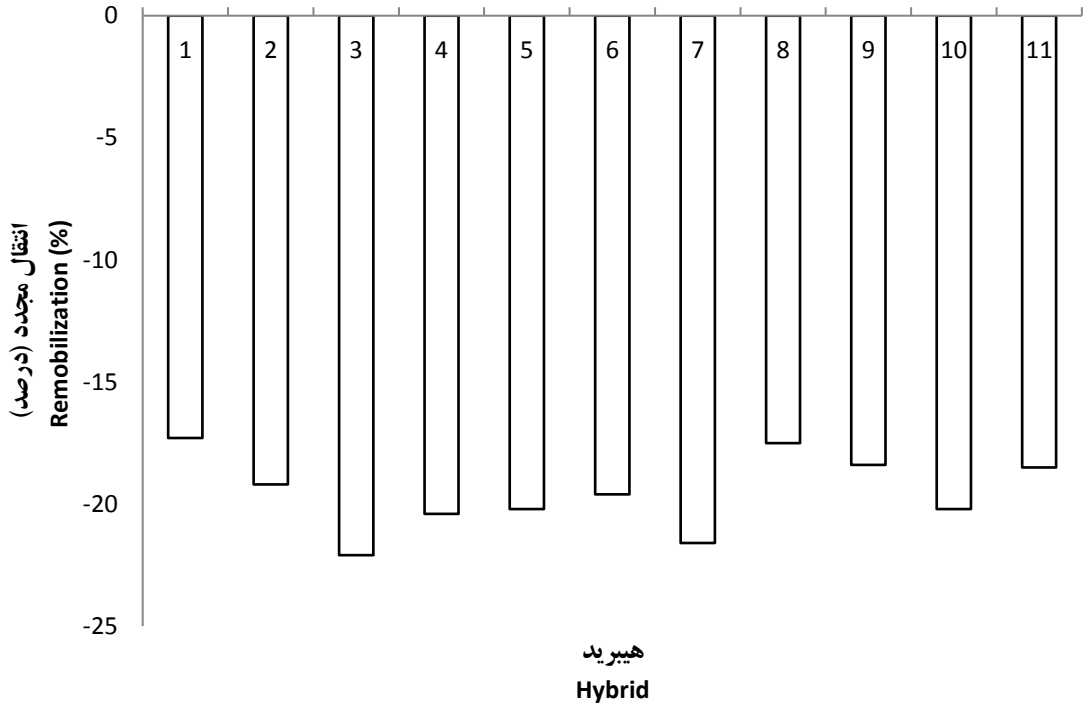
همبستگی معنی‌دار و منفی میان انتقال مجدد با شاخص سطح برگ ($-۰/۵۴^{*}$) مشاهده شد. در این رابطه می‌توان بیان داشت که هیبریدهای با شاخص سطح برگ بیشتر از فتوسنتز جاری بالاتری در طول دوره پر شدن دانه برخوردارند؛ اما همبستگی معنی‌داری میان انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه با عملکرد دانه ($-۰/۳۴۹^{ns}$) مشاهده نشد. منفی بودن ضریب همبستگی برای انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه در ذرت دانه‌ای می‌تواند نشان‌دهنده بالا بودن فتوسنتز جاری در طول دوره پر شدن دانه‌ها باشد، به‌طوری‌که مازاد مواد فتوسنتزی در این مرحله، علاوه بر پر کردن دانه به افزایش وزن بخش‌های رویشی تخصیص یافته است که در این رابطه نیز نتایج مشابهی توسط سایر محققان گزارش شده است که با نتایج این بررسی مطابقت دارد (Borras and Otegui, 2001; Borras *et al*., 2002).

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج این بررسی، توزیع عمودی سطح برگ نشان داد که هیبرید شماره ۱۱ (KSC706) علاوه بر داشتن پتانسیل بالای عملکرد دانه از بالاترین شاخص سطح برگ برخوردار نبود. همچنین همبستگی معنی‌داری میان شاخص سطح برگ با عملکرد دانه در هیبریدها مشاهده نشد، درحالی‌که پیش‌ازاین (رفیعی، ۱۳۹۳) همبستگی معنی‌داری میان حداکثر شاخص سطح برگ با عملکرد دانه در هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ تحت

www.iapb.kiau.ac.ir

تیمارهای مختلف تنش خشکی و کمبود عناصر غذایی گزارش شده است. چنین استنباط می‌شود که تحت شرایط مطلوب زراعی، تولید در هیبریدهای پیشرفته ذرت دانه‌ای تابع شاخص سطح برگ و توزیع عمودی سطح برگ نمی‌باشد. عدم انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه و عدم همبستگی معنی‌دار میان عملکرد دانه با انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از یک‌سو و همبستگی معنی‌دار و منفی میان شاخص سطح برگ با انتقال مجدد از سوی دیگر، همگی نشان‌دهنده بالا بودن فتوسنتز جاری در طول دوره پر شدن دانه در هیبریدهای پیشرفته ذرت دانه‌ای تحت شرایط مطلوب زراعی است. بالا بودن تمام اجزای عملکرد دانه بیانگر این واقعیت است که در هیبریدهای پیشرفته ذرت دانه‌ای محدودیت منبع فیزیولوژیک وجود ندارد، ولی محدودیت مقصد فیزیولوژیک بالا است. به نظر می‌رسد که رفع محدودیت مقصد نه‌تنها از طریق اصلاح نبات (افزایش اندازه بلال)، بلکه از طریق افزایش تراکم مطلوب (تعداد بوته در واحد سطح) در هیبریدهای با توزیع عمودی سطح برگ مناسب‌تر امکان‌پذیر باشد.



شکل ۴- مقایسه میانگین درصد انتقال مجدد در هیبریدهای ذرت دانه‌ای

Fig 4. Comparison of the average remobilization percent in corn hybrids

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه هیبریدهای ذرت

Table 6. Correlation coefficients between studied traits of corn hybrids

ردیف No.		1	2	3	4	5	6
1	وزن ۴۰۰ دانه (گرم) 400 seed weight (gr)	1					
2	تعداد دانه در ردیف Number of seed per row	-0.223 ns	1				
3	تعداد ردیف دانه در بلال Number of roe per ear	-0.039 ns	0.45 ns	1			
4	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grin yield (kg/ha $^{-1}$)	-0.023 ns	0.28 ns	0.37 ns	1		
5	انتقال مجدد Remobilization	0.444 ns	0.018 ns	-0.313 ns	-0.349 ns	1	
6	شاخص سطح برگ Leaf area index	-0.315 ns	-0.233 ns	0.033 ns	-0.254 ns	-0.54 *	1

ns، ** و *؛ به ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪

ns, * and **; non-significant, significant at 5 and l percent levels, respectively

www.iapb.kiau.ac.ir

فهرست منابع

References

الیاسی، ش.، د. ارادتمند اصلی و ا. روحی. ١٣٨٩. تأثیر تنش خشکی قبل و بعد از گلدهی بر انتقال مجدد مواد در ارقام مختلف گندم آبی. مجله زارعت و اصلاح نباتات. ۶(۱): ۲۸-۱۷.

امام، ی. ١٣٨٢. زراعت غلات. دانشگاه شیراز. مرکز نشر.

چوکان، ر. ١٣٩٠. ارزیابی نیاز گرمایی هیبریدهای گروه‌های رسیدگی ذرت در منطقه معتدل فارس. مجله علوم زراعی ایران. ۱۳(۲): ۲۶۸-۲۵۳.

حاج سید هادی، م. ر.، ق. نورمحمدی، م. نصیری محلاتی، ح. رحیمیان، ا. زند. ١٣٨٦. توزیع عمودی ماده خشک و سطح برگ سیب‌زمینی در شرایط رقابت با علف‌های هرز. یافته‌های نوین کشاورزی. ۴(۴): ۳۰۷-۲۹۳.

خلیلی، م.، م. مقدم، ح. کاظمی اربط، م.ر. شکیبا، ه. کانونی، ر. چوکان. ١٣٨٩. اثر تنش خشکی بر ژنوتیپ‌های مختلف ذرت. مجله دانش کشاورزی پایدار. ۲(۱): ۸۴-۶۷.

رضوانی، ح.، ج. اصغری، س. م.ر. احتشامی، ب. کامکار. ١٣٩٤. بررسی تغییرات توزیع عمودی سطح برگ ارقام گندم دیم در رقابت با علف هرز خردل وحشی در گرگان. نشریه زراعت دیم ایران. ۴(۱): ۹۴-۴۵.

رفیعی، م. ١٣٩٣. ذرت: مجموعه مقالات. انتشارات سروا. ۲۴۴ صفحه.

زند، ا.، کوچکی، ع .و نصیری محلاتی، م. ١٣٨٢. تغییر ساختار کانوپی در برخی ارقام گندم اصلاح‌شده ایرانی. مجله دانش کشاورزی. ۱۳(۴): ۲۶-۱۳.

صالحی، ب. ١٣٨٣. بررسی اثرات فاصله ردیف و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت سینگل‌کراس ۷۰۴ در منطقه میانه. مجله علوم زراعی ایران. ۶(۴): ۳۹۵-۳۸۳.

فتحی، ق.، م. هوشی، خ. عالمی سعید، و س.ع. سیادت. ١٣٨٠. اثر تراکم در تاریخ‌های دیرهنگام بر روند رشد و عملکرد دانه ذرت هیبرید سینگل کراس ۶۰۴. مجله علوم و صنایع کشاورزی. ۱۵(۱): ۱۱۳-۱۰۵.

گلدانی، م.، پ. رضوانی مقدم، م. نصیری محلاتی، م. کافی. ١٣٨٨. کارایی مصرف نور در هیبریدهای ذرت با گروه‌های مختلف رسیدگی در پاسخ به تراکم. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۳(۷): ۶۰۴-۵۹۶.

مصطفوی، خ.، م. گلباشی، س. خاوری خراسانی. ١٣٩٠. مطالعه عکس‌العمل هیبریدهای سینگل کراس ذرت دانه‌ای نسبت به تنش خشکی با استفاده از روش‌های چندمتغیره آماری. مجله زراعت و اصلاح نباتات. ۷(۱): ۱۳۲-۱۱۷.

Acock, B., D. A. Charles-Edwards., D. J. Fitter., D. Hand., L. J. Ludwig., J. W. Wilson and A. C. Withers. 1978. The contribution of leaves from different levels within a tomato crop to canopy net photosynthesis: An experimental examination of two canopy models. J. Exp. Bot. 29: 815-827.

Blum, A. 1998. Improving wheat grain filling under stress by stem reserves mobilization. Euphytica. 100: 77– 83.

Borras, L. and M. E. Otegui. 2001. Maize kernel weight response to post-flowering source-sink ratio. Crop Sci. 41: 1816-1822.

Borras, L., J. A. Curba and M. E. Otegui. 2002. Maize kernel composition and post-flowering source-sink ratio. Crop Sci.42: 781-790.

Dwyer, L.M., D. W. Stewart., R. I. Hamilton and L. HOUWING. 1992. Ear position and vertical distribution of leaf area in corn. Agron. J. 84: 430-438.

Eghareuba, P.N., R. D. Horrocks and M. S. Zuber. 2006. Dry matter accumulation in maize (*Zea mays*

www.rapd.kiau.ac.ir

L.) in response to defoliation. Agronomy Journal, 93:40-43.

Farnham, E. 2001. Row spacing, plant density and hybrid effects on corn grain yield and moisture. Agron. J. 93: 1049-1053.

Gonzalo, M., T. Vyon., J. Holland and M. Mclntgre. 2006. Mapping density response in aize: A direct approach for testing genotype and treatment interaction. Agron. J. 93:1049-1053.

Johnson, I. R. and J. H. M. Thornley. 1984. A model of instantaneous and daily canopy photosynthesis. J. Theoret. Biol. 107: 531-545.

Khajehpoor, M. R., F. Sharif Zadeh and Gh. A. Akbari. 1998. Estimating of leaf area in maze. Agric. Sci. and industries J. 12(1): 35-42.

Kobata, T., J. A. Palta and N. C. Turner. 1992. Rate of development of post a thesis water deficits and grain filling of spring wheat. Crop Sci. 32: 1238 – 1242.

Leuning, R., Cromer, R.N. and Rance, S. 1991. Spatial distribution of foliar nitrogen and cphosphorous in crowns of Eucalyptus grandis. Oecologia. 88: 504-510.

Nouri azhar, J. and P. Ehsanzedeh. 2007. Study of relationship of some growth indices and yield of five corn hybrids at two irrigation regime in Esfahan region. J. Sci. and Tech. 41: 261-272.

Papakosta, D. K. and A. A. Gagianas. 1991. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and losses for Mediterranean wheat during grain filling. Agron. J. 83: 864- 870.

Padilla, J. M. and M. E. Otegui. 2005. Co-ordination between leaf Initation and leaf App earance in field-grown maize (*zea mays* L.): Genotypic Differnces in Response of Rates to Temperature Annals of Botany. 96: 997-1007.

Pattey, E. P., P. Rochette., R. L. Desjardins and P. A. Dube. 1991. Estimation of the net CO2 assimilation rate of a maize canopy from leaf chamber measurements. Agric. Forest. Meteorol. 55: 37-57.

Popp, M., J. Edwards., P. Manning and L. Purcell. 2006. Plant population density and maturity effects on profitability of short – season maize production in the midsouthern USA. Agron. J. 98: 760-765.

Rich, A. M. and K. A. Renner. 2007. Row spacing and seedling rate effect on Eastern Black Nightshade (*Solanum ptycanthum*) and Soybean. Weed Technology. 21: 124-130.

Saberali, S. F., S. A. Sadatnouri., A. Hejazi and E. Zand. 2007. influence of plant density and planting pattern of corn on its growth and yield under competition with common Lambesquarters (*Chenopodium album*). J. Res. Prod. 74: 143-152.

Sangoi, L. 2000. Understanding plant density effects on maize growth and development: An important issue to maximize grain yield. Ciencia Runal, Santa Maria. 31: 159-168.

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

Turhollow, A. F., E. G. Webb and M. E. Downing. 2010. Review of Sorghum Production Practices: Applications for Bioenergy. UT-Battelle. USA.

Westgate, M. E. 1994. Water status and development of the maize endosperm and embryo during drought. Crop Sci. 34: 76-83.

ISSN NO: 2008-8485

Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding
Vol 14. No. 2, 2018

Iranian Journal of Agronomy & Plant Breeding Islamic Azad University, Karaj Branch

Study on Vertical Distribution of Leaf Area, Yield and Assimilate Remobilization in Grain Corn Hybrids (*Zea Mays* L.)

M. Rafiee[*1] and M. A. Bahari[2]

Received date: 29 November 2017 Accepted date: 06 March 2018

Abstract

In order to determine the vertical distribution of leaf area index and remobilization of assimilates to grain in mid- and late maturing hybrids of grain corn, an experiment was carried out in Randomize complete block design (RCBD) with four replications in Lorestan Agriculture Research Center in 2014. Average numbers of green leaves in investigated hybrids at flowering stage were 11. Vertical distribution of leaf area index curve was third-order polynomial as bell-shaped with highest leaf area density in the middle of canopy. A third-order polynomial accurately as S-shaped curve described the relationship between cumulative leaf area index (LAI) and plant height at tassel emergence stage. Maximum and minimum of total LAI were achieved from hybrids 4 and 9 respectively, but highest and lowest grain yield achieved from hybrids 11 and 3 (8675.5 and 6237.3 kg/ha, respectively). No remobilization was found between hybrids. Significant and negative correlation between remobilization and LAI (-0.54*), non-significant correlation between grain yield and LAI and lack of remobilization indicates a high level of current photosynthesis in the grain filling stage with a severe physiological sink restriction in advanced grain corn hybrids.

Keywords: Canopy, leaf area density, leaf area index, physiological sink.

www.iapb.kiau.ac.ir

1- Assist. Prof., Seed and Plant Improvement Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Khorramabad, Iran.
2- MS of Agronomy, Jahad-e-Keshavarzi Organization of Lorestan Province, Khorramabad Branch, Khorramabad, Iran.
* Corresponding author: rafieemasoud@yahoo.com