Archive of SID

"مجله علوم زراعی ایران"
جلد سوم، شماره ۱، ۱۳۸۰

# تأثیر تراکم بوته و مقادیر کود نیتروژن بر شاخص‌های فیزیولوژیک ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.)

# Effect of plant density and nitrogen rates on physiological indices of corn (*Zea mays* L.)

حسین صادقی[۱] و محمد جعفر بحرانی[۲]

## چکیده

**به منظور بررسی اثر تراکم بوته و مقادیر کود نیتروژن بر شاخص‌های فیزیولوژیک ذرت دانه‌ای رقم SC704، آزمایشی در تابستان سال ۱۳۷۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در کوشکک با استفاده از طرح کرت‌های خرد شده، در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام گردید. مقادیر صفر، ۸۰، ۱۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به عنوان فاکتور اصلی و تراکم‌های ۶، ۷/۴، ۸/۸ و ۱۰/۲ بوته در متر مربع به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. شاخص‌های فیزیولوژیک تحت تأثیر کود نیتروژن قرار گرفتند. با افزایش کود نیتروژن از صفر به ۸۰ کیلوگرم در هکتار، افزایش قابل ملاحظه‌ای در میزان شاخص سطح برگ به وجود آمد. با افزایش کود نیتروژن از صفر به ۸۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار، آهنگ رشد گیاه و دوام شاخص سطح برگ افزایش یافت. افزایش کود نیتروژن از ۱۶۰ به ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار، باعث کاهش آهنگ رشد گیاه گردید. در میان شاخص‌های فیزیولوژیک جذب و تحلیل خالص کمتر تحت تأثیر کود نیتروژن قرار گرفت. منحنی جذب و تحلیل خالص در طول فصل رشد روند نزولی داشت. نتایج آزمایش نشان داد که با افزایش تراکم، شاخص سطح برگ، دوام شاخص سطح برگ و آهنگ رشد گیاه افزایش یافت. اما افزایش تراکم باعث کاهش جذب و تحلیل خالص گردید. افزایش میزان شاخص سطح برگ در مزرعه باعث افزایش میزان جذب نور و در نتیجه افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه گردید که در نهایت منجر به افزایش عملکرد شد. بخش عمده‌ای از افزایش آهنگ رشد گیاه در اثر افزایش تراکم مربوط به افزایش شاخص سطح برگ بود. با توجّه به اهمّیّت شاخص سطح برگ، آهنگ رشد گیاه و دوام شاخص برگ در افزایش عملکرد دانه می‌توان نتیجه گرفت که بخش عمده‌ای از افزایش عملکرد دانه در نتیجه افزایش تراکم، مربوط به بهبود شاخص‌های فیزیولوژیک ذکر شده باشد.**

**واژه‌های کلیدی: تراکم بوته، کود نیتروژن، شاخص‌های فیزیولوژیک و عملکرد دانه.**

## مقدمه

شناخت و بررسی شاخص‌های رشد در تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر عملکرد و اجزاء آن از اهمّیّت زیادی برخوردار است. فیزیولوژیست‌های گیاهی شاخص‌های رشد را به عنوان ابزارهای مفیدی جهت تجزیه و تحلیل کمی رشد گیاه به کار می‌برند. تجزیه و تحلیل شاخص‌های رشد منحصراً به اندازه‌گیری سطح برگ و وزن خشک گیاه نیاز دارد (Radford, 1967) پژوهش‌های انجام شده در مورد اثر تراکم به روی شاخص‌های رشد ذرت عمدتاً شاخص سطح برگ Area index (Leaf) را مورد تأکید قرار داده است. نتایج مطالعات گارنر و همکاران (Gardner et al., 1990) نشان داد که معمولاً شاخص سطح برگ سه تا پنج برای تولید حداکثر ماده خشک در اغلب محصولات زراعی مناسب است. در مطالعه‌ای که توسط کاکس (Cox, 1996) انجام گردید در میان

تاریخ دریافت: ۱۳۷۹/۹/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۰/۳/۳۱

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه شیراز ۲- دانشیار دانشگاه شیراز

www.SID.ir

Archive of SID



تراکم‌های ۴/۵، ۶/۷۵ و ۹ بوته در متر مربع بالاترین شاخص سطح برگ از بالاترین تراکم بوته به دست آمد. در مقایسه با ارقام قدیمی ذرت ارقام جدید واکنش مثبتی نسبت به افزایش تراکم بوته نشان می‌دهند که بخش عمده‌ای از این موضوع به بالا بودن شاخص سطح برگ در زمان کاکل دهی مربوط می‌شود. بدین ترتیب که در این زمان نور فعال فتوسنتزی بیشتر توسط گیاه جذب می‌شود و باعث افزایش تجمع ماده خشک در مرحله رشد رویشی می‌گردد (Dwyer et al., 1991; Tollenaar and Aguidera, 1992).

مطالعه آهنگ رشد گیاه (Crop growth rate) برای تعیین تفاوت عملکرد در بین ارقام مختلف زراعی اهمّیّت دارد. گلدزورتی و کُلگروو (Goldsworthy and Colegrove, 1974) رابطه بین رشد و عملکرد سه رقم ذرت را در تراکم‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ هزار بوته در هکتار مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند که افزایش وزن خشک در اثر افزایش تراکم، با افزایش آهنگ رشد گیاه (CGR) در مرحله قبل از گلدهی ارتباط داشت و افزایش آهنگ رشد گیاه به نوبه خود به افزایش شاخص سطح برگ وابسته بود. هیبریدهای جدید ذرت به دلیل داشتن شاخص سطح برگ بالاتر و در نتیجه افزایش کارایی جذب نور در دوره پرشدن دانه می‌تواند عملکرد ماده خشک بیشتری داشته باشد (Tollenaar and Aguidera, 1992). از طرف دیگر هیبریدهای جدید ذرت در تراکم‌های بالا از یک هفته قبل تا سه هفته بعد از کاکل دهی آهنگ رشد گیاهی (CGR) بالاتری دارند که این به نوبه خود باعث افزایش تعداد دانه در هر بلال و در نتیجه افزایش عملکرد دانه می‌شود (Tollenaar et al., 1992). در مطالعه‌ای دیگر، (Cox, 1996) مشخص گردید که وقتی تراکم از ۴/۵ به ۶/۷۵ و سپس ۹ بوته در متر مربع افزایش می‌یابد عملکرد ماده خشک افزایش نشان می‌دهد و این افزایش عملکرد در تراکم ۹ نسبت به ۴/۵ بوته در متر مربع ۱۵٪ است که دلیل آن را افزایش شاخص سطح برگ (LAI) در تراکم ۹ نسبت به ۶/۷۵ بوته در متر مربع ذکر نموده‌اند. آدلانا و میلبورن (Adelana and Milbourn, 1972) گزارش کردند که آهنگ رشد گیاه تا مرحله ظهور گل‌تاجی افزایش و پس از آن کاهش یافت. هم‌چنین CGR در رقمی که حداکثر شاخص سطح برگ را داشت بیشتر بود. آهنگ رشد گیاه توسط بازده فتوسنتز برگ یا آهنگ جذب و تحلیل خالص (Net assimilation rate) تعیین می‌گردد. آهنگ جذب و تحلیل خالص نیز تحت تأثیر مقدار تابش فتوسنتزی، یکنواختی توزیع نور در سطوح برگ‌های و مقدار تنفس گیاه می‌باشد (گاردنر و همکاران، ۱۳۷۲).

لوکاس (Lucas, 1986) نشان داد که در محدوده تراکم‌های ۱/۹ تا ۱۱/۱ بوته در متر مربع بیشترین آهنگ جذب خالص از بالاترین تراکم (۱۱/۱ بوته در مترمربع) به دست آمد. در مطالعه دیگری گلدزورتی و کُلگروو (Goldsworthy and Colegrove, 1974) با افزایش تراکم از ۵۰ به ۱۵۰ هزار بوته در هکتار آهنگ جذب خالص در بین تراکم‌های مختلف تفاوتی نداشت. اصولاً گزارش‌های متفاوتی از اثر تراکم روی آهنگ جذب خالص به دست آمده است. بنحوی که ویلیامز و همکاران (Williams et al.) نتیجه گرفتند که با افزایش تراکم و شاخص سطح برگ (LAI)، آهنگ جذب خالص (NAR) کاهش یافت.

از مجموع پژوهش‌های یاد شده چنین نتیجه‌گیری می‌شود که تراکم بوته یکی از عوامل به زراعی مهّم می‌باشد که اثر قابل توجهی بر پارامترهای رشد دارد، به نحوی که با انتخاب تراکم مناسب می‌توان به ترکیب متعادلی از شاخص‌های رشد در سایه‌انداز گیاهی رسید و موجبات بهبود عملکرد را فراهم آورد.

یکی از عوامل مؤثر بر توسعه سطح برگ هر بوته و به تبع آن، توسعه برگ مزرعه میزان نیتروژن است که با تأثیر بر اندازه و طول عمر برگ موجب افزایش شاخص سطح برگ می‌شود که اختلاف در قابل استفاده بودن نیتروژن بر رشد و نمو ذرت اثر گذاشته و ممکن است باعث تغییراتی در ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه در هنگام گلدهی و تشکیل دانه گردد (Giradin et al., 1987. McCullough et al., Muchow and Davis, 1988). درصد نفوذ نور، نور فعال فتوسنتزی، کارایی استفاده از نور، تسهیم ماده خشک به ارگان‌های زایشی، شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و آهنگ رشد

www.SID.ir

Archive of SID

گیاهی تحت تأثیر میزان نیتروژن قرار می‌گیرند (Cox et al., 1993; Sinclair and Horie, 1989). تسهیم ماده خشک به ارگان‌های زایشی بستگی به تعداد، ظرفیت و فعالیت مقاصد فیزیولوژیکی دارد (Gifford et al., 1984). آهنگ رشد گیاه در یک دوره ۳۰ روزه (در طول مدت کاکل‌دهی) که ارتباط زیادی با تعداد دانه و در نهایت عملکرد دانه دارد، نیز به طوری مؤثر تحت تأثیر کود نیتروژن قرار می‌گیرد (Cirilo and Andrade, 1994a; Cirilio and Andrade, 1994b).

از مجموع پژوهش‌های یاد شده چنین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کود نیتروژن یکی از عوامل زراعی مهم می‌باشد که اثر قابل توجهی بر شاخص‌های رشد دارد به نحوی که با انتخاب میزان کود نیتروژن مناسب می‌توان به ترکیب متعادلی از شاخص‌های رشد در سایه‌انداز گیاهی دست یافت و موجبات بهبود عملکرد را فراهم آورد به دلیل این که اکثر شاخص‌های رشد به طریقی به شاخص سطح برگ وابسته هستند تغییر این شاخص از طریق تغییر در سطوح کود نیتروژن یکی از عملی‌ترین راهکارهاست. در هر منطقه شاخص سطح برگی که بتواند حداکثر عملکرد را تولید نماید متفاوت است و بایستی از طریق پژوهش‌های محلی به دست آید.

هدف از انجام این پژوهش تأثیر تراکم بوته و مقادیر کود نیتروژن و برهمکنش آن‌ها بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و ارتباط آن با عملکرد ذرت دانه‌ای می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تراکم بوته و مقادیر کود نیتروژن بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و ارتباط آن با عملکرد ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ آزمایشی در تابستان ۱۳۷۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در کوشکک واقع در اراضی زیر سد درودزن (۵۲ درجه و ۳۵ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۴ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۶۰۹ متر و اقلیم نیمه خشک و معتدل) انجام گرفت. نیتروژن کل (۰/۲۱٪)، ماده آلی خاک (۲/۲٪)، pH (۷/۳) و بافت خاک (رس) بود. آزمایش با استفاده از طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. مقادیر صفر، ۸۰، ۱۶۰ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به صورت اوره (۴۶٪ نیتروژن) به عنوان فاکتور اصلی و تراکم‌های ۶، ۷/۴، ۸/۸ و ۱۰/۲ بوته در مترمربع به عنوان فاکتور فرعی منظور گردید. یک سوم از کود نیتروژن قبل از کشت و دوم سوم باقی مانده به صورت سرک در مرحله چهار تا شش برگی به خاک اضافه گردید.

روش کاشت به صورت جوی و پشته با فاصله بین ردیف ۷۵ سانتیمتر، فاصله بین هر دو کرت اصلی ۱/۵ متر به منظور جلوگیری از نفوذ آب به کرت‌های مجاور و طول هر کرت فرعی ۱۰ متر با پنج خط کاشت در نظر گرفته شد. زمین آزمایشی بیش از کشت به صورت آیش بوده که در پائیز شخم خورده و با توجّه به شرایط آب و هوایی عملیات تکمیلی شامل دیسک و تسطیح و اضافه کردن ۱۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریبل در هکتار و مخلوط نمودن با خاک در نیمه اردیبهشت ماه انجام و پس از عملیات کشت اولین آبیاری در ۵ خردادماه صورت پذیرفت. آبیاری از موقع کاشت تا ۵۰٪ سبز شدن هر سه روز یکبار و از آن به بعد هر هفته یکبار انجام گردید. نمونه برداری از هر کرت فرعی با انتخاب پنج بوته به طور تصادفی با رعایت حاشیه، ۲۱ روز پس از کاشت شروع و به فاصله زمانی هر دوه هفته یکبار بر اساس گزارش لوکاس (Lucas, 1986) صورت گرفت.

برای محاسبه سطح برگ (LAI) ابتدا برگ‌های هر بوته جدا گردید طول و بزرگترین پهنای هر برگ به وسیله خط‌کش اندازه‌گیری شد و سپس سطح برگ بوته‌ها از رابطه $A=L_xW_x0.75$ محاسبه گردید (Moll and Kamparth, 1977). در این فرمول A مساحت برگ، L طول برگ، W بزرگ‌ترین پهنای برگ می‌باشد. در کلیه برداشت‌ها وزن مادّه خشک اندام‌های هوایی اندازه‌گیری شد برای اندازه‌گیری وزن ماده خشک اندام‌های هوایی، نمونه‌ها، بسته به اندازه آن‌ها سه تا چهار روز در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد در آون قرار داده شد و وزن ماده خشک آن‌ها محاسبه گردید.

کلیه شاخص‌های فیزیولوژیک رشد بر اساس

www.SID.ir

Archive of SID



شاخص‌های حرارتی درجه روزهای رشد (GDD) بیان شد. برای محاسبه درجه روز رشد دمای پایه ذرت ۱۰ درجه سانتیگراد و اعداد زیر $^{\circ}C$ ۱۰، $^{\circ}C$ ۱۰، $^{\circ}C$ ۳۰ و اعداد بالای $^{\circ}C$ ۳۰، در نظر گرفته شد (Giesbrecht, 1969). منحنی‌ها به کمک نرم‌افزار هاروارد گرافیک (HARVARD GRAPHIC) ترسیم گردید.

## نتایج و بحث

### تأثیر تراکم بوته و مقادیر کود نیتروژن بر شاخص سطح برگ

روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) تراکم‌های مختلف در تیمار صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار نشان می‌دهد که با افزایش تراکم بوته از ۶ به ۱۰/۲ بوته در مترمربع شاخص سطح برگ افزایش یافته است و در واقع تراکم‌های ۱۰/۲ و ۸/۸ در مترمربع در این تیمار کودی یک برتری نسبی نسبت به تراکم‌های ۶ و ۷/۴ بوته در مترمربع داشتند و تراکم بوته ۱۰/۲ بوته در مترمربع در انتهای فصل رشد گیاه توانسته است شاخص سطح برگ خود را نسبت به بقیه تیمارها در حد بالایی نگاهدارد (شکل ۱). روند تغییرات شاخص سطح برگ تراکم‌های مختلف در ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نشان می‌دهد که تراکم‌های ۷/۴، ۸/۸، ۱۰/۲ بوته در مترمربع نسبت به تراکم ۶ بوته در مترمربع از شاخص سطح برگ بالاتری برخوردار هستند (شکل ۲). در مطالعه‌ای توسط کاکس و همکاران (Cox et al., 1993) در میان تراکم‌های ۴/۵، ۶/۷۵ و ۹ بوته در مترمربع بالاترین میزان شاخص سطح از بالاترین تراکم بوته به دست آمده است.

روند تغییرات شاخص سطح برگ تراکم‌های مختلف در ۱۶۰ کیلوگرم در نیتروژن در هکتار نشان می‌دهد که بالاترین میزان شاخص سطح برگ (۵/۲) از بالاترین بوته به دست آمده است و در طول فصل رشد از برتری کاملی نسبت به بقیه تراکم‌ها برخوردار است (شکل ۳). شاخص سطح برگ می‌تواند به افزایش سطح برگ در هر گیاه و یا با افزایش تعداد گیاه در واحد سطح افزایش یابد. با توجّه به این که عمده‌ترین عامل مؤثر بر رشد و تولید گیاهان زراعی میزان جذب نور توسط برگ‌ها و تبدیل آن به مواد فتوسنتزی است، افزایش میزان سطح برگ در مزرعه باعث افزایش میزان جذب نور خواهد شد و در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌گردد. روند تغییرات شاخص سطح برگ تراکم‌های مختلف در ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (شکل ۴) نشان می‌دهد که بالاترین میزان شاخص سطح برگ (۵) از بالاترین تراکم به دست آمده است که تفاوت چشمگیری با کمترین میزان تراکم دارد. نکته‌ای که از مشاهده شکل‌های یاد شده می‌توان دریافت این است که با افزایش تراکم (مخصوصاً در بالاترین تراکم) سرعت کاهش شاخص سطح برگ نسبت به تراکم‌های کمتر، زیادتر است که با نتایج ویلیامز و همکاران (Williams et al., 1965) مطابقت دارد.

از مشاهده شکل‌های (۱ و ۲) مشخص می‌گردد که با افزایش سطوح کود نیتروژن از صفر به ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار شاخص سطح برگ افزایش می‌یابد. شاخص سطح برگ (LAI) تراکم‌های ۷/۴ و ۸/۸ بوته در مترمربع در بین سطوح ۸۰ و ۱۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود ندارد (شکل‌های ۲، ۳ و ۴). در مراحل ابتدایی رشد تفاوتی بین شاخص سطح برگ در میان تیمارهای کود نیتروژن و تراکم بوته مشاهده نمی‌گردد. دلیل آن را می‌توان در زمان بکارگیری کود نیتروژن ذکر کرد زیرا قسمت اعظم کود (دو سوم) در مرحله چهار تا شش برگی به گیاه داده شد. از سوی دیگر، در مراحل ابتدایی رشد بوته‌ها کم بوده و توسعه شاخ و برگ در گیاه چندان زیاد نیست بنابراین طبیعی است که حداکثر تفاوت در این آزمایش از این زمان به بعد می‌باشد.

### تأثیر تراکم بوته و کود نیتروژن بر آهنگ رشد گیاه (CGR)

نتایج نشان داد که با افزایش تراکم بوته در سطح صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار آهنگ رشد گیاه (CGR) افزایش یافت (شکل ۵). آهنگ رشد گیاه تقریباً در اواسط فصل رشد به حداکثر خود رسید و پس از آن شروع به کاهش نمود.

روند تغییرات آهنگ رشد گیاه تراکم‌های مختلف در ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (شکل ۶) نشان می‌دهد که با افزایش تراکم بوته آهنگ رشد گیاه افزایش یافت و بالاترین آهنگ رشد گیاه از بالاترین تراکم (۱۰/۲ بوته در مترمربع)

www.SID.ir

Archive of SID

به دست آمد. روند تغییرات آهنگ رشد گیاه (CGR) تراکم‌های مختلف در ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (شکل ۷) نشان می‌دهد که بالاترین میزان آهنگ رشد گیاه از تراکم‌های ۸/۸ و ۱۰/۲ بوته در مترمربع به دست آمده است و تراکم‌های ۶ و ۷/۴ بوته در مترمربع دارای آهنگ رشد گیاهی کمتری بوده‌اند. بعضی گزارش‌ها حاکیست که افزایش تراکم باعث افزایش آهنگ رشد گیاه گردیده است. به عنوان مثال تیتو ـ کاگو و گاردنر (Tetio-Kagho and Gardner, 1988a) گزارش نمودند که با افزایش تراکم از ۱/۹ به ۶/۳ بوته در مترمربع آهنگ رشد گیاه افزایش یافته است. روند تغییرات آهنگ رشد گیاه تراکم‌های مختلف در ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (شکل ۸) نشان می‌دهد که بالاترین آهنگ رشد گیاه از تراکم‌های بالا به دست آمده است. مطالعات گلدزورتی و کلگروو (Goldsworthy and Colegrove, 1974) نیز نشان می‌دهد که بالاترین آهنگ رشد گیاه از تراکم‌های بالا به دست آمده است، احتمالاً قسمت زیادی از تفاوت‌های آهنگ رشد گیاه (CGR) در تراکم‌های مختلف مربوط به تفاوت‌های شاخص سطح برگ است. چون طبق رابطه CGR=LAIxNAR تغییرات آهنگ رشد گیاه بستگی به تغییرات دو جزء شاخص سطح برگ و جذب و تحلیل خالص (NAR) دارد با توجّه به این که جذب و تحلیل خالص تحت تأثیر افزایش تراکم بوته قرار نگرفت (شکل‌های ۱۲، ۱۴ و ۱۶) تغییرات آهنگ رشد گیاه بیشتر تحت تأثیر شاخص سطح برگ قرار داشت.

با افزایش کود نیتروژن از سطح ۸۰ تا ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار آهنگ رشد گیاه افزایش یافت و بالاترین میزان آهنگ رشد گیاه از سطوح ۸۰ و ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد و با افزایش کود نیتروژن از ۱۶۰ به ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار آهنگ رشد گیاه کاهش یافت. هم‌چنین کمترین میزان آهنگ رشد گیاه در تراکم‌های مختلف در سطح صفر کیلوگرم نیتروژن مشاهده گردید (شکل‌های ۵، ۶، ۷ و ۸) در مطالعه لوکاس (Lucas, 1986) با افزایش کود نیتروژن از سطح ۷۵ به ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار آهنگ رشد گیاه افزایش یافت و از ۱۰۰ به ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از آهنگ رشد گیاهی کاسته شد و کمترین میزان آهنگ رشد گیاه از سطح صفر کیلوگرم نیتروژن به دست آمد که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

**تأثیر تراکم و کود نیتروژن بر دوام شاخص سطح برگ** (LAID)

دوام شاخص سطح برگ که میزان سطح برگ و دوام بافت‌های فتوسنتز کننده را نشان می‌دهد می‌توان شاخص مناسبی از تولید باشد (Cox, 1996). نتایج آزمایش نشان داد با افزایش تراکم دوام شاخص سطح برگ در سطوح مختلف نیتروژن افزایش یافت (شکل‌های ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲). هم‌چنین الگوی تغییرات دوام شاخص سطح برگ به میزان زیادی مشابه الگوی تغییرات شاخص سطح برگ در طول فصل رشد بود. افزایش کود نیتروژن از صفر، ۸۰ به ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار باعث افزایش دوام شاخص سطح برگ در میان تراکم‌های مختلف گردید و کمترین میزان دوام شاخص سطح برگ در میان تراکم‌های مختلف از کمترین سطح کود نیتروژن به دست آمد (شکل ۹). نتایج آزمایش یوهارت و آندرید (Uhart and Andrade, 1995) نیز نشان می‌دهد که کمبود نیتروژن با تأخیر در رشد رویشی و نمو فنولوژیکی ذرت و هم‌چنین کارایی مصرف نور و در نتیجه کاهش گسترش سطح برگ باعث کاهش داوم شاخص سطح برگ می‌گردد.

**تأثیر تراکم بوته و کود نیتروژن بر جذب و تحلیل خالص** (NAR)

نتایج این آزمایش نشان داد که روند تغییرات جذب و تحلیل خالص تراکم‌های مختلف دارای روند نزولی بود و با مسن شدن بوته‌ها جذب و تحلیل خالص در کلیه سطوح مختلف کود نیتروژن کاهش یافت. هم‌چنین نتایج نشان داد که در طول فصل رشد در میان کلیه سطوح کود نیتروژن بالاترین جذب و تحلیل خالص از کمترین تراکم به دست آمده و در بالاترین تراکم جذب و تحلیل خالص در طول فصل رشد از کمترین مقدار خود برخوردار بود (شکل‌های ۱۳، ۱۴، ۱۵ و ۱۶). ظاهراً جذب و تحلیل خالص (NAR) تحت تأثیر عوامل بسیاری زیادی قرار دارد که عملاً اندازه‌گیری آن‌ها پیچیده بوده و به سادگی قابل تشخیص نیست به همین دلایل

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج بسیاری از محققین در مورد جذب و تحلیل خالص با یکدیگر تفاوت دارد. به طوری که ویلیامز و همکاران (Williams et al., 1965) نتیجه گرفتند که با افزایش تراکم و در نتیجه افزایش شاخص سطح برگ جذب و تحلیل خالص کاهش می‌یابد، در حالی که لوکاس (Lucas, 1986) گزارش نمود که با افزایش تراکم بوته از ۱/۹ به ۱۱/۱ جذب و تحلیل خالص از ۷/۷ به ۱۲/۵ گرم بر مترمربع در روز افزایش یافته است.

نتایج پژوهش نشان داد که روند تغییرات جذب و تحلیل خالص (NAR) سطوح مختلف نیتروژن در تراکم‌های مختلف نیز در طول فصل رشد روند نزولی داشت و اختلاف چندانی بین سطوح کود نیتروژن در میان تراکم‌های مختلف وجود نداشت. لوکاس (Lucas, 1986) گزارش نمود که در میان سطوح نیتروژن صفر، ۷۵، ۱۰۰، ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بالاترین میزان جذب و تحلیل خالص (NAR) از ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد و بین سطوح مختلف نیتروژن تفاوت معنی‌داری در روند جذب و تحلیل خالص (NAR) وجود نداشت.

**ارتباط ویژگی‌های فیزیولوژیک با عملکرد دانه**

با توجّه به این که از عوامل مؤثر بر رشد و تولید گیاهی میزان جذب نور توسط برگ‌ها تبدیل آن‌ها به مواد فتوسنتزی است افزایش میزان سطح برگ در مزرعه باعث افزایش میزان جذب نور خواهد شد که در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌گردد، در پژوهش حاضر با افزایش میزان نیتروژن از صفر به ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار شاخص سطح برگ افزایش قابل توجهی نشان می‌دهد (شکل‌های ۱ و ۲). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که یکی از دلایل افزایش عملکرد دانه در سطح ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به سطح صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار، افزایش شاخص سطح برگ می‌باشد که نتایج مشابهی نیز توسط دیگر پژوهشگران گزارش گردیده است (Eik and Hanway, 1966; Giradin et al., 1987). نونز و کمپرات (Nunes and Kamprath., 1969) دلایل افزایش عملکرد دانه در اثر افزایش کود نیتروژن را در نتیجه افزایش شاخص سطح ذکر نمودند و یک ارتباط خطی بین عملکرد دانه و شاخص سطح برگ به دست آمد. هم‌چنین روند افزایش آهنگ رشد گیاه (CGR) و دوام شاخص سطح برگ (LAID) با افزایش کود نیتروژن نشان دهنده تأثیر آن‌ها در افزایش عملکرد دانه است (شکل‌های ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱).

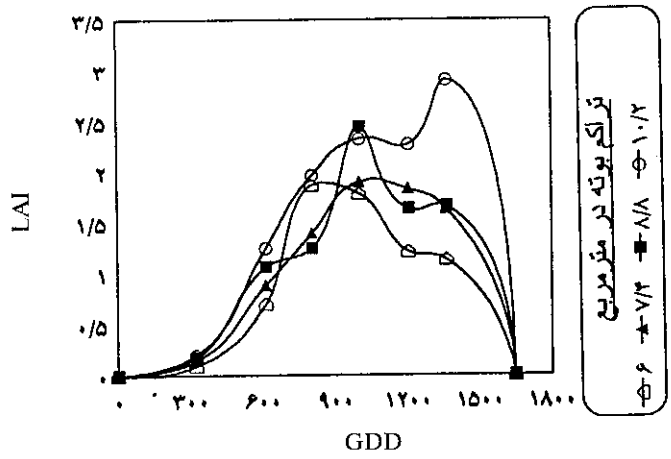
مطالعات یوهارت و آندرید (Uhart and Andrade, 1995) نیز نشان می‌دهد آهنگ رشد گیاه (CGR)، شاخص سطح برگ (LAI) و دوام شاخص سطح برگ (LAID) تحت تأثیر نیتروژن قرار می‌گیرند به نحوی که با افزایش نیتروژن خاک، گسترش سطح برگ افزایش یافته و در نتیجه نفوذ نور به درون سایه انداز و کارآیی مصرف نور زیاد می‌گردد که این عوامل باعث افزایش آهنگ رشد گیاهی (CGR) شاخص سطح برگ (LAI) و دوام شاخص سطح برگ (LAID) می‌گردد و در نهایت منجر به بهبود عملکرد دانه می‌شود. در پژوهش حاضر جذب و تحلیل خالص (NAR) به طور مؤثری تحت تأثیر افزایش کود نیتروژن قرار نگرفت (شکل‌های ۱۳، ۱۴، ۱۵ و ۱۶). بنابراین در مجموع می‌توان گفت که افزایش عملکرد دانه تحت تأثیر کود نیتروژن، در نتیجهٔ افزایش شاخص سطح برگ، دوام شاخص سطح برگ، دوام شاخص سطح برگ و آهنگ رشد گیاه بوده است و جذب و تحلیل خالص (NAR) در میزان شاخص‌های فیزیولوژیک کمتر مؤثر بوده است.

در پژوهش حاضر با افزایش تراکم بوته شاخص سطح برگ افزایش یافته (شکل‌های ۱، ۲، ۳ و ۴). در مطالعه‌ای با افزایش تراکم از ۴/۵ به ۹ بوته در مترمربع شاخص سطح برگ افزایش یافت که در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه گردید (Cox, 1996). هم‌چنین با افزایش تراکم آهنگ رشد گیاه افزایش یافت (شکل‌های ۵، ۶، ۷ و ۸). بخش عمده‌ای از افزایش آهنگ رشد گیاه در اثر افزایش تراکم مربوط به افزایش شاخص سطح برگ است با توجّه به رابطه $CGR=LAI_xNAR$ و مشاهده شکل‌های ۱۳، ۱۴، ۱۵ و ۱۶، نشان می‌دهد که جذب و تحلیل خالص تحت تأثیر تراکم بوته قرار نگرفته است. بنابراین آهنگ رشد گیاه بیشتر تحت تأثیر شاخص سطح برگ قرار دارد. هم‌چنین نتایج نشان داد که با افزایش تراکم دوام شاخص سطح برگ افزایش یافت (شکل‌های ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲) که نتایج مشابهی در مورد افزایش آهنگ رشد گیاه دوام شاخص سطح برگ در نتیجه افزایش تراکم گزارش گردیده

www.SID.ir

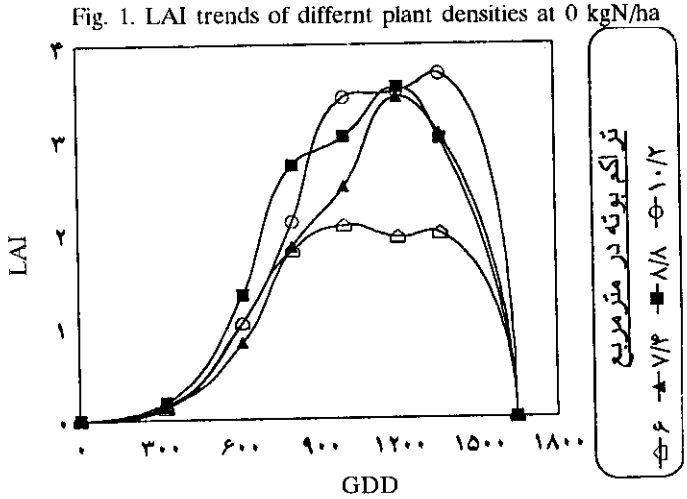
Archive of SID





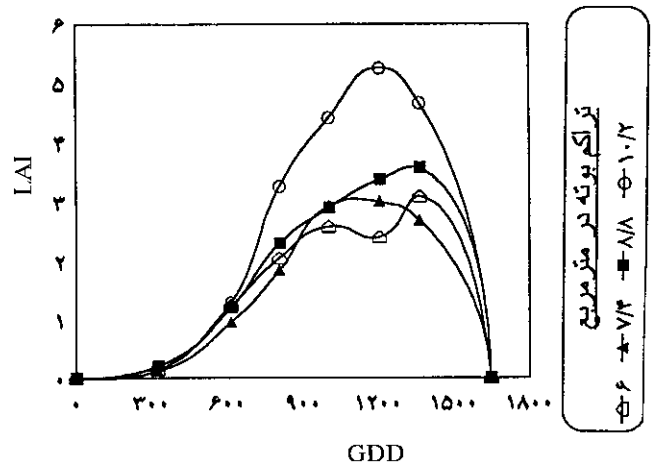

شکل ۱ـ روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) تراکم‌های مختلف در صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار

Fig. 1. LAI trends of differnt plant densities at 0 kgN/ha




شکل ۲ـ روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) تراکم‌های مختلف در ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار

Fig. 2. LAI trends of differnt plant densities at 80 kgN/ha



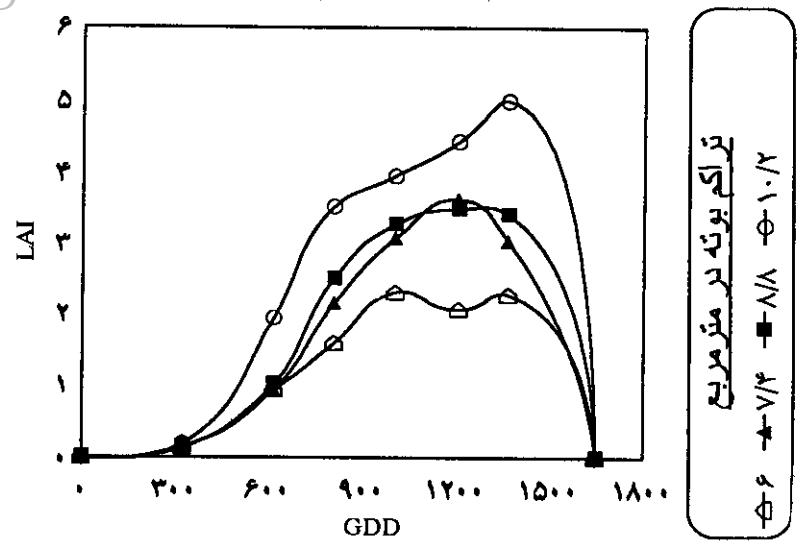

شکل ۳ـ روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) تراکم‌های مختلف در ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار

Fig. 3. LAI trends of differnt plant densities at 160 kgN/ha

www.SID.ir

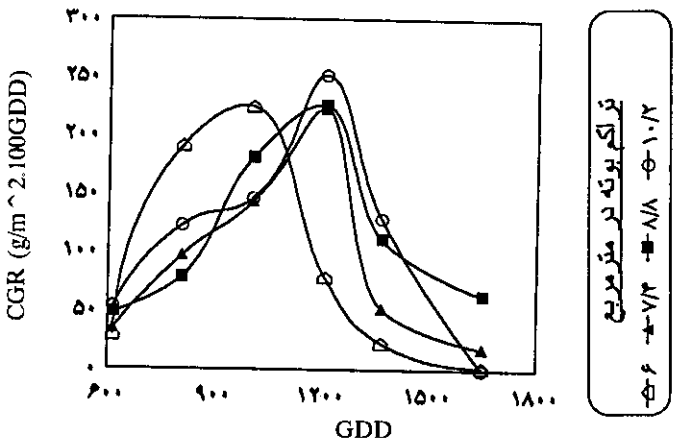
Archive of SID





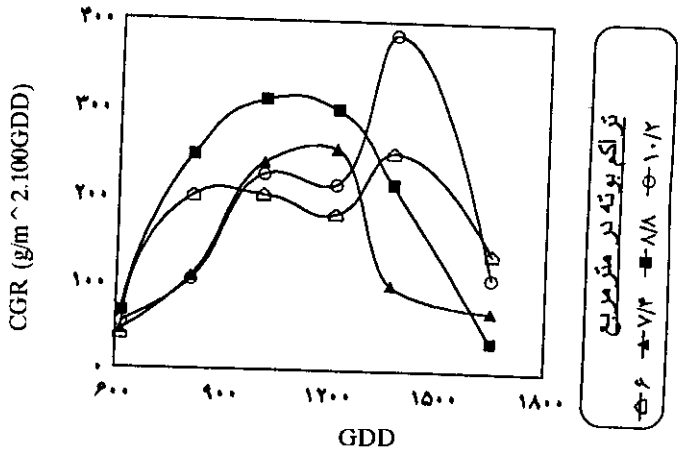

شکل ۴ـ روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) تراکم‌های مختلف در ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار

Fig. 4. LAI trends of differnt plant densities at 240 kgN/ha




شکل ۵ـ روند تغییرات آهنگ رشد گیاه (CGR) تراکم‌های مختلف در صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار

Fig. 5. CGR trends of different plant densities at 0 kgN/ha



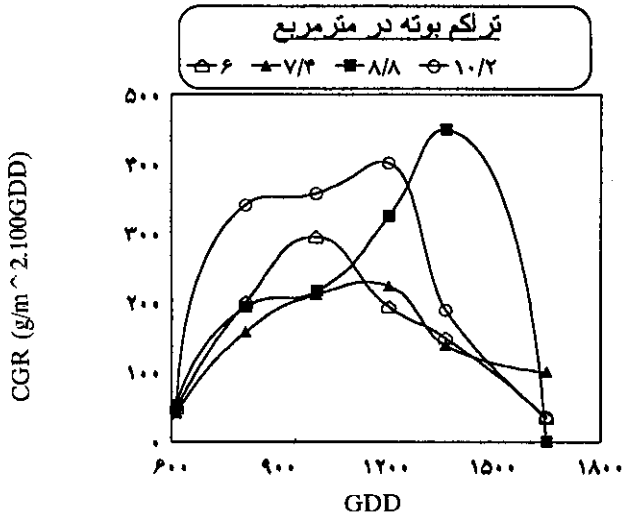

شکل ٦ـ روند تغییرات آهنگ رشد گیاه (CGR) تراکم‌های مختلف در ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار

Fig. 6. CGR trends of different plant densities at 80 kgN/ha

www.SID.ir

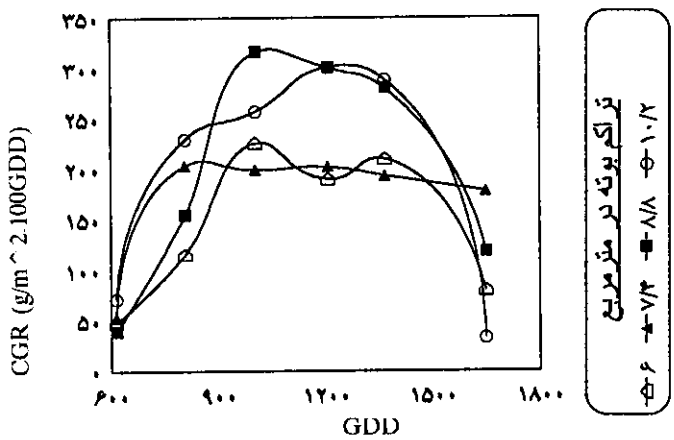
Archive of SID





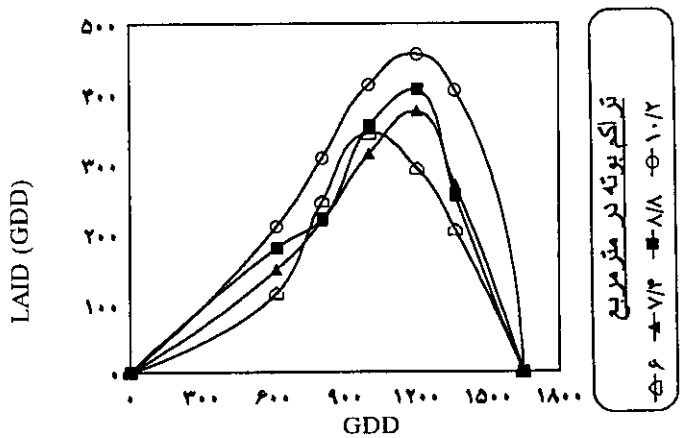

شکل ۷ـ روند تغییرات آهنگ رشد گیاه (CGR) تراکم‌های مختلف در ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار

Fig. 7. CGR trends of different plant densities at 160 kgN/ha




شکل ۸ـ روند تغییرات آهنگ رشد گیاه (CGR) تراکم‌های مختلف در ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار

Fig. 8. CGR trends of different plant densities at 240 kgN/ha



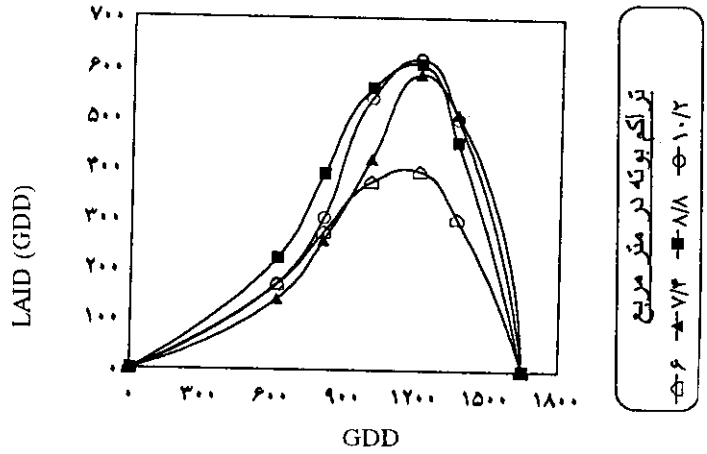

شکل ۹ـ روند تغییرات دوام شاخص سطح برگ (LAID) تراکم‌های مختلف در صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار

Fig. 9. LAID trends of different plant densities at 0 kgN/ha

www.SID.ir

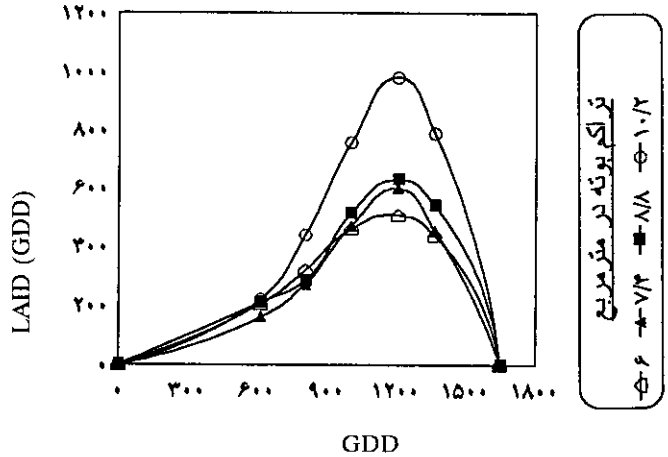
Archive of SID





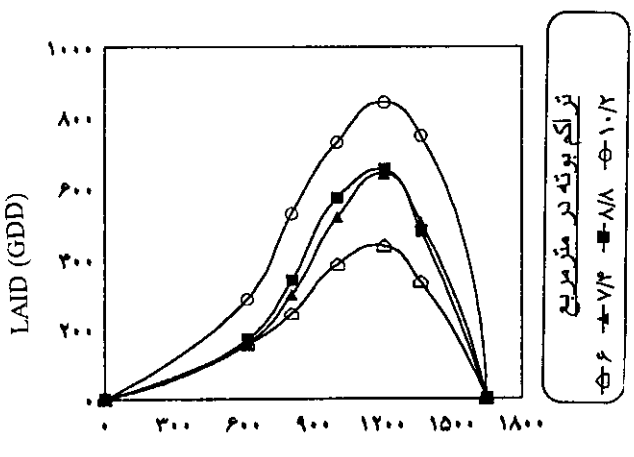

شکل ۱۰- روند تغییرات دوام شاخص سطح برگ (LAID) تراکم‌های مختلف در ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار

Fig. 9. LAID trends of different plant densities at 80 kgN/ha




شکل ۱۱- روند تغییرات دوام شاخص سطح برگ (LAID) تراکم‌های مختلف در ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار

Fig. 11. LAID trends of different plant densities at 160 kgN/ha

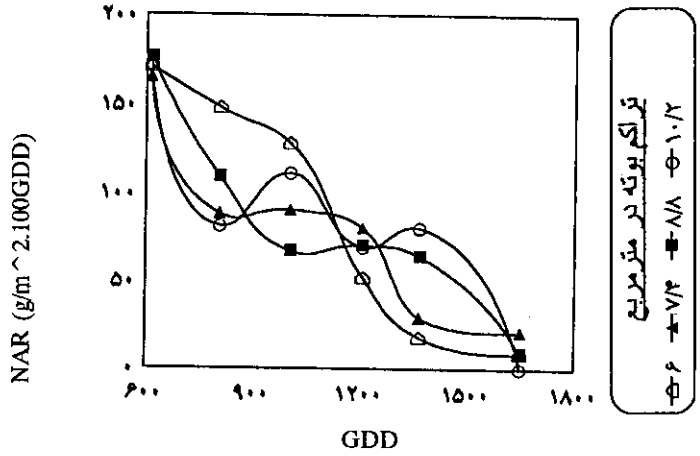



شکل ۱۲- روند تغییرات دوام شاخص سطح برگ (LAID) تراکم‌های مختلف در ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار

Fig. 12. LAID trends of different plant densities at 240 kgN/ha

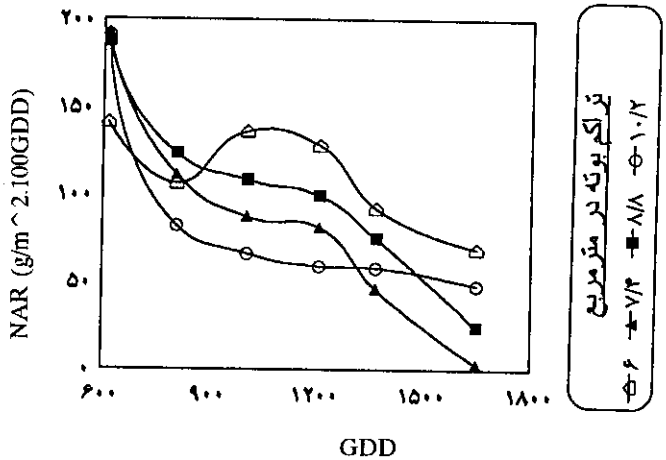
www.SID.ir

Archive of SID



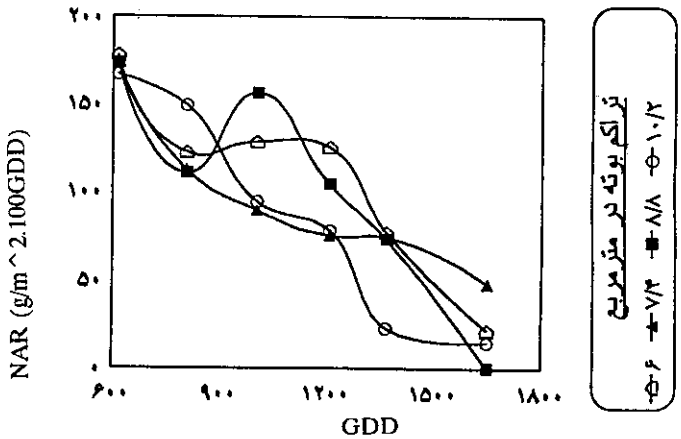

شکل ۱۳ـ روند تغییرات جذب و تحلیل خالص (NAR) تراکم‌های مختلف در صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار

Fig. 13. NAR trends of different plant densities at 0 kgN/ha




شکل ۱۴ـ روند تغییرات جذب و تحلیل خالص (NAR) تراکم‌های مختلف در ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار

Fig. 14. NAR trends of different plant densities at 80 kgN/ha

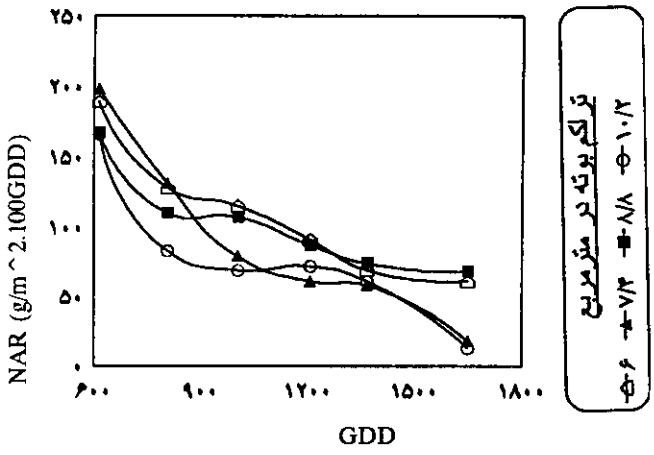



شکل ۱۵ـ روند تغییرات جذب و تحلیل خالص (NAR) تراکم‌های مختلف در ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار

Fig. 13. NAR trends of different plant densities at 160 kgN/ha

www.SID.ir

Archive of SID




شکل ۱۶ـ روند تغییرات جذب و تحلیل خالص (NAR) تراکم‌های مختلف در ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار

Fig. 16. NAR trends of different plant densities at 240 kgN/ha

است (Uhart and Andrade, 1995; Tetio-Kagho and Gardner, 1988a). با توجّه به اهمّیّت شاخص سطح برگ، آهنگ رشد گیاه و دوام شاخص برگ در افزایش عملکرد دانه می‌توان نتیجه گرفت که بخش عمده‌ای از افزایش عملکرد دانه در نتیجه افزایش تراکم، مربوط به بهبود شاخص‌های فیزیولوژیک ذکر شده باشد. از طرف دیگر با توجّه به اینکه نقش پنجه‌های در عملکرد بوته‌های ذرت قابل اغماض می‌باشد و هم‌چنین رقم مورد آزمایش از ارقام تک بلالی است که در این آزمایش تعداد بلال در هر بوته نیز تحت تأثیر افزایش تراکم و کود نیتروژن قرار نگرفته است، بنابراین نقش شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد در تنظیم عملکرد دانه از اهمّیّت ویژه‌ای برخوردار است.

## References

## منابع مورد استفاده


گاردنر، پی، اف، ار. بی. پی پرس و آر. آل میشل. ۱۳۷۳. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ترجمه غ. سرمدنیا و ع. کوچکی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. چاپ سوم. ۶۴۷ صفحه.

ADELANA, B. O. N. abd G. M. MILBOURN. 1972. The growth of maize. II. Dry-matter partition in three maize hybrids. J. Agric. Sci. Camb. **78**:73-78.

CIRILO, A. G., and F. H. ANDRADE. 1994a. Sowing date and maize productivity: I. Crop growth and dry matter partitioning. Crop Sci. **34**:1039-1043.

CIRILO, A. G., and F. H. ANDRADE. 1994b. Sowing date and maize productivity: II. Kernel number determination. Crop Sci. **34**:1044-1046.

CONNOR, D. J. A. J. HALL, and V. O. SADRAS. 1993. Effect of nitrogen content on the photosynthetic characteristics of sunflower leaves. Aust. J. Plant Physiol. **20**:251-263.

COX, W. J. 1996. Whole-plant physiological and yield responses of maize to plant density. Agron. J. **88**:489-496.

COX, W. J., S. KALONGE, D. J. R. CHERNEY, and W. S. REID. 1993. Growth, yield, and quality of forage maize under-different nitrogen management practices. Agron. J. **85**:341-347.

DWYER, L. M., M. TOLLERNAAR, and D. W. STEWART. 1991. Changes in plant density dependence of leat


www.SID.ir

Archive of SID

photosynthesis of maize (*Zea mays* L.) hybrids, 1959 to 1988. Can. J. Plant. Sci. **71**:1-11.

EIK, K., J.J. HANWAY. 1966. Leaf area in relation to yield of corn grain. Agron. J. **58**:16-18.

GARDNER, F., P. R. BALLE, and D. E. McCLOUD. 1990. Yield characreristics of ancient races of maize compared to a modern hybrid. Agron. J. **82**:864-868.

GIESBRECHT, J. 1969. Effect of population and row spacing on the performance on four corn (*Zea mays* L.) hybrids. Agron. J. **16**:439-441.

GIRARDIN, P., M. TOLLENAAR, A. DELTOUR, and J. MULDOON. 1987. Temporary N starvation in maize (*Zea mays* L.): effects on development, dry matter accumulation and grain yield. Agronomie (Paris) **7**:1-35.

GOLDSWORTHY, P. R., and M. COLEGROVE. 1974. Growth and yield of highland maize in Mexico. J. Agric. Sci. Camb. **83**:213-221.

LUCAS, E. O. 1986. The effect of density and nitrogen fertilizer on the growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in Nigeria. J. Agric. Sci., Camb. **107**:573-578.

McCULLOUGH, D. E., O. GIRADIN, M. NIHAJLIVIC, A. AGUILERA, and M. TOLLENAAR. 1994.

Influence of N supply on development and dry matter accumulation of an old and new maize hybrid . Can J. Plant Sci. **74**:471-477.

MUCHOW, R. C., and R. DAVIS. 1988. Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semi-arid tropical environment. II. Radiation interception and biomass accumulation. Field Crops Res. **18**:17-30.

NUNEZ, R. and E. J. KAMPRATH. 1969. Relationships between N response, plant population, and row width on growth and yield of corn. Agron. J. **61**:279-282.

PEARCE, R. B., J. J. MACK, and T. B. BAILEY. 1975. Rapid method for estimating leaf area per plant in maize. Crop Sci. **15**:691-694.

RADFORD, P. J. 1967. Growth analysis formulae, their use and abuse. Crop Sci. **7**:171-175.

SINCLAIR, T. R., and HORIE. 1989. Leaf nitrogen, photosynthesis and crop radiation use efficiency: A review. Crop Sci. **29**:90-98.

TETIO-KAGHO, F., and F. P. GARDNER. 1988a. Responses of maize to plant population density, I. Canopy development, light relationships, and vegetative growth. Agron. J. **8**:930-935.

TOLLENAAR, M., and A. AGUIDERA. 1992. Radiation use efficiency of an old and a new maize hybrid. Agron. J. **84**:5363-541.

TOLLENAAR, M., L. M. DWYER, and D. W. STEWART. 1992. Ear and kernel formation in maize hybrids representing three decades of grain yield improvement in Ontario. Crop Sci. **32**:432-438.

UHART, S. A., and F. H. ANDRADE. 1995. Nitrogen deficiency in maize: I. Effects on crop growth, development, dry matter partitioning, and kernel set. Crop Sci. **35**:1376-1383.

WILLIAMS, W. A., R. S. LOOMIS, and C. R. LEPLEY. 1965. Vegetative growth of corn as affected by population density. II. Components of growth, net assimilation rate and leaf area index. Crop Sci. **5**:215-219. www.SID.ir