

کارایی مصرف نور در هیبریدهای ذرت با گروه های مختلف رسیدگی در پاسخ به تراکم

مرتضی گلدانی^۱، پرویز رضوانی مقدم^۲، مهدی نصیری محلاتی^۲ و محمد کافی^۲

چکیده

تعیین تراکم مطلوب موجب بهبود کمیت و کیفیت محصول شده و در رسیدن به پتانسیل تولیدی گیاه نقش مهمی ایفا می کند. لذا به منظور بررسی عملکرد و اجزاء عملکرد سه تیپ رشدی ذرت در هفت تراکم مختلف، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. تیپ های رشدی شامل V_1 = رقم دیررس (۷۰۴)، V_2 = رقم متوسط رس (۵۰۴) و V_3 = رقم زودرس (۲۶۰) در هفت تراکم $D_1 = 30$ ، $D_2 = 50$ ، $D_3 = 70$ ، $D_4 = 90$ ، $D_5 = 110$ ، $D_6 = 130$ و $D_7 = 150$ هزار بوته در هکتار در آزمایشی به صورت طرح کرت‌های نواری در سه تکرار اجرا شد. نتایج آزمایش نشان داد که با افزایش تراکم میزان کارایی استفاده از نور زیاد شد، بطوریکه برای رقم دیررس ۷۰۴ در تراکم ۱۵ بوته در متر مربع (۱/۱۰۳ گرم بر مگا ژول)، برای رقم متوسط‌رس در تراکم ۱۵ بوته در متر مربع (۱/۲۱۴ گرم بر مگا ژول) و برای رقم زودرس در تراکم ۱۵ بوته در متر مربع (۱/۲۶۷ گرم بر مگا ژول) بود. متغیر تراکم اثر معنی داری بر تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در بلال، وزن صد دانه و وزن دانه در بوته داشت. بیشترین عملکرد برای رقم دیررس در تراکم D_3 (۱۱۳۳۴ کیلوگرم در هکتار)، برای رقم متوسط‌رس در تراکم D_4 (۱۰۹۳۷ کیلوگرم در هکتار) و برای رقم زودرس در تراکم D_6 (۷۵۹۱ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. افزایش تراکم بیش از حد مطلوب منجر به افزایش عملکرد بیولوژیکی و کاهش عملکرد اقتصادی شد. ولی در تراکم خیلی بیش از حد به علت رقابت شدیدتر بین بوته عملکرد بیولوژیکی در رقم دیررس کاهش نشان داد. شاخص برداشت با افزایش تراکم و کوتاه شدن طول فصل رشد کاهش یافت. این بررسی نشان داد که حصول عملکرد مطلوب به تیپ رشد گیاه و تراکم بستگی دارد. بطوریکه برای رقم دیررس با طول دوره رشد بیشتر می توان تراکم را کمتر و برای رقم متوسط رس و زودرس، تراکم را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: رقم، کارایی مصرف نور، عملکرد، اجزای عملکرد، ذرت.

مقدمه

ژنوتیپ، شرایط آب و هوایی، حاصلخیزی خاک و الگوی کاشت می توان تغییر داد (۵). هرگاه نهاده‌های ضروری رشد گیاه در یک محیط و زمان مشخص به میزان مناسب وجود داشته باشد، توانایی تولید را می توان با توزیع مناسب بوته‌ها در درون پوشش گیاهی تعیین کرد (۲). در گیاه ذرت هرچه تراکم کاشت بیشتر باشد، نسبت تشعشع خالص در سطح زمین به مقدار آن در بالای جامعه گیاهی کمتر است (۴ و ۸). با وجود اینکه افزایش تعداد بوته در واحد سطح باعث افزایش شاخص سطح برگ می شود ولی عملکرد تک بوته به علت افزایش

گیاه ذرت بعد از گندم و برنج سومین گیاه مهم زراعی در جهان می باشد (۱). تعیین تراکم مطلوب برای استفاده مناسب از نهاده‌هایی مانند زمین، آب، نور و مواد غذایی ضروری به نظر می رسد بطوریکه موجب بهبود کمیت و کیفیت محصول شده و در نزدیک شدن به پتانسیل تولیدی گیاه نقش مهمی ایفاء می کند. از آنجا که از ویژگی های مهم ارقام اصلاح شده ذرت، عدم تولید پنجه و تک بلالی بودن است لذا تعداد بوته در واحد سطح حائز اهمیت است. تراکم مطلوب را جهت حصول عملکرد بیشتر براساس

نسبت به هیبریدهای متوسط رس و دیررس به علت برگ سازی و شاخص سطح برگ کمتر از تراکم پذیرتری بیشتر برخوردار هستند (۱۴ و ۱۵).

طی آزمایشی (۲) اثر تراکم بر عملکرد هیبریدهای تک بلال قدیم و جدید ذرت بررسی شد که بیشترین عملکرد دانه از تراکم ۹ بوته در مترمربع بدست آمد و بیشترین بیوماس مربوط به تیمارهای ۹ و ۱۲ بوته در مترمربع بود. عملکرد دانه در هر بوته به طور خطی با افزایش تراکم در تمام هیبریدها کاهش نشان داد که تابعی از شدت تراکم گیاه بود. تابع اجزاء عملکرد کاهش خطی در واکنش به افزایش تراکم داشتند، آنها گزارش کردند که رقابت گیاهان بین مرحله رویشی و گرده افشانی اثر بیشتری بر کاهش عملکرد دانه دارد که بین ۸ تا ۲۱ درصد شبیه به هیبریدهای مورد استفاده و محل آزمایش متفاوت بود. در این تحقیق کاهش عملکرد دانه به کاهش تعداد دانه در بلال نسبت داده شد.

هدف از این تحقیق تعیین مناسب ترین تراکم برای حصول حداکثر عملکرد در ارقام دیررس، میان رس و زودرس گیاه ذرت در شرایط آب و هوایی مشهد می باشد.

مواد و روش ها

آزمایش در سال ۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا اجرا شد. خاک زمین مورد کشت دارای بافت لومی بود و در سال گذشته به صورت آیش بود. در زمان آماده سازی زمین بر اساس آزمایش خاک معادل ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم و در مرحله ۵ برگی نیز مقدار ۷۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره برای تمام تیمارها به زمین داده شد. کنترل علف های هرز به صورت دستی انجام شد. آزمایش به صورت طرح کرت های نواری در سه تکرار اجرا شد. متغیرهای این آزمایش عبارتند از: الف) متغیر رقم در سه سطح $V_1 = 7$ رقم زود رس (۲۶۰)، $V_2 = 7$ رقم متوسط رس (۵۰۴) و $V_3 = 7$ رقم دیررس (۷۰۴). ب) متغیر تراکم شامل ۷ سطح $D_1 = 30$ ، $D_2 = 50$ ، $D_3 = 70$ ، $D_4 = 90$ ، $D_5 = 110$ ، $D_6 = 130$ و $D_7 = 150$ هزار بوته در هکتار بود. ابعاد

رقابت درون گونه ای کاهش می یابد (۵). اصغری و همکاران (۱) نشان دادند عکس العمل تولید دانه توسط گیاه در واحد سطح نسبت به افزایش تعداد بوته در واحد سطح سهمی است و پس از رسیدن به تراکم مطلوب، کاهش می یابد. کاهش عملکرد دانه در تراکم های بالاتر از حد مطلوب مربوط به ناهماهنگی در ظهور گل های نر و ماده است که باعث افزایش بلال های نازا و کاهش تعداد دانه در بلال می شود (۱۰).

مونیت (۱۳) اظهار داشتند در تراکم های معمولی گیاه ذرت، برگ های پایین بشدت تحت تاثیر سایه اندازی برگ های بالایی قرار می گیرند و پیری زودرس این برگ ها احتمالاً به علت کاهش شدت جریان تشعشع فتوسنتزی، کاهش جذب عناصر و تولید می باشد. در تراکم بالاتر حدود ۱/۳ بالای کانوپی، حداکثر تشعشع خورشیدی دریافتی توسط گیاه ذرت را جذب کرده و برگ های پایینی در سایه قرار می گیرند. بنابراین می توان اظهار داشت اگر عناصر غذایی و تشعشع کافی برای برگ های پایینی فراهم باشد، آنها مانند برگ های بالایی در فرایند فتوسنتز سهمیم بوده و دیرتر پیر می شوند. هاشمی دزفولی و همکاران (۱۲) در مطالعه اثر تراکم بر میزان تشعشع دریافتی توسط گیاه ذرت اظهار داشتند که با افزایش تراکم ذرت از ۳ به ۱۲ بوته در متر مربع مقدار تشعشع در سطح بلال از ۴۸ درصد به ۱۵ درصد کاهش یافت، و هنگامی که تراکم از ۳ به ۷٫۵ بوته در متر مربع افزایش یافت میزان تشعشع در سطح زمین ۲۰ درصد کاهش پیدا کرد.

حد مطلوب تراکم گیاه ذرت با توجه به رقم (زودرس، متوسط رس و دیررس) و موقعیت های جغرافیایی متفاوت است. به طوریکه ارقام دیررس با افزایش تعداد و دوام سطح برگ و جذب تشعشع بیشتر حداکثر ماده خشک را تولید می کنند از سوی دیگر حداکثر ماده خشک به وسیله تراکم های بالا در ارقام زودرس قابل جبران است (۱۰ و ۱۳). ارقام دیررس فرصت بیشتری جهت انتقال مواد فتوسنتزی دارند، بطوریکه ارقام دیررس دارای تعداد بلال در بوته (۱/۳ عدد) و تعداد دانه در بلال (۵۰۲ عدد) بیشتر نسبت به هیبرید میان رس بودند (۸). بنابراین افزایش تراکم و به دنبال آن افزایش جذب و مصرف تشعشع تأثیر مستقیمی بر رشد و تولید هیبریدهای مختلف دارد. بطوریکه هیبریدهای زودرس

در این معادله Γ ضریب نشر اتمسفر، n و N به ترتیب تعداد ساعات آفتابی و طول روز A و B ضرایب آنگستروم می‌باشند. مقادیر A و B برای مشهد بترتیب معادل $۰/۳$ و $۰/۳۷$ در نظر گرفته شد.

$$I_{abc} = I_0 * (1 - e^{-K * LAI_t}) \quad \text{معادله (۳)}$$

با داشتن مقادیر شاخص سطح برگ روزانه (LAI_t) و تشعشع ورودی روزانه (I_0)، مقادیر تشعشع جذب شده روزانه (I_{abc}) توسط گیاه بر حسب مگاژول در متر مربع در روز با استفاده از معادله (۳) محاسبه شد ($K = ۰/۷$). کارآیی مصرف نور ($RUE, g/MJ$) از طریق محاسبه شیب خط رگرسیون بین تشعشع جذب شده تجمعی (MJ در متر مربع) و ماده خشک تجمعی (گرم بر متر مربع) برآورد شد. محاسبات آماری مورد نیاز با استفاده از نرم افزارهای $Excel$ ، $Mstat - C$ و $SlidWrite$ انجام پذیرفت و از آزمون LSD برای مقایسه میانگین ها استفاده شد.

نتایج و بحث

تعداد ردیف دانه در بلال

اختلاف تراکم‌های مختلف از نظر تعداد ردیف در بلال معنی دار ($p \leq ۰/۰۱$) بود (جدول ۳). بطوری که بیشترین تعداد ردیف در بلال در تراکم D_1 (۴۳) و کمترین آن در تراکم D_7 (۲۴) بدست آمد و نسبت به تیمار شاهد (سه بوته در متر مربع) در تراکم‌های D_2, D_3, D_4, D_5, D_6 و D_7 بترتیب ۸۶، ۷۹، ۸۳، ۷۴، ۶۵ و ۵۵ درصد بود. حداکثر و حداقل تعداد ردیف در بلال به ترتیب برای رقم دیررس (۳۸) و رقم زودرس (۲۹) حاصل شد. تفاوت ارقام در عکس العمل به تراکم‌های مختلف نشان داد که حداکثر تعداد ردیف در بلال در تراکم D_1 برای رقم دیررس (۴۵) و حداقل آن در تراکم D_7 برای رقم زودرس (۲۱) بدست آمد (جدول ۱). تعداد ردیف دانه در بلال با تعداد دانه در بلال همبستگی مثبت و معنی داری داشت (جدول ۲). با وجود اینکه طی بررسی‌های انجام شده (۲، ۶) محققین اظهار داشتند که تعداد ردیف دانه در بلال در تراکم‌های مختلف ثابت می‌ماند و به ندرت تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرند، بنابراین نقش کمتری در تعیین عملکرد دارد. ولی به نظر می‌رسد کاهش تعداد ردیف دانه در بلال در تراکم‌های بالا به دلیل کاهش نفوذ نور به داخل پوشش

کرت‌های آزمایش ۵×۵ متر مربع و هر کرت شامل ۷ ردیف کاشت که فاصله بین دو ردیف ۷۵ سانتی متر بود. فاصله بین بلوک‌ها ۱ متر و فاصله بین کرت‌ها $۰/۵$ متر اعمال شد. عمق کاشت حدود ۵ سانتی متر بود. رقم دیررس (۷۰۴) در تاریخ ۱۳۸۵/۲/۲۰ کاشت شد و به فاصله هر بیست روز رقم میان رس و سپس رقم زودرس کاشت شد. آبیاری به صورت نشتی بلافاصله پس از کاشت و سپس در طول فصل رشد هر ۷ روز یکبار انجام شد. اجزاء عملکرد قبل از برداشت از طریق نمونه برداری گیاهان از $۰/۷۵$ مترمربع که بصورت تصادفی مشخص و براساس آن صفاتی از قبیل تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در بلال، وزن دانه در بوته، وزن صد دانه، و شاخص برداشت اندازه گیری شد. عملکرد بیولوژی و عملکرد دانه پس از حذف حاشیه‌ها (ردیف‌های کناری) از دو متر مربع تعیین گردید.

محاسبه کارآیی مصرف نور

برای تعیین کارآیی مصرف نور میزان ماده خشک تجمعی، شاخص سطح برگ و میزان تشعشع تجمعی جذب شده در طول دوره رشد اندازه گیری شد. میزان ماده خشک تجمعی با نمونه برداری از بیوماس تولیدی (یک متر مربع) در مقاطع زمانی طی دوره رشد به دست آمد.

مقادیر شاخص سطح برگ روزانه با برازش تابع لجستیک پیک (معادله ۱) به مقادیر LAI اندازه گیری شده (Y) تعیین گردید.

معادله (۱)

$$Y = a_0 + a_1 * 4 * (\exp(-(x - a_2) / a_3)) / (1 + \exp(-(x - a_2) / a_3))^2$$

که در آن a_0 عرض از مبدأ (مقدار Y در زمان $x=0$)، a_1 زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ، a_2 میانگین سرعت نسبی رشد سطح برگ، a_3 زمان شروع مرحله خطی رشدی شاخص سطح برگ و x زمان می‌باشند. به این ترتیب شاخص سطح برگ روزانه محاسبه شد.

مقادیر تشعشع ورودی روزانه (I) بر اساس روش توصیف شده برای مشهد محاسبه گردید. سپس این مقادیر بر اساس تعداد ساعات آفتابی اخذ شده از ایستگاه هواشناسی مشهد و بر اساس معادله آنگستروم (معادله ۲) تصحیح گردید.

$$\Gamma = A + B(n/N) \quad \text{معادله (۲)}$$

گیاهی و محدودیت مواد غذایی و فضای رویشی برای گیاه باشد بطوریکه ظرفیت ذخیره سازی مخزن نیز در این حالت کاهش یافته است.

تعداد دانه در بلال

اثر تراکم های مختلف بر تعداد دانه در بلال معنی دار ($p \leq 0/01$) شد (جدول ۳). بطوریکه بیشترین تعداد دانه در بلال در تراکم D_1 (۵۴۷ عدد) و کمترین آن در تراکم D_7 (۲۹۸ عدد) بدست آمد و نسبت به تیمار شاهد (سه بوته در متر مربع) در تراکم های D_2, D_3, D_4, D_5, D_6 و D_7 بترتیب ۹۱، ۸۶، ۸۲، ۷۲، ۷۳ و ۵۴ درصد بود. ارقام از نظر تعداد دانه در بلال متفاوت بودند. بطوریکه حداکثر و حداقل آن به ترتیب در رقم دیررس (۵۰۷ عدد) و در رقم زودرس (۳۹۵ عدد) حاصل شد. عکس العمل ارقام نسبت به تراکم های مختلف نشان داد که بیشترین تعداد دانه در بلال در تراکم D_2 برای رقم دیررس یعنی ۵۹۹ عدد و کمترین آن در تراکم D_7 برای رقم متوسط رس یعنی ۲۷۱ عدد بدست آمد (جدول ۱). تعداد دانه در بلال با تعداد ردیف دانه در بلال و وزن دانه در بوته همبستگی مثبت و معنی داری داشت (جدول ۲). تعداد دانه در بلال نتیجه تأثیر تعداد ردیف دانه در بلال و تعداد دانه در هر ردیف بلال می باشد. به نظر می رسد به علت اینکه با افزایش تراکم، قطر بلال و طول بلال کاهش می یابد تعداد دانه در بلال نیز کم شده است. هاشمی و همکاران (۱۲) گزارش کردند که با افزایش تراکم جذب نور در قسمت های پایین پوشش گیاهی کمتر می شود و به علت وجود سایه و فاصله بیشتر بین زمان گرده افشانی و زمان کاکل دهی در تراکم های بالا تعداد تخمک های کمتری تلقیح شده و تعداد دانه در بلال در این تراکم ها کاهش می یابد. نتایج بررسی انجام شده (۷) در سطوح تراکم های مختلف از ۱۱۳۲۵ تا ۴۵۳۰۲ بوته در هکتار نشان داد که از ۲۰ درصد کاهش عملکرد در تراکم بالا، ۱۴ درصد آن مربوط به تعداد دانه در بلال بود. فارن هام (۱۰) ۲۱ درصد کاهش تعداد دانه در بلال را در زمانی که گیاهان در طی دوره گلدهی تحت تأثیر سایه بودند، گزارش کرد. پاپ و همکاران (۱۴) نشان دادند که با افزایش تشعشع درون پوشش گیاهی تعداد دانه در بلال ۱۴ درصد افزایش می یابد. در بررسی دیگر (۴) با افزایش تراکم از ۴۷۵۰۰ به ۷۱۴۰۰

گیاه در هکتار تعداد دانه در هر بلال ۶ درصد کاهش یافت.

وزن صد دانه

اثر تراکم بر وزن صد دانه معنی دار ($p \leq 0/05$) بود (جدول ۳). بطوریکه حداکثر و حداقل وزن صد دانه به ترتیب در تراکم D_1 (۲۹ گرم) و در تراکم D_7 (۲۲ گرم) بدست آمد. بیشترین و کمترین وزن صد دانه به ترتیب در رقم دیررس V_1 (۲۸ گرم) و برای رقم زودرس V_3 (۲۳ گرم) حاصل شد. اثر متقابل رقم و تراکم بر وزن صد دانه معنی دار ($p \leq 0/01$) بود. بطوریکه بیشترین وزن صد دانه در تراکم D_1 برای رقم دیررس (۳۷ گرم) و کمترین آن در تراکم D_6 برای رقم متوسط رس (۲۰ گرم) بدست آمد. سانگویی (۱۵) اظهار داشت با افزایش یک گیاه در مترمربع وزن صد دانه به میزان ۰/۶ تا ۰/۹ گرم کاهش می یابد. از طرفی با افزایش تراکم فاصله بین زمان کاکل دهی و ظهور تاسل افزایش می یابد و به علت سایه اندازی بیشتر در تراکم های بالا بوته ها از منبع کمتری برخوردار هستند و ظرفیت ذخیره سازی مخزن نیز کاهش می یابد لذا با افزایش تراکم، گیاه به عوامل محیطی (نور، عناصر غذایی، تهویه مناسب) کمتری دسترسی دارد و مواد فتوسنتزی کمتر به دانه ها منتقل می کند (۶).

وزن دانه در بوته

اثر تراکم های مختلف بر وزن دانه در بوته معنی دار ($p \leq 0/01$) بود (جدول ۳). بطوریکه حداکثر وزن دانه در بوته در تراکم D_1 (۱۶۱ گرم) و حداقل آن در تراکم D_7 (۷۵ گرم) بدست آمد و نسبت به تیمار شاهد (سه بوته در متر مربع) در تراکم های D_2, D_3, D_4, D_5, D_6 و D_7 بترتیب ۸۱، ۷۷، ۷۴، ۵۶، ۵۳ و ۴۶ درصد بود. در بین ارقام از نظر وزن دانه در بوته اختلاف مشاهده شد که بیشترین و کمترین آن به ترتیب در رقم دیررس (۱۳۲ گرم) و رقم زودرس (۸۶ گرم) حاصل شد. اثر متقابل رقم و تراکم نشان داد که بیشترین وزن دانه در بوته در تراکم D_1 برای رقم دیررس (۱۸۴ گرم) و در تراکم D_6 و D_7 برای رقم زودرس (۶۱ گرم) بدست آمد. با افزایش تراکم وزن دانه در بوته به طور خطی کاهش یافت، که با نتایج سایر محققان (۳ و ۷) مطابقت دارد. وزن دانه در بوته با تعداد دانه در بلال، وزن

جدول ۱: اثر متقابل تراکم و رقم بر تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در بلال، وزن دانه در بوته، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت گیاه ذرت

شاخص برداشت (%)		عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)		عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)		وزن دانه در بوته (گرم)		وزن صد دانه (گرم)		تعداد دانه در بلال		تعداد ردیف در بلال		تیمار
۵۱	ab	۱۴۵۶۷	c	۷۳۷۳	d	۱۶۱	a	۲۹	a	۵۴۷	a	۴۳	a	D۱
۴۹	b	۱۶۴۷۹	bc	۸۰۹۷	cd	۱۳۲	ab	۲۸	ab	۴۹۶	ab	۳۷	ab	D۲
۴۹	b	۱۸۵۵۳	b	۹۰۸۹	bc	۱۳۴	bc	۲۷	abc	۴۷۲	abc	۳۴	abc	D۳
۵۲	a	۱۸۶۶۱	b	۱۰۶۶۴	a	۱۱۹	ab	۲۵	bcd	۴۴۸	bc	۳۶	abc	D۴
۵۰	ab	۱۷۶۱۵	b	۹۲۱۷	b	۹۰	cd	۲۲	bcd	۳۹۲	cd	۳۲	bcd	D۵
۴۰	c	۲۲۰۱۸	a	۸۸۲۵	bc	۸۵	d	۲۳	cd	۴۰۴	bc	۲۸	cd	D۶
۴۰	c	۲۳۰۲۴	a	۸۵۷۳	bc	۷۵	d	۲۲	d	۳۹۸	d	۲۴	d	D۷
۲/۳		۲۲۱۸		۱۰۵۳		۳۳		۳/۷		۹۸/۲		۸/۴		LSD (-/۰.۵)
۴۹	a	۲۲۲۷۳	a	۱۰۱۷۹	a	۱۳۲	a	۲۸	a	۵۰۷	a	۳۸	a	V۱
۴۵	b	۲۰۴۹۹	a	۹۲۷۹	a	۱۱۷	a	۲۵	a	۴۰۹	a	۳۳	a	V۲
۴۸	ab	۱۴۴۸۰	b	۷۰۴۵	b	۸۶	a	۲۳	a	۳۹۵	a	۲۹	a	V۳
۴/۰		۳۳۳۲		۱۶۰۳		۴۹		۵/۰		۱۴۱/۰		۶/۶		LSD (-/۰.۵)
۵۳	a	۱۷۱۴۹	defg	۹۱۰۲	cd	۱۸۴	a	۳۷	a	۵۸۲	a	۴۵	a	D۱۷۱
۴۷	de	۱۶۲۴۱	efg	۷۵۹۵	ef	۱۶۸	ab	۲۸	bcd	۵۵۱	ab	۴۳	ab	D۱۷۲
۵۳	ab	۱۰۳۱۰	i	۵۴۲۲	h	۱۳۰	bcddefg	۲۳	fgh	۵۰۷	ab	۴۰	abcde	D۱۷۳
۵۲	abc	۱۹۸۹۹	bcd	۱۰۲۹۸	abcd	۱۵۸	abc	۳۱	b	۵۹۹	a	۴۲	abcd	D۲۷۱
۴۷	de	۱۸۶۷۷	cdef	۸۷۷۵	de	۱۴۰	abcde	۲۸	bcd	۴۴۱	abc	۴۰	abcde	D۲۷۲
۴۸	cd	۱۰۸۶۰	i	۵۳۱۸	h	۹۷	defgh	۲۴	defgh	۴۵۰	abc	۳۰	bcddefg	D۲۷۳
۵۴	a	۲۰۹۵۹	bc	۱۱۳۳۴	a	۱۴۵	abcd	۳۰	bc	۵۴۱	ab	۴۳	abc	D۳۷۱
۴۵	def	۳۱۷۹۰	bc	۹۹۸۰	abcd	۱۱۷	bcddefg	۲۶	defg	۴۷۲	abc	۲۹	cddefg	D۳۷۲
۴۷	de	۱۲۹۱۰	hi	۵۹۵۲	gh	۱۱۰	cdefg	۲۵	defg	۴۰۲	abc	۳۱	abcdefg	D۳۷۳
۵۵	a	۱۸۹۸۸	cde	۱۰۵۳۰	abc	۱۳۵	abcdef	۲۳	efgh	۵۴۱	ab	۴۰	abcde	D۴۷۱
۴۹	bcd	۲۲۵۱۰	b	۱۰۹۳۷	ab	۱۳۱	bcddefg	۲۷	cdef	۴۱۲	abc	۲۸	defg	D۴۷۲
۵۳	a	۱۲۹۱۰	hi	۱۰۵۲۷	abc	۹۰	efgh	۲۳	efgh	۳۹۱	abc	۲۹	defg	D۴۷۳
۵۵	a	۱۸۷۱۹	cdef	۱۰۲۷۰	abcd	۱۰۱	defgh	۲۵	defg	۴۴۲	abc	۳۷	abcdef	D۵۷۱
۴۷	de	۲۱۲۱۷	bc	۹۸۸۹	abcd	۸۶	fgh	۲۳	fgh	۳۵۱	bc	۳۷	abcdef	D۵۷۲
۵۲	abc	۱۴۴۸۷	gh	۷۴۹۳	efg	۸۲	gh	۲۴	defgh	۳۸۸	abc	۲۸	efg	D۵۷۳
۳۵	h	۲۸۹۱۱	a	۱۰۱۰۷	abcd	۱۰۷	cdefgh	۲۵	defg	۴۹۴	ab	۳۱	bcddefg	D۶۷۱
۴۱	z	۲۱۴۴۰	bc	۸۷۷۶	de	۹۰	efgh	۲۴	defgh	۳۶۷	bc	۲۷	efg	D۶۷۲
۴۵	def	۱۵۷۰۱	fgh	۷۵۹۱	ef	۶۱	h	۲۲	gh	۳۵۰	bc	۲۷	efg	D۶۷۳
۳۵	h	۲۷۷۰۸	a	۹۶۱۲	bcd	۸۵	fgh	۲۴	defgh	۳۴۶	bc	۲۷	efg	D۷۷۱
۴۲	fg	۲۱۶۲۱	bc	۸۹۹۸	cde	۸۰	gh	۲۰	h	۲۷۱	c	۲۵	fg	D۷۷۲
۴۴	efg	۱۹۷۴۳	bcd	۷۱۱۱	fg	۶۱	h	۲۲	gh	۲۷۶	c	۲۱	z	D۷۷۳
۴/۳		۳۱۷۰		۱۶۱۸		۵۱		۴/۴		۲۱۳/۶		۱۳/۷		LSD (-/۰.۵)

(D۱ = ۳۰، D۲ = ۵۰، D۳ = ۷۰، D۴ = ۹۰، D۵ = ۱۱۰، D۶ = ۱۳۰، D۷ = ۱۵۰ هزار بوته در هکتار)

(V۱ = رقم دیررس ۷۰۴، V۲ = رقم متوسط ۵۰۴ و V۳ = رقم زودرس ۲۶۰). در هر ستون برای هر تیمار میانگین های دارای حروف مشترک تفاوت معنی دار ندارند.

جدول ۲: همبستگی بین بعضی صفات هیبرید ذرت ۷۰۴، ۵۰۴ و ۲۶۰ در تراکم های مختلف

شاخص برداشت	عملکرد بیولوژی	وزن صد دانه	وزن دانه در بوته	تعداد دانه در بلال	تعداد ردیف دانه در بلال	عملکرد دانه	
۰/۱۱**	۰/۵۹**	۰/۳۷**	۰/۲۱**	۰/۰۲**	۰/۶۰**	۱	عملکرد دانه
۰/۰۰۲**	۰/۰۰۵**	۰/۰۱**	۰/۰۱**	۰/۵۱**	۱		تعداد ردیف دانه در بلال
۰/۰۳**	۰/۰۳**	۰/۰۰۲**	۰/۰۶**	۱			تعداد دانه در بلال
۰/۲۱**	۰/۰۴**	۰/۵۳**	۱				وزن دانه در بوته
۰/۱۳**	۰/۱۷**	۱					وزن صد دانه
۰/۰۵**	۱						عملکرد بیولوژی
۱							شاخص برداشت

ns بدون اثر معنی دار، ** دارای اثر معنی دار در سطح ۱٪، * دارای اثر معنی دار در سطح ۵٪

(جدول ۲).

در تراکم کاشت کمتر به علت اینکه میزان انرژی خورشیدی به ازای واحد سطح کانوپی در بیشترین مقدار خود می باشد. عملکرد دانه در مقایسه با تراکم کاشت بیشتر، کمتر کاهش یافت و با افزایش تراکم به دلیل کاهش نسبت انرژی خالص در سطح زمین به مقدار آن در بالای پوشش گیاهی، عملکرد دانه نیز افزایش یافت. ولی همانطور که در جدول ۱ مشاهده می شود با افزایش تراکم بیش از حد مطلوب به علت افزایش رقابت بین گیاهان از جمله نور، مواد غذایی و فضای رویشی که منجر به افزایش تأخیر در القاء تخمک گردیده و در نتیجه تعداد بلالهای نازا زیاد شده و عملکرد اقتصادی کاهش می یابد (هاشمی و همکاران، ۲۰۰۵). بطوریکه در تراکم D_۳ برای رقم دیررس ۷۰۴، در تراکم D_۴ برای رقم متوسط رس ۵۰۴ و در تراکم D_۶ برای رقم زودرس ۲۶۰ بیشترین عملکرد اقتصادی بدست آمد. پوریوسف و همکاران (۳) گزارش کردند که با افزایش تراکم گیاه ذرت سینگل کراس ۷۰۴ تا تراکم ۷۵ هزار بوته در هکتار عملکرد افزایش یافت و پس از آن تا تراکم ۱۰۰ هزار بوته در هکتار عملکرد کاهش یافت. صالحی (۶) طی بررسی اثر سه تراکم ۵۰، ۶۵ و ۸۰ هزار بوته در هکتار اظهار داشت که بیشترین عملکرد دانه (۱۴/۸ تن در هکتار) مربوط به تراکم ۸۰ هزار بوته در هکتار بود و بین تراکم های ۶۵ و ۵۰ هزار بوته در هکتار اختلاف معنی دار نبود.

عملکرد بیولوژیکی

اختلاف تراکم های مختلف، رقم و اثرات متقابل آنها از

صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی داری داشت (جدول ۲). با افزایش تراکم کاکل دهی در مقایسه با ظهور گل تاجی بیشتر به تأخیر می افتد در نتیجه تعداد تخمک های تلقیح شده کاهش می یابد که بدنبال آن تعداد دانه در بوته کم می شود و به عبارت دیگر با افزایش تراکم و کاهش منبع در تک بوته به علت سایه اندازی و رقابت درون گیاهی، تعداد گلچه های عقیم زیاد شده و تعداد دانه در گیاه کاهش می یابد (۹۱).

عملکرد دانه

بر اساس نتایج حاصله، اختلاف سطوح مختلف تراکم از نظر عملکرد دانه معنی دار ($p \leq 0/01$) بود (جدول ۳). بطوریکه بیشترین عملکرد دانه در تراکم D_۴ یعنی ۱۰۶۶۴ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن در تراکم D_۱ یعنی ۷۳۷۳ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. اثر رقم بر عملکرد دانه معنی دار ($p \leq 0/01$) بود. بطوریکه حداکثر و حداقل عملکرد دانه به ترتیب در رقم دیررس (۱۰۱۷۹ کیلوگرم در هکتار) و رقم زودرس (۷۰۴۵ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد. تفاوت ارقام در عکس العمل به تراکم های مختلف از نظر عملکرد اقتصادی معنی دار ($p \leq 0/01$) بود. بطوریکه بیشترین عملکرد اقتصادی در تراکم D_۳ برای رقم دیررس یعنی ۱۱۳۳۴ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن در تراکم D_۲ برای رقم زودرس یعنی ۵۲۱۸ بدست آمد (جدول ۱). عملکرد دانه بیشترین همبستگی معنی دار مثبت را با عملکرد بیولوژیکی داشت

جدول ۳: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) وزن دانه در بوته، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت گیاه ذرت در گیاه ذرت

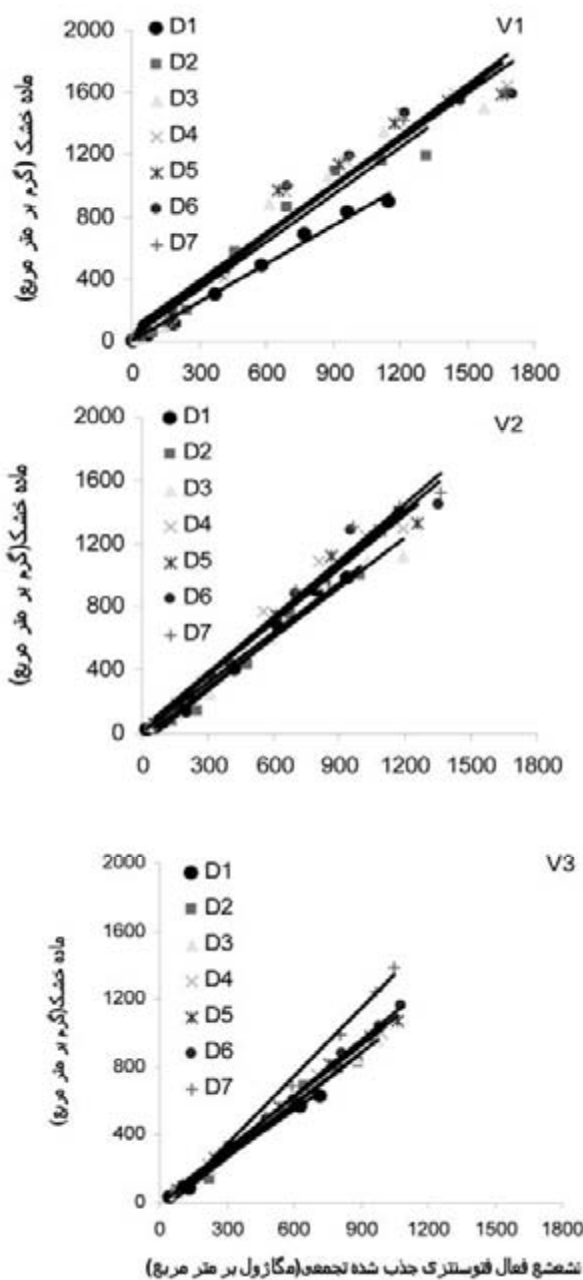
منابع تغییرات	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در بلال	وزن صد دانه	وزن دانه در بوته	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	شاخص برداشت
تکرار	۴۳	۱۸۵۵۷	۲۱	۲۹۷	۶۸۱۹۸۵۰	۳۲۶۷۸۸۱	۸۲
رقم	۳۳۴ ^{ns}	۷۷۳۹۵ ^{ns}	۱۱۶ ^{ns}	۶۷۲۴ ^{ns}	۶۴۴۱۹۱۸۱ ^{**}	۳۵۰۳۷۹۵۸۹ ^{**}	۸۶ ^{ns}
خطا	۱۲۵	۲۷۱۴۹	۳۶	۳۳۷۷	۳۵۰۰۴۳۴	۱۵۱۳۰۹۴۱	۲۰
تراکم	۳۱۳ ^{**}	۵۲۱۴۵ ^{**}	۵۲ [*]	۸۱۸۹ ^{**}	۹۴۰۰۷۹۶ ^{**}	۸۴۹۶۰۷۵۸ ^{**}	۲۱۸ ^{**}
خطا	۶۷	۹۱۴۹	۱۳	۱۰۱۵	۱۰۵۱۶۷۹	۴۶۶۴۷۷۶	۵/۰
اثر متقابل رقم و تراکم	۴۰ ^{ns}	۵۸۵۴ ^{ns}	۲۹ ^{**}	۶۴۶ ^{ns}	۳۷۴۰۵۰۷ ^{**}	۳۰۳۰۷۲۱۵ ^{**}	۳۹ ^{**}
خطا	۶۶	۱۰۳۵۶	۷	۹۲۸	۹۲۲۰۲۳	۳۵۳۸۸۷۸	۷/۰

ns بدون اثر معنی دار، ** دارای اثر معنی دار در سطح ۱٪، * دارای اثر معنی دار در سطح ۵٪

شاخص برداشت

اختلاف سطوح مختلف تراکم از نظر شاخص برداشت معنی دار ($p \leq 0/01$) بود (جدول ۳) بطوریکه بیشترین شاخص برداشت در تراکم D_۴ (۵۲) و کمترین آن در تراکم D_۶ و D_۷ (۴۰) بدست آمد. بیشترین و کمترین شاخص برداشت به ترتیب در سینکل گراس ۷۰۴ (۴۹) و سینکل گراس ۵۰۴ (۴۵) حاصل شد. اثر متقابل ارقام و تراکم در صفت شاخص برداشت معنی دار ($p \leq 0/01$) بود. بطوریکه بیشترین شاخص برداشت در تراکم D_۴ برای رقم V_۱ (۵۵) و کمترین آن در تراکم D_۷ برای رقم دیررس (۳۵) بدست آمد. شاخص برداشت با تعداد ردیف دانه در بلال و عملکرد بیولوژیکی همبستگی مثبت و معنی داری داشت (جدول ۲). به نظر می‌رسد زمانیکه گیاه در شرایط محیطی مناسب و بدون تنش قرار می‌گیرد. انتقال مواد از مخزن به مقصد بهتر انجام می‌شود. از طرفی در تراکم‌های کمتر که رقابت بین گیاهی کمتر از آستانه خسارت ناشی از تراکم می‌باشد، گیاه از رشد رویشی مطلوبتر برخوردار است و مرحله گرده افشانی و تلقیح و بالطبع پر شدن دانه‌ها در شرایط مناسب انجام می‌شود. لذا شاخص برداشت که نشان دهنده چگونگی انتقال مواد به اندام اقتصادی (دانه) می‌باشد. در تراکم‌های کمتر بیشتر خواهد بود (۲). ارقام با تیپ رشدی دیررس چون از فرصت رشد رویشی بیشتر برخوردار هستند و دارای منبع غنی تری نیز می‌باشند. به نظر می‌رسد توانایی بیشتر در انتقال مواد فتوسنتزی به دانه داشته باشند. نتایج حاصل از تحقیقات پوریوسف و همکاران (۳) و صابری و

نظر عملکرد بیولوژیکی معنی دار ($p \leq 0/01$) بود (جدول ۳). بطوریکه بیشترین عملکرد بیولوژیکی در تراکم D_۷ (۲۳۰۲۴) کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن در تراکم D_۱ (۱۴۵۶۶) کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. حداکثر و حداقل عملکرد بیولوژیکی به ترتیب برای رقم دیررس ۷۰۴ (۲۲۲۷۳) کیلوگرم در هکتار) و برای رقم زودرس ۲۶۰ (۱۰۳۱۰) کیلوگرم در هکتار) حاصل شد. اثر متقابل رقم و تراکم از نظر عملکرد بیولوژیکی معنی دار بود که بیشترین عملکرد بیولوژیکی در تراکم D_۶ برای رقم دیررس ۷۰۴ (۲۸۹۱۱) کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن در تراکم D_۱ برای رقم زودرس ۲۶۰ (۱۰۳۱۰) کیلوگرم در هکتار) بدست آمد (جدول ۱). به نظر می‌رسد افزایش عملکرد بیولوژیکی در تراکم مطلوب برای هر رقم نشانگر استفاده بهینه رقم از منابع موجود از جمله نور، مواد غذایی و فضای رشدی مناسب در تراکم مطلوب است. افزایش تراکم بیش از حد مطلوب منجر به افزایش عملکرد بیولوژیکی و کاهش عملکرد اقتصادی شد. بنظر می‌رسد افزایش عملکرد بیولوژیکی در تراکم بالا همراه با جذب نور بیشتر به علت افزایش تعداد ساقه و برگ در واحد سطح بود. ولی در تراکم بیش از حد به علت رقابت خیلی شدید بین بوته‌ای عملکرد بیولوژیکی نیز کاهش نشان داد. در این شرایط، بوته‌ها حداکثر مقدار خود را جهت حفظ بقاء و حداقل تولید صرف می‌کنند. بطوریکه ساقه بوته‌ها بیش از حد تخلیه شده و میزان کلروفیل در برگ‌ها به حداقل می‌رسد و گیاه ضعیف و حساس به ورس می‌شود (۱۲).



شکل ۱: اثر تراکم بر روند تغییرات کارایی استفاده از نور در سه رقم ذرت سطوح تراکم‌های D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7 به ترتیب ۱۵، ۱۳، ۱۱، ۹، ۷، ۵، ۳ بوته در متر مربع و سطوح ارقام V1, V2, V3 به ترتیب دیررس، متوسط‌رس و زودرس

افزایش تعداد بوته در واحد سطح هم بر میزان تولید ماده خشک تجمعی در واحد سطح و هم بر میزان تشعشع تجمعی جذب شده از طریق افزایش سطح برگ در واحد سطح تاثیر می‌گذارد. مونیت (۱۳) گزارش کرد کارایی مصرف نور برای گیاهان مختلف زراعی تقریباً ثابت (۱/۴) گرم ماده

جدول ۴: مقادیر کارایی مصرف نور سه رقم دیررس، متوسط‌رس و زودرس و ضرایب رگرسیون ذرت در تراکم‌های مختلف

رقم	نیماها	
	تراکم (بوته در متر مربع)	کارایی استفاده از نور (گرم بر مگاژول)
دیررس	۳	۰/۸۲۳
	۵	۱/۰۴۴
	۷	۱/۰۸۷
	۹	۱/۰۸۸
	۱۱	۱/۰۹۲
	۱۳	۱/۰۹۷
متوسط‌رس	۱۵	۱/۱۰۳
	۳	۱/۰۱۸
	۵	۱/۰۳۷
	۷	۱/۰۵۶
	۹	۱/۱۵۶
	۱۱	۱/۱۷۹
زودرس	۱۳	۱/۲۱۰
	۱۵	۱/۲۱۴
	۳	۰/۹۰۹
	۵	۰/۹۶۵
	۷	۰/۹۷۵
	۹	۱/۰۲۹
	۱۱	۱/۰۳۳
	۱۳	۱/۰۶۳
	۱۵	۱/۲۶۷

همکاران (۵) نشان داد که همبستگی مثبت و مستقیمی بین تعداد دانه در هر بلال و شاخص برداشت وجود دارد که با افزایش تعداد دانه در هر بلال و شاخص برداشت، عملکرد آنها نیز افزایش یافته است.

کارایی استفاده از نور

کارایی استفاده از نور در تراکم‌ها و ارقام مختلف متفاوت بود (شکل ۱ جدول ۴). با افزایش تراکم کارایی مصرف نور در هر سه رقم افزایش یافت، بطوریکه از ۰/۸۲۳ گرم بر مگاژول در تراکم ۳ بوته در متر مربع به ۱/۱۰۳ گرم بر مگاژول در تراکم ۱۵ بوته در متر مربع برای رقم دیررس رسید. برای رقم متوسط‌رس از ۱/۰۱۸ گرم بر مگاژول در تراکم ۳ بوته در متر مربع به ۱/۲۱۴ گرم بر مگاژول در تراکم ۱۵ بوته در متر مربع حاصل شد. میزان کارایی مصرف نور برای رقم زودرس در تراکم ۳ بوته در متر مربع ۰/۹۰۹ گرم بر مگاژول بود و در تراکم ۱۵ بوته در متر مربع به ۱/۲۶۷ گرم بر مگاژول رسید. به نظر می‌رسد یکی از عوامل مهم در کارایی استفاده از نور تراکم باشد، بطوریکه با

استفاده از نور گردید. راندمان استفاده از نور برای رقم متوسط‌ترس نسبت به دو رقم دیررس و زودرس به نظر می‌رسد جذب تشعشع توسط کانوپی به شاخص سطح برگ، چگونگی آرایش برگها و خاصیت انعکاس سطح برگ و خاک بستگی داشته باشد. کاهش جذب تشعشع توسط پوشش گیاهی پس از گرده‌افشانی در تمام تیمارها ناشی از پیری تدریجی برگهای پایین و سایه اندازی برگهای بالایی است (۲).

خشک به ازاء هر مگا ژول انرژی خورشیدی جذب شده است. ایشان اظهار داشت اگر چه کارایی مصرف نور بیشتر از طریق عوامل ژنتیکی تحت تاثیر قرار می‌گیرد، ولی عوامل محیطی و عملیات مدیریتی نظیر تاریخ کاشت، تراکم و رقم به دلیل نقش مهم در فعالیت فتوسنتزی این عامل را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در این مطالعه نیز با توجه به نتایج بدست آمده مشخص شد که افزایش تراکم باعث افزایش ماده خشک تجمعی در واحد سطح شد و موجب افزایش کارایی

منابع

- ۱- اصغری، ج؛ ب. زراعی و م. برزگری. ۱۳۸۵. اثر تراکم و الگوی کاشت بر برخی صفات، عملکرد و اجزای عملکرد دو هیبرید ذرت (*Zea mays* L.) مجله علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۲۰، شماره ۲. ص ۱۲۳-۱۳۳.
- ۲- امام، ی. ۱۳۸۲. زراعت غلات. دانشگاه شیراز، مرکز نشر.
- ۳- پور یوسف، م؛ د. مظاهری و ا. بانک ساز. ۱۳۸۰. تأثیر الگوی کاشت و تراکم گیاهی بر روی عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم هیبرید ذرت. بیابان، جلد ۶، شماره ۲. ص ۱۴۰-۱۲۹.
- ۴- زمانی، غ. و ع. کوچکی. ۱۳۷۳. اثر آرایش و تراکم کاشت بر جذب تشعشع، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه ای. مجله علوم و صنایع کشاورزی جلد ۲، شماره ۲. ص ۳۰-۱۷.
- ۵- صابری، ع؛ د. مظاهری و ح. حیدری شریف آباد. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر تراکم و آرایش کاشت بر عملکرد و برخی از خصوصیات زارعی تری وی کراس ۶۴۷. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۱۳، شماره اول. ص ۶۷-۶۷.
- ۶- صالحی، ب. ۱۳۸۳. بررسی اثرات فاصله ردیف و تراکم بوته بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در منطقه میانه. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۶، شماره ۴. ص ۳۹۵-۳۸۳.
- ۷- عجم نوری، ح. و م. بحرانی. ۱۳۷۷. تأثیر آرایش کاشت و تراکم بوته بر عملکرد دانه و اجزاء آن در دو هیبرید ذرت. مجله علوم و صنایع کشاورزی جلد ۱۲، شماره ۱. ص ۵۹-۵۳.
- ۸- فتحی، ق؛ م. هوشی؛ خ. عالمی سعید و س. ع. سیادت. ۱۳۸۰. اثر تراکم در تاریخ کاشتهای دیر هنگام بر روند رشد و عملکرد دانه ذرت هیبرید SC604. مجله علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۱۵، شماره ۱. ص ۱۱۳-۱۰۵.
- ۹- میرهادی، م. ۱۳۸۰. ذرت. تهران سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.
- 10-Farnham, E. 2001. Row spacing, plant density and hybrid effects on corn grain yield and moisture. *Agron. J.* 93: 1049-1053.
- 11-Gonzalo, M., T. Vyon, J. Holland and M. McIntgre. 2006. Mapping density response in maize: A direct approach for testing genotype and treatment interaction. *Agron. J.* 93:1049-1053.
- 12-Hashemi, M. G. Herbet and H. Putnam. 2005. Yield response of corn to crowding stress. *Agron. J.* 97: 839-846.
- 13-Monteith, J.L.1972. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *J. Appl. Eco.* 9: 747-766.
- 14-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.
- 15-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.
- 16-Tollenar, M. and J. Wu. 1999. Yield Improvement in temperate maize is attributable to greater stress telorance. *Crop Sci.* 39:1597-1604.

Radiation use efficiency of maize (*Zea may* L.) hybrids with different growth types in response to density

M. Goldani, P. Rezvani Moghddam, M. Nassiri Mahallati, M. Kaffi¹

Abstract

In order to investigate the response of yield and yield component of three maize hybrids on seven plant densities, an experiment was conducted during 2006 growing season in Mashhad, Iran. Three maize hybrids including late maturity maize (704), medium maturity maize (504) and early maturity maize (260) and seven plant densities including $D_1 = 3$, $D_2 = 5$, $D_3 = 7$, $D_4 = 9$, $D_5 = 11$, $D_6 = 13$ and $D_7 = 15$ plants m^{-2} were compared in a strip plots design with three replications. The result of this study showed the radiation use efficiency increased in proportion to an increase in the plant density: the late maturity variety of 15 plants m^{-2} (1.103 g MJ^{-1}), the medium maturity of 15 plants m^{-2} (1.214 g MJ^{-1}) and early maturity of 15 plants m^{-2} . Density factor had significant effect on the number of row of seed per each ear, the number of seed per each ear, 100 seed weight and seed weight per plant. There was significant difference among ear diameter, ear length, number of seed row on each ear, number of seed per each ear, seed weight per each plant, 100 seed weights and weight of dry cob per each ear. The highest grain yield were obtained in third plant density (D_3) for late maturity hybrid (11334 kg ha^{-1}), in fourth plant density (D_4) for medium maturity hybrid (10937 kg ha^{-1}) and in sixth plant density (D_6) for early maturity hybrid (7591 kg ha^{-1}). When the plant density was increased more than optimum rang of density, biology yield increased and seed yield decreased. The results demonstrated that optimum yield was depended on radiation use efficiency, plant growth types and density. Our results showed that late maturity maize compared to early maturity hybrids need less density.

Key word: Radiation use efficiency, yield, yield components, maize.