نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد 15، شماره 4، زمستان 1396، ص. 900-885

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 4, Winter. 2018, p. 885-900

اثر نیتروژن بر کارایی مصرف تشعشع و شاخص‌های رشد ارقام مختلف ذرت (*Zea mays* L.) تحت شرایط کرمانشاه

منصور احمدی[1]- فرزاد مندنی[2*]- محمود خرمی وفا[2]- غلامرضا محمدی[3]- علی شیرخانی[4]

تاریخ دریافت: 1395/04/28
تاریخ پذیرش: 1395/11/04

چکیده

کارایی مصرف تشعشع یک راه‌کار مؤثر برای کمی کردن تجمع ماده خشک است که به شدت متأثر از نوع گونه گیاهی، شرایط آب و هوایی و مدیریت زراعی است. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر نیتروژن بر کارایی مصرف تشعشع، شاخص‌های رشد و عملکرد برخی از ارقام رایج ذرت اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال 1393 اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح کود نیتروژن (138، 238، 350 و 483 کیلوگرم اوره در هکتار) در کرت‌های اصلی و سه رقم ذرت 704، سیمون و 678 BC در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ، سرعت رشد محصول و عملکرد ماده خشک کل به‌ترتیب در ارقام 704 و 678 BC مشاهده گردید. با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن از 138 به 238، 350 و 483 کیلوگرم اوره در هکتار کارایی مصرف تشعشع به‌ترتیب با حدود 13، 21 و 22 درصد افزایش از 2/33 به 2/63، 2/81 و 2/84 گرم بر مگاژول تشعشع فعال فتوسنتزی بهبود یافت. با این وجود ارقام ذرت از نظر کارایی مصرف تشعشع تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. بررسی همبستگی بین کارایی مصرف تشعشع و صفات شاخص‌های رشد ذرت نیز نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین کارایی مصرف تشعشع و حداکثر شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ، حداکثر جذب تشعشع، حداکثر سرعت رشد محصول، حداکثر سرعت رشد نسبی و حداکثر ماده خشک کل وجود داشت. بیشترین عملکرد ماده خشک کل (20450 کیلوگرم در هکتار) مربوط به رقم 704 و شرایط مصرف 483 کیلوگرم اوره در هکتار بود. رقم سیمون در شرایط مصرف 483 کیلوگرم اوره در هکتار نسبت به ارقام دیگر از عملکرد دانه بیشتری (10467 کیلوگرم در هکتار) برخوردار بود. علی‌رغم تأثیری که مصرف نیتروژن بر عملکرد ذرت داشت، استفاده نامطلوب آن منجر به آلودگی‌های زیست‌محیطی خواهد شد، بنابراین مصرف منطقی کود نیتروژن براساس نیاز گیاه، باعث افزایش کارایی استفاده از منابع، عملکرد قابل قبول و کاهش مخاطرات زیست‌محیطی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: جذب تشعشع، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی، عملکرد دانه، کارایی مصرف تشعشع

مقدمه

در چند دهه اخیر افزایش رشد جمعیت همراه با افزایش سطح انتظارات بشر منجر به بهره‌برداری شدیدتر و نامطلوب‌تر از زمین‌های قابل کشت شده است. با این حال در سیستم‌های مدرن تولید گیاهان زراعی روش‌های مدیریتی به‌کار رفته توسط کشاورزان، برای رسیدن به تولیدی بالاتر در حال بهبود است. از رایج‌ترین این روش‌ها افزایش کارایی مصرف منابعی همچون آب، عناصر غذایی و تشعشع خورشید است. در بین منابع مصرفی، برخی از آنها همچون تشعشع خورشید دارای اهمیت بیشتری می‌باشد. شدت تشعشع خورشید در یک منطقه نسبتاً ثابت است و می‌توان از آن به‌عنوان منبعی نام برد که به‌طور

1- دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
2- استادیار اکولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
3- دانشیار اکولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
4- مربی پژوهشی، بخش تحقیقات گیاهان زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی
(*- نویسنده مسئول: Email: f.mondani@razi.ac.ir)

DOI: 10.22067/gsc.v15i4.57608

کارآمدتری نسبت به سایر منابع مصرفی بر تولید محصولات زراعی تأثیرگذار است. فراوانی شدت تشعشع خورشید در مناطق معتدل یک فرصت مناسب برای افزایش مصرف آن در تولید بهتر محصولات زراعی می‌باشد (Awal *et al.*, 2006).

تولید ماده خشک توسط گیاهان زراعی تابعی از تشعشع جذب شده و کارایی مصرف تشعشع است. بنابراین کارایی مصرف تشعشع یک راه‌کار مؤثر و کارا برای کمی کردن تجمع ماده خشک است و به‌عنوان ماده خشک تولید شده توسط گیاه به‌ازای جذب هر واحد تشعشع خورشیدی تعریف می‌شود (Kiniry *et al.*,1999) و اغلب از طریق محاسبه شیب رگرسیون خطی بین وزن خشک کل و تابش جذب شده تجمعی به‌دست می‌آید (Akmal and Janssens, 2004). مقادیر کارایی مصرف نور با توجه به گونه گیاهی، شرایط آب و هوایی، مدیریت زراعی، مرحله رشدی گیاه، نحوه اندازه‌گیری و ترکیبات گیاهی تغییر می‌کند (O'Connell *et al.*,2004). از جمله عوامل مؤثر در کارایی مصرف تشعشع توسط محصولات زراعی، نیتروژن در دسترس و ویژگی‌های فتوسنتزی گیاه است (Manrique *et al.*, 1991).

تجزیه و تحلیل کمی رشد روشی مناسب برای شناخت حرکت مواد فتوسنتزی در گیاه از طریق اندازه‌گیری تولید ماده خشک در طول فصل رشد است که امکان توضیح و تفسیر واکنش گیاه نسبت به شرایط محیطی را فراهم می‌سازد (Koocheki *et al.*, 2003). ماده‌خشک تولید شده توسط گیاه زراعی را می‌توان با استفاده از شاخص‌هایی نظیر سرعت رشد محصول[1] و سرعت رشد نسبی[2] که هر دو از مهمترین شاخص‌های رشد می‌باشند مورد تجزیه و تحلیل قرار داد (Karimi and Siddique, 1991). از طرفی، میزان جذب تشعشع توسط کانوپی به نوبه خود از برخی از شاخص‌های رشد متاثر می‌شود، به‌طوری‌که با تعیین این شاخص‌ها می‌توان میزان نور دریافتی توسط پوشش گیاهی را تخمین زد. در این راستا جذب تشعشع با تغییرات شاخص سطح برگ در اغلب گیاهان یک ارتباط خطی- انحنایی نشان می‌دهد.

کور و همکاران (Kaur *et al.*, 2012) گزارش کردند که با مصرف 25 و 50 درصد نیتروژن بالاتر از میزان توصیه شده، ویژگی‌های اکوفیزیولوژیک مانند شاخص سطح برگ، تشعشع فعال فتوسنتزی جذب شده و کارایی مصرف تشعشع ذرت (*Zea mays* L.) به‌طور قابل توجهی افزایش یافت. همچنین اتر ندیم و همکاران (Ather Nadeem *et al.*, 2009) نیز اظهار کردند که شاخص سطح برگ ذرت با افزایش نیتروژن به شدت افزایش یافت، به‌طوری‌که حداکثر و حداقل شاخص سطح برگ به‌ترتیب با کاربرد 150 کیلوگرم نیتروژن و شاهد صفر مشاهده شد. شیوایی و همکاران (Shivay *et al.*, 2002) و اکبال همکاران (Iqbal *et al.*, 2006) نیز افزایش شاخص سطح برگ ذرت را با افزایش کود نیتروژن گزارش کردند. در تحقیقی دیگر زبارث و شرید (Zebarth and Sheard, 1992) دریافتند که نیتروژن باعث تداوم سطح برگ می‌شود که از این طریق مدت و میزان فتوسنتز برگ افزایش یافته و در نتیجه گیاه می‌تواند ماده خشک بیشتری تولید کند. نصیری محلاتی و همکاران (Nassiri Mahallati *et al.*, 2015 a) نیز در آزمایشی دریافتند که تولید ماده خشک ذرت به شدت تابع میزان نور جذب شده بود که خود به ویژگی‌های ساختار کانوپی و شاخص سطح برگ وابسته است. همچنین اگری و همکاران (Aggerey *et al.*, 2004) بیان کردند دست‌یابی به یک عملکرد مطلوب در سیب‌زمینی به رشد سریع کانوپی، دست‌یابی سریع‌تر به حداکثر شاخص سطح برگ برای حداکثر جذب نور و تکمیل رشد در زمان مطلوب بستگی دارد.

استفاده از ارقام مختلف ذرت با کارایی جذب و مصرف بالاتر نهاده‌ها و همچنین مدیریت صحیح مصرف ورودی‌ها از جمله راهکارهای کشاورزی پایدار هستند که از این طریق ضمن استفاده مؤثر گیاه از نهاده‌های شیمیایی و طبیعی، مخاطرات زیست محیطی مصرف نادرست نهاده‌ها نیز به‌طور چشم‌گیری کاهش می‌یابد (Sepehr *et al.*, 2008). از طرفی یکی از مهمترین شرط‌های لازم برای دست‌یابی به عملکرد بالا، تأمین شرایط مطلوب از جمله نیتروژن کافی به‌منظور استفاده از سایر منابع محیطی از قبیل تشعشع خورشیدی موجود جهت تولید بهینه ترکیبات فتوسنتزی است. در واقع رقابت در جهت کسب نور نوعی رقابت مستقیم برای کسب منابع محیطی به‌صورت آنی می‌باشد که به علت عدم ذخیره نور در محیط مهمترین عامل ایجاد رقابت در اکثر سیستم‌های زراعی محسوب می‌شود (Beheshtiand Behboodifard, 2010). استان کرمانشاه یکی از قطب‌های تولید ذرت در کشور است (MJA, 2014) و سالیانه مقادیر زیادی از منابع کود نیتروژن در آن مصرف می‌شود. با توجه به اینکه این استان از نظر سایر منابع طبیعی همچون تشعشع خورشید در وضعیت جغرافیایی نسبتاً مطلوب قرار دارد، لذا این پژوهش با هدف بررسی اثر نیتروژن بر عملکرد، کارایی مصرف تشعشع و شاخص‌های رشد ارقام مختلف ذرت اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق طی سال زراعی 1393 در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی (طول جغرافیایی 47 درجه 5/94 دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی 34 درجه و 19/52 دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا 1345 متر) اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با چهار

1- Crop Growth Rate
2- Relative Growth Ratio

تکرار بود. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح کود نیتروژن (40، 70، 100 و 140 درصد نیاز گیاهی ذرت به عنصر نیتروژن که مقدار توصیه شده براساس آزمون خاک معادل 138، 238، 350 و 483 کیلوگرم اوره در هکتار در نظر گرفته شد) در کرت‌های اصلی و سه رقم رایج ذرت 704، سیمون و 678 BC در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. رقم سیمون، هیبرید سینگل کراس، نیمه دیررس، متحمل به بیماری‌های برگی، تحمل نسبتاً مناسب به تنش‌های شوری و خشکی انتهای فصل، پروتئین دانه بالا و وزن هزار دانه 360-340 گرم که منشاء آن کشور اسپانیا است. رقم 704، هیبرید سینگل کراس، رقم دیررس، پایداری عملکرد خوب و نیمه حساس به بیماری سیاهک معمولی ذرت و منشاء آن آمریکا (یوگسلاوی سابق) است. رقم 678 BC نیز ویژگی‌هایی از قبیل: هیبرید سینگل کراس، میانرس، بوته‌های قوی و مقاوم به خوابیدگی و شکستگی و وزن هزار دانه 370-340 گرم و منشاء آن کرواسی می‌باشد. قبل از کاشت آنالیز خاک در عمق صفر تا 30 سانتی‌متر صورت پذیرفت و تیمارهای کود نیتروژن بر اساس این آزمون لحاظ شدند (جدول 1).

جدول 1- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Soil physico-chemical properties at experimental field

بافت خاک Texture	پتاسیم قابل جذب Absorbable potassium (ppm)	فسفر قابل جذب Absorbable phosphorus (ppm)	نیتروژن کل Total Nitrogen (%)	کربن Carbon (%)	اسیدیته کل اشباع pH	هدایت الکتریکی Electrical conductivity ×10 3 (dS/m)	درصد اشباع Saturation percentage (%)	عمق نمونه‌برداری Sampling depth (cm)
رس سیلتی Silty clay	400	5.8	0.166	1.66	7.47	0.75	40	0-30

عملیات آماده‌سازی بستر بذر در اوایل اردیبهشت آغاز و کاشت در نیمه دوم اردیبهشت ماه به‌صورت خشکه‌کاری انجام شد. به این صورت که یک سوم کود اوره در هر کرت اصلی در زمان کاشت، یک سوم دیگر در مرحله سه تا چهار برگی پس از عملیات وجین و تنک کردن بوته‌ها و یک سوم باقی‌مانده در مرحله آغاز گلدهی به‌صورت سرک و به روش نواری به خاک اضافه شد (Noormohammadi *et al.*, 2005). هر یک از کرت‌های فرعی دارای چهار خط کاشت به طول چهار متر و فاصله 0/75 متر از یکدیگر بود. بذرکاری نیز به روش کپه‌ای صورت گرفت. به این ترتیب که ابتدا در هر کپه به فاصله 18 سانتی‌متر دو عدد بذر کاشته شد و بلافاصله بعد از کاشت دو آبیاری سبک به فاصله سه روز به منظور سبز شدن یکنواخت مزرعه انجام گرفت و در مرحله سه تا چهار برگی به منظور رسیدن به تراکم مطلوب، عملیات تنک کردن بوته‌های اضافی انجام گرفت. تراکم نهایی مزرعه نیز با توجه به دستورالعمل فنی کاشت، داشت و برداشت ذرت (دانه‌ای و علوفه‌ای) برای هر سه رقم 75000 بوته در هکتار در نظر گرفته شد (Dehghanpoor, 2014). بعد از سبز شدن، آبیاری‌های بعدی به روش نشتی و مطابق نیاز گیاه انجام گرفت.

نمونه‌برداری‌ها شامل دو بخش نمونه‌برداری‌های تخریبی و نمونه‌برداری‌های نهایی بود. در نمونه‌برداری‌های تخریبی که هر 14 روز یک بار صورت گرفت، ابتدا سه بوته از هر کرت به‌صورت کاملاً تصادفی برداشت شده و سپس وزن خشک کل و سطح برگ اندازه‌گیری شدند. به منظور اندازه‌گیری سطح برگ ذرت از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (مدل LA-3000A) استفاده شد. برای تعیین وزن خشک کل نیز ابتدا نمونه‌ها به مدت زمان کافی در دمای 70 درجه سانتی‌گراد حرارت آون قرار داده شدند و سپس توسط ترازو وزن آنها اندازه‌گیری گردید. برای تخمین مقادیر مادهٔ خشک کل روزانه از برازش معادله زیر استفاده شد (Nassiri Mahallati, 2008):

$$TDM = \frac{a}{(1+b\times e^{(-c\times x)})} \quad \text{معادله (1)}$$

در اینجا TDM؛ مادهٔ خشک کل روزانه بر حسب گرم در متر مربع، a؛ حداکثر ماده خشک کل، b؛ زمانی که منحنی ماده خشک کل وارد مرحله خطی رشد خود می‌شود، c؛ سرعت رشد نسبی و x؛ زمان بر حسب روز پس از سبز شدن است. همچنین برای محاسبهٔ سرعت رشد محصول (CGR) از روش مشتق‌گیری از معادلهٔ روند مادهٔ خشک کل روزانه و برای محاسبهٔ سرعت رشد نسبی (RGR) نیز از مشتق معادلهٔ سرعت رشد محصول استفاده شد (Koocheki and Sarmadnia, 1999).

به منظور محاسبه کارایی مصرف تشعشع (RUE[1]) ابتدا تعداد ساعات آفتابی برای عرض جغرافیایی کرمانشاه از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی دریافت شد، سپس میزان تشعشع روزانه خورشیدی به روش ارائه شده توسط گودریان و وان لار (Goudriaan and Van Laar 1993) محاسبه گردید. نور جذب شده روزانه برای ذرت براساس معادله زیر محاسبه شد (Sinclair and Muchow, 1999):

$$I_{abs} = I_0 \times (1 - e^{-K\times LAI}) \quad \text{معادله (2)}$$

در این معادله، I_{abs}، میزان تشعشع جذب شده بر اساس مگاژول در متر مربع، I_0، میزان تشعشع خورشیدی رسیده به بالای کانوپی بر حسب مگاژول بر متر مربع، K، ضریب خاموشی نور ذرت است که

1- Radiation Use Efficiency

معادل 0/65 در نظر گرفته شد (Jones Kiniry, 1986) و LAI، شاخص سطح برگ روزانه که از طریق برازش معادله زیر روی داده‌های اندازه‌گیری شده شاخص سطح برگ از طریق رابطه زیر محاسبه شد (Nassiri Mahallati, 2008):

$$LAI = \frac{a+b\times 4\times\left(e^{\left(-\left(\frac{x-c}{d}\right)\right)}\right)}{\left(1+e^{\left(-\left(\frac{x-c}{d}\right)\right)}\right)^{2}}$$ معادله (3)

در این معادله a، عرض از مبدأ، b، حداکثر شاخص سطح برگ، c، زمان رسیدن شاخص سطح برگ به حداکثر میزان خود و d، نقطه عطف منحنی است که در آن رشد سطح وارد مرحله خطی می‌شود و x؛ زمان بر حسب روز پس از سبز شدن است. تشعشع جذب شده در هر مرحله نیز از حاصلضرب تشعشع ورودی شبیه‌سازی شده در درصد تشعشع جذب شده به‌دست آمد و مقدار کل تشعشع جذب شده به‌صورت تجمعی از طریق حاصلضرب تشعشع ورودی شبیه‌سازی شده در انتگرال کسر تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR^1) جذب شده نسبت به زمان محاسبه شد. در انتها کارایی مصرف تشعشع بر حسب گرم بر مگاژول، از طریق محاسبه شیب خط گرسیون بین ماده خشک کل تجمعی (گرم بر متر مربع) و میزان تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی (مگاژول بر متر مربع) برای هر یک از کرت‌ها به‌طور جداگانه محاسبه شد. همچنین جهت محاسبه دوام سطح برگ (LAD) از رابطه زیر استفاده شد:

$$LAD = \sum\left(\frac{(LAI_1+LAI_2)}{2}\times(t_2-t_1)\right)$$ معادله (4)

در این معادله t_1 و t_2، به‌ترتیب روز پس از سبزشدن در نمونه‌گیری اول و دوم و LAI_1 و LAI_2، به‌ترتیب مقدار شاخص سطح برگ در زمان‌های t_1 و t_2 است. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک (ظهور لایه سیاه رنگ در محل اتصال دانه به چوب بلال)، جهت برداشت نهایی یک متر مربع وسط کرت‌ها با رعایت اصول حاشیه به‌صورت کف‌بر برداشت شد. پس از خشک شدن نمونه‌ها در دمای 70 درجه سانتی‌گراد آون به مدت زمان کافی، دانه‌ها از چوب بلال جدا گردید و عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک کل اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌های مستخرج از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه 9/4) انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون LSD در سطح پنج درصد صورت گرفت. همچنین برای برازش معادلات و رسم شکل‌ها به‌ترتیب از نرم‌افزارهای Slidwrite و اکسل استفاده شد.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

صرف‌نظر از میزان کاربرد کود نیتروژن، بالاترین و پایین‌ترین حداکثر شاخص سطح برگ به‌ترتیب در ارقام 704 و 678 BC مشاهده گردید (شکل 1). اگرچه این اختلاف ناچیز بود ولی به نظر می‌رسد رقم 704 به‌علت داشتن برگ‌های بزرگتر و دوره رویش طولانی‌تر از شاخص سطح برگ بیشتری برخودار بود. رحیمی مقدم و همکاران (Rahimi-Moghaddam *et al.*, 2015) نیز گزارش کردند که از نظر سطح برگ بین ارقام ذرت اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

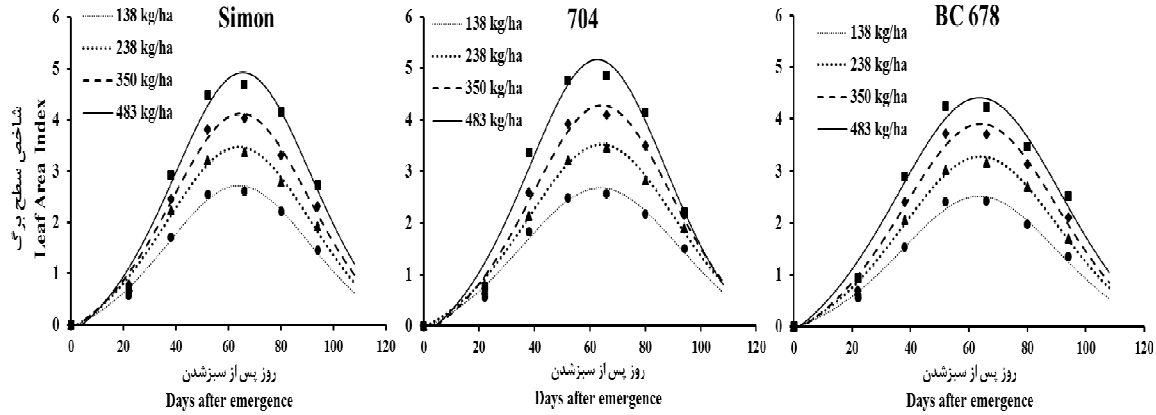
همچنین با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن از 138 به 483 کیلوگرم اوره در هکتار شاخص سطح برگ ارقام سیمون، 704 و 678 BC به‌ترتیب حدود 81، 94 و 75 درصد افزایش یافت. علاوه براین، رقم 704 در شرایط مصرف 483 کیلوگرم اوره در هکتار بالاترین (5/2) و رقم 678 BC در شرایط مصرف 138 کیلوگرم اوره در هکتار پایین‌ترین (2/5) حداکثر شاخص سطح برگ را داشتند (شکل 1). به نظر می‌رسد نیتروژن از طریق اثر بر افزایش و سرعت تقسیم و بزرگ شدن سلول‌های برگ منجر به افزایش شاخص سطح برگ گیاه شد (Malekooti and Nafisi, 1994). علاوه براین، افزایش میزان کاربرد نیتروژن می‌تواند از طریق افزایش طول دوره رشد گیاه، تغییر زاویه برگ‌ها نسبت به ساقه، دوام سطح برگ و تولید برگ‌های بزرگتر باعث بهبود شاخص سطح برگ شود (Das, 2004; Ayub *et al.*,2003; Montemurro *et al.*, 2006).

دوام سطح برگ

نتایج این بررسی نشان داد که اثر افزایش میزان کود نیتروژن بر دوام سطح برگ ذرت در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول2). به گونه‌ای که بیشترین دوام سطح برگ مربوط به تیمار 483 کیلوگرم اوره در هکتار معادل 280/8 LAI-روز و کمترین آن مربوط به تیمار 183 کیلوگرم اوره در هکتار معادل 157/8 LAI-روز بود (شکل 2). ارقام ذرت نیز از نظر صفت دوام سطح برگ در سطح یک درصد با یکدیگر تفاوت معنی‌دار داشتند (جدول 2). بیشترین (231/5 LAI-روز) و کمترین (207/4 LAI-روز) دوام سطح برگ به‌ترتیب مربوط به رقم 704 و 678 BC بود (شکل 2). برای نشان دادن دوام و پایداری اندام‌های فتوسنتزکننده از شاخص‌های مختلفی همچون دوام سطح برگ استفاده می‌شود (Keshavarz *et al.*, 2013). دوام سطح برگ براساس تعداد روزهای ماندگاری برگ روی گیاه در نظر گرفته می‌شود و با کاربرد کود نیتروژن این ویژگی به شدت بهبود می‌یابد. به نظر می‌رسد افزایش میزان نیتروژن از طریق افزایش محتوای کلروفیل و دوره سبز بمان برگ منجر به افزایش دوام سطح برگ ذرت شد. همچنین وجود تفاوت‌های ژنتیکی در تغییر مدت زمان سبز بمان برگ‌ها می‌تواند باعث تفاوت دوام سطح برگ در ارقام مختلف ذرت شود. برهمکنش میزان کاربرد کود نیتروژن و ارقام بر دوام سطح

1- Photosynthesis Active Radiation

برگ معنی‌داری نبود (جدول 2).



شکل 1- اثر کود نیتروژن بر شاخص سطح برگ ارقام مختلف ذرت

Figure 1- Effect of nitrogen on leaf area index of different hybrids of maize

جدول 2- تجزیه واریانس دوام سطح برگ، کارایی مصرف تشعشع و عملکرد دانه ارقام ذرت تحت سطوح مختلف کود نیتروژن

Table 2- Analysis of variance for leaf area duration, radiation use efficiency and grain yield of maize hybrids under various levels of nitrogen fertilizer

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares		
		کارایی مصرف تشعشع Radiation use efficiency	عملکرد دانه Grain yield	دوام سطح برگ Leaf area duration
بلوک Block	3	0.039 ^{ns}	306524 ^{ns}	640*
کود نیتروژن (A) Nitrogen fertilizer	3	0.676**	27774856**	32744**
خطای اصلی (Ea) Main Error	9	0.0496	935122	162
رقم (B) Hybrids	2	0.124 ^{ns}	6961145**	2365**
A×B	6	0.088 ^{ns}	2083956*	38.9ns
خطای فرعی (Eb) Sub Error	24	0.0467	636538	151
ضریب تغییرات (%) C.V.		8.14	10.84	15.58

* و ** : به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال 5 و 1 درصد؛ ns: غیر معنی‌دار

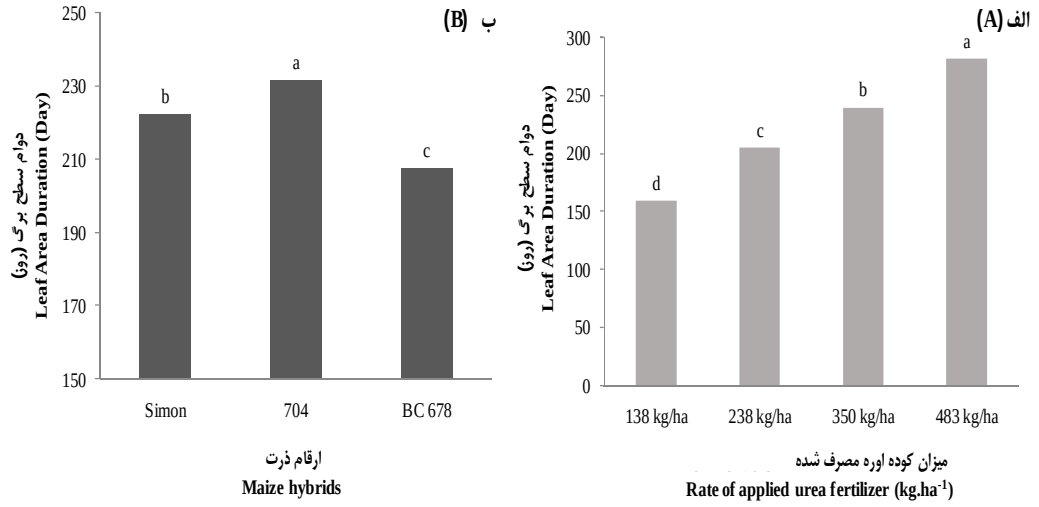
* and **: are significant at the 5 and 1% probability levels, respectively and ns is Non-significant

روند جذب تشعشع

نتایج نشان داد اگرچه از نظر حداکثر میزان شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ در بین ارقام ذرت تفاوت وجود داشت ولی از نظر حداکثر میزان جذب تشعشع تفاوت بسیار ناچیزی مشاهده شد (شکل 3). در کانوپی اکثر گیاهان زراعی، حداکثر جذب تشعشع همزمان با بسته شدن کانوپی رخ می‌دهد که در این زمان شاخص سطح برگ بین 3 تا 3/5 است (Nassiri Mahallati *et al.*, 2015 a). بنابراین این نتیجه دور از ذهن نبود که ارقام مختلف ذرت از نظر حداکثر جذب تشعشع اختلاف چندانی با یکدیگر نداشته باشند، زیرا در بیشتر تیمارهای مورد ارزیابی شاخص سطح برگ ذرت بیشتر از 3 تا 3/5 بود (شکل 1). با این وجود رقم 704 در مقایسه با سایر ارقام از حداکثر جذب تشعشع بیشتری برخودار بود. به نظر می‌رسد سهم دوام سطح برگ در بالا بردن میزان جذب تشعشع رقم 704 بیشتر از شاخص سطح برگ آن باشد.

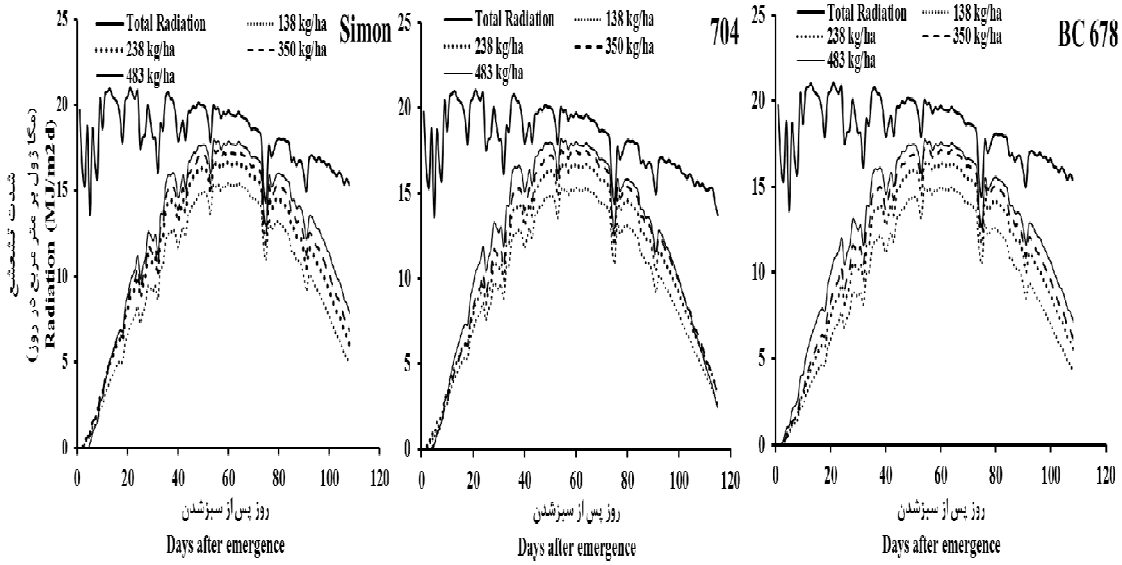
با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن از 138 به 483 کیلوگرم اوره در هکتار میزان جذب تشعشع نیز برای ارقام سیمون، 704 و 678 BC به‌ترتیب حدود 16، 18 و 18 درصد افزایش یافت (شکل 3). امکان دارد علت بهبود حداکثر میزان جذب تشعشع توسط کانوپی ارقام مختلف ذرت، بهبود شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و سرعت گسترش برگ‌ها توأم با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن باشد. همچنین نیتروژن از طریق تأثیر بر طول عمر برگ و افزایش دوام سطح برگ باعث بهبود جذب تشعشع می‌شود (Smiciklas and

Below, 1999; Montemurro *et al.*, 2006). کـور و همکـاران (Kaur *et al.*, 2012) نیز گزارش کردند که جذب تشعشـع در ارقـام ذرت متفاوت بوده و کاربرد کود نیتروژن از طریـق افـزایش شـاخص سطح برگ باعث بهبود جذب تشعشع شد.



شکل 2- اثر کود نیتروژن (الف) و ارقام ذرت (ب) بر دوام سطح برگ

Figure 2- Effect of nitrogen (A) and maize hybrids (B) on leaf area duration



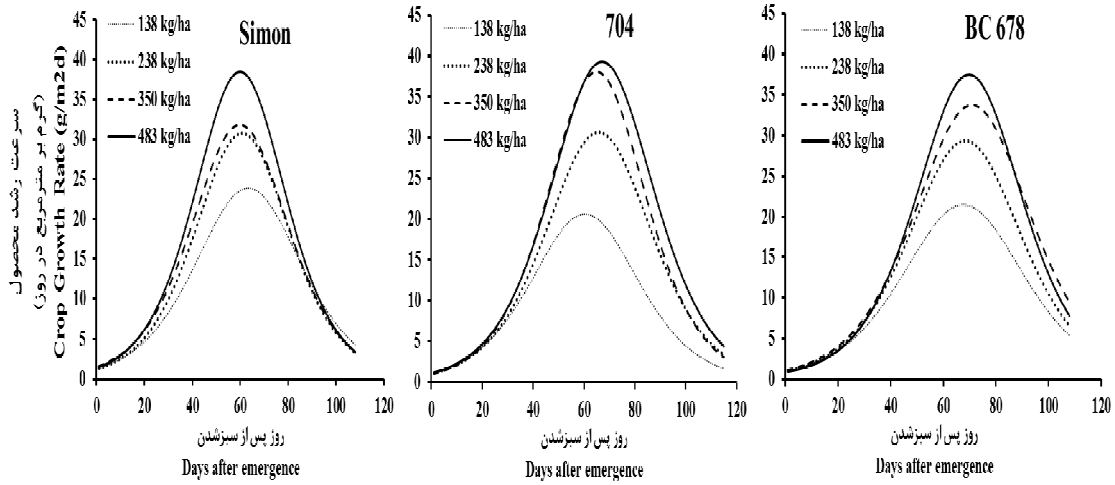
شکل 3- اثر کود نیتروژن بر روند جذب تشعشع درارقام مختلف ذرت

Figure 3- Effect of nitrogen on absorbed radiation in different hybrids of maize

سرعت رشد محصول

صرف‌نظر از میزان کاربرد کود نیتروژن بـالاترین و پـایین‌تـرین حداکثر میزان سرعت رشد محصول بـه‌ترتیـب در ارقـام 704 و 678 BC مشاهده گردید (شکل 4). رقم 704 به‌علت دوره رشد طولانی‌تـر در مقایسه با سایر ارقام مورد بررسی از سرعت رشد محصول بیشتری برخوردار بود. هرچند که این تفاوت خیلی زیاد نبود. رحیمـی مقـدم و

همکاران (Rahimi-Moghaddam *et al.*, 2015) نیز گزارش کردند که از نظر سرعت رشد محصول بین ارقام ذرت اختلاف معنی‌داری وجود دارد. با افزایش کاربرد کود نیتروژن از 138 به 483 کیلوگرم اوره در هکتار سرعت رشد ارقام سیمون، 704 و BC 678 به‌ترتیب حدود 61، 90 و 74 درصد افزایش یافت (شکل 4).



شکل 4- اثر کود نیتروژن بر روند سرعت رشد محصول در ارقام مختلف ذرت

Figure 4- Effect of nitrogen on crop growth rate in different hybrids of maize

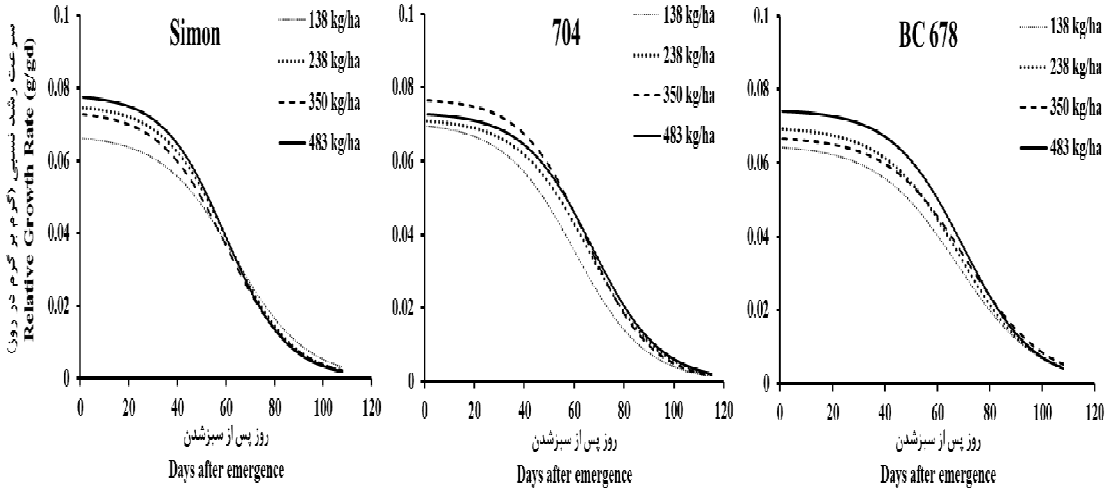
امکان دارد با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن روند سرعت رشد محصول به دلیل افزایش شاخص سطح برگ و جذب تشعشع خورشیدی و به دنبال آن بهبود میزان فتوسنتز روزانه ذرت به‌طور چشمگیری در ارقام مورد بررسی بهبود یافته باشد. همچنین با گذشت زمان، پس از رسیدن به حد نهایی خود با پیر شدن برگ‌ها و کاهش فتوسنتز خالص (افزایش میزان تنفس)، سرعت رشد محصول کاهش یافت. محققان دیگر نیز نشان دادند با افزایش نیتروژن مصرفی، تعداد و سطح برگ افزایش یافت که باعث بالارفتن ظرفیت فتوسنتزی شده و در نتیجه آن سرعت رشد محصول و تولید ماده خشک افزایش یافت (Gulser, 2005). حسنوزمان و همکاران (Hasanuzzaman *et al.*, 2010) نیز با کاربرد کود نیتروژن افزایش معنی‌دار سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی برنج را گزارش کردند.

سرعت رشد نسبی

نتایج این مطالعه حاکی از روند تقریباً مشابه سرعت رشد نسبی برای تیمارهای مورد بررسی بود، به‌طوری‌که بیشترین سرعت رشد نسبی ذرت در اوایل فصل رشد به دلیل پایین بودن هزینه‌های تنفس نگهداری بوته‌ها به علت وزن خشک کم مشاهده شد و به‌تدریج با ادامه رشد و افزایش سن گیاه میزان سرعت رشد نسبی نیز به‌تدریج کاهش یافت (شکل 5). همچنین صرف‌نظر از میزان کاربرد کود نیتروژن تفاوت چندانی در حداکثر میزان سرعت رشد نسبی ارقام مختلف ذرت مشاهده نشد (شکل 5).

حداکثر سرعت رشد نسبی ارقام سیمون، 704 و BC 678 با افزایش کاربرد کود نیتروژن از 138 به 483 کیلوگرم اوره در هکتار به‌ترتیب با حدود 17، 4 و 15 درصد افزایش از 0/066، 0/069 و 0/064 گرم بر گرم در روز به 0/078، 0/073 و 0/074 گرم بر گرم در روز بهبود یافت (شکل 4). سرعت رشد نسبی محصول بیان‌کننده سرعت افزایش وزن خشک گیاه نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی معین است. علت کاهش سرعت رشد نسبی در طول فصل رشد را می‌توان به افزایش سن برگ‌ها (به‌ویژه برگ‌های پایین‌تر کانوپی)، سایه‌اندازی برگ‌ها روی یکدیگر و درنتیجه کاهش راندمان فتوسنتزی آنها و نیز افزایش بافت‌های ساختمانی که در فتوسنتز نقشی نداشته و در نتیجه باعث افزایش هزینه‌های تنفس نگهداری گیاه می‌شود، نسبت داد (Nassiri Mahallati *et al.*, 2015 b). به نظر می‌رسد افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن از طریق افزایش شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و همچنین افزایش محتوی نیتروژن برگ‌ها و آنزیم روبیسکو به‌ویژه تا اواسط مراحل نموی گیاه منجر به افزایش کارایی سیستم فتوسنتزی ذرت شد و از این طریق باعث بهبود سرعت رشد نسبی گردید. سرعت رشد نسبی بسته به تغییرات وضعیت فتوسنتز و تنفس گیاه تغییر می‌یابد و به همین دلیل با افزایش سن برگ‌های پایین‌تر و نیز کاهش سرعت رشد محصول، مقدار آن در اواخر فصل رشد کاهش می‌یابد (Gulser, 2005). حسنوزمان و همکاران (Hasanuzzaman *et al.*, 2010) نیز با

کاربرد کود نیتروژن افزایش معنـی‌دار سـرعت رشـد نسـبی بـرنج را گزارش کردند.

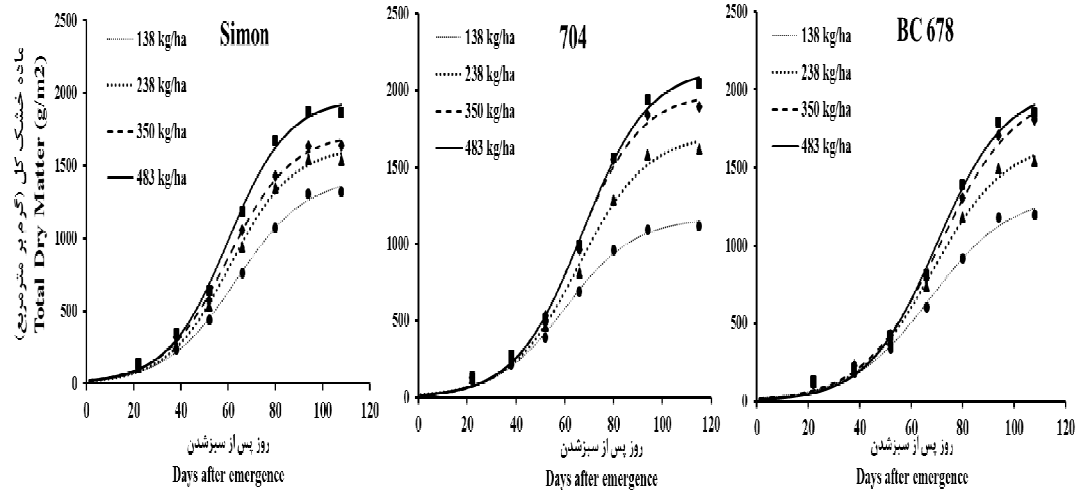


شکل 5- اثر کود نیتروژن بر روند سرعت رشد نسبی در ارقام مختلف ذرت

Figure 5- Effect of nitrogen on relative growth rate in different hybrids of maize

ماده خشک کل

روند افزایش ماده خشک کل ذرت در کلیـه تیمارهـای آزمـایش به‌صورت منحنی سیگموئیدی بـود (شـکل 6). در اوایـل دوره رشـد، تجمع ماده خشک کل به علت جذب نور و در نتیجه فتوسنتز و تولید ماده خشک کمتر، پایین بود اما به‌تدریج و پس از عبور از مرحله رشد نمایی با وارد شدن به مرحله رشد خطی به دلیل افزایش شاخ سـطح برگ، میزان فتوسنتز کانوپی افزایش یافته و شیب منحنی تجمع ماده خشک کل شدت بیشتری به خود گرفت و بعد از آن در انتهـای دوره رشد گیاه به علت پیری و ریزش بـرگ‌هـا و همچنـین سـایه‌انـدازی برگ‌های بالایی بر برگ‌های پایینی کانوپی و افزایش سرعت تنفس آنها وارد مرحلـه رشـد ثابـت گردیـد (Nassiri-Mahallati *et al.*, 2015 b).



شکل 6- اثر کود نیتروژن بر روند تجمع ماده خشک کل در ارقام مختلف ذرت

Figure 6- Effect of nitrogen on total dry matter in different hybrids of maize

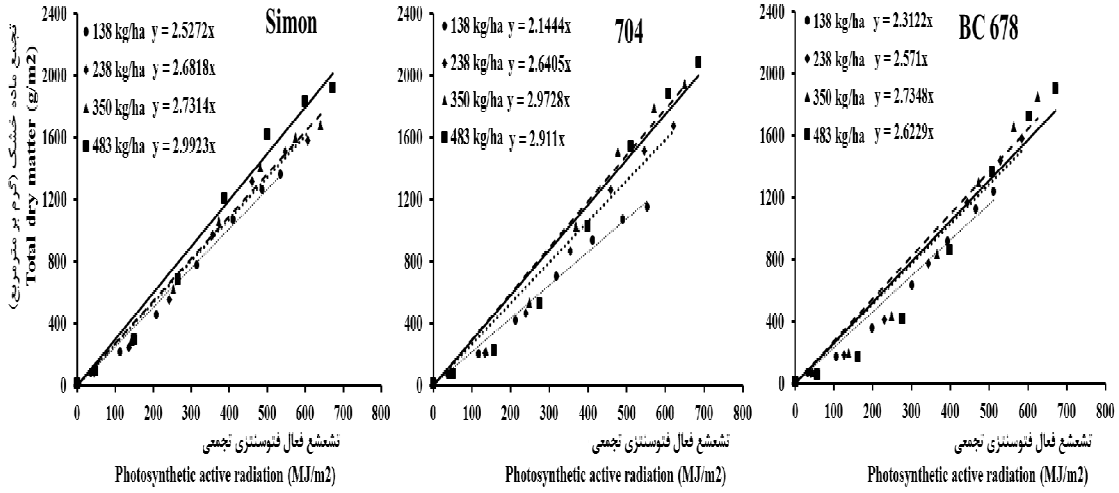
صرف‌نظر از میزان کاربرد کود نیتروژن در انتهای دوره رشد بالاترین و پایین‌ترین میزان ماده خشک کل به‌ترتیب در ارقام 704 و BC 678 مشاهده گردید (شکل 6). با افزایش کاربرد کود نیتروژن از 138 به 483 کیلوگرم اوره در هکتار ماده خشک کل ارقام سیمون، 704 و BC 678 به‌ترتیب حدود 42، 82 و 54 درصد بهبود یافت (شکل 6). همچنین بیشترین ماده خشک کل (2087 گرم در متر مربع) مربوط به رقم 704 در شرایط مصرف 483 کیلوگرم اوره در هکتار و کمترین آن (1146 گرم در متر مربع) نیز در رقم 704 و شرایط مصرف 138 کیلوگرم اوره در هکتار مشاهده گردید. تولید ماده خشک، انعکاسی از فتوسنتز خالص گیاه است که می‌تواند تعیین‌کننده عملکرد گیاهان زراعی باشد. عدم دسترسی به منابع تکمیلی نیتروژن کافی در مراحل حساس رشد در سطح کاربرد 40 درصد نیتروژن، به دلیل رشد کمتر اندام هوایی منجر به تولید ماده فتوسنتزی کمتر و تجمع وزن خشک اندک گردید. با توجه به این که عوامل مؤثر بر رشد و تولیدات گیاه، میزان جذب نور توسط برگ‌ها و تبدیل آنها به ترکیبات فتوسنتزی است، افزایش مصرف نیتروژن باعث افزایش سرعت گسترش برگ‌ها، دوام سطح برگ و افزایش میزان جذب تشعشع شد که در نهایت منجر به افزایش تولید ماده خشک کل گردید (Gulser, 2005; Banziger *et al.*,1994). مطالعات دیگر نیز نشان داد همراه با کاهش میزان نیتروژن، وزن برگ، ساقه و قسمت‌های زایشی مانند بلال، چوب بلال و دانه کاهش یافته که در نتیجه باعث کاهش عملکرد ماده خشک کل گیاه شده است (Pan *et al.*, 1998). از سوی دیگر وجود نیتروژن باعث تداوم بقای سطح برگ می‌شود، با افزایش دوام سطح برگ، مدت و میزان فتوسنتز برگ نیز افزایش می‌یابد و در نتیجه گیاه می‌تواند ماده خشک بیشتری تولید کند (Zebarth and Sheard, 1992). تفاوت ماده خشک کل تولیدی در ارقام مختلف توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Rahimi-Moghaddam *et al.*, 2015; Gardner *et al.*, 1990; Kaur *et al.*, 2012).

کارایی مصرف تشعشع

نتایج این بررسی نشان داد که اثر نیتروژن بر کارایی مصرف تشعشع ذرت در سطح یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر رقم و برهمکنش نیتروژن و رقم غیر معنی‌دار بود (جدول 2). کارایی مصرف تشعشع ارقام ذرت با افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن از 138 به 238، 350 و 483 کیلوگرم اوره در هکتار، به‌ترتیب با حدود 13، 21 و 22 درصد افزایش از 2/33 به 2/63، 2/81 و 2/84 گرم بر مگاژول تشعشع فعال فتوسنتزی بهبود یافت (شکل 7). به نظر می‌رسد افزایش میزان کاربرد کود نیتروژن از طریق بهبود میزان و سرعت فتوسنتز باعث بهبود سرعت رشد محصول و تجمع ماده خشک کل ذرت گردید و از این طریق کارایی مصرف تشعشع را افزایش داد. از طرفی برای دست‌یابی به یک عملکرد مطلوب نیاز به توسعه سریع کانوپی، دست‌یابی سریع‌تر به حداکثر شاخص سطح برگ و همچنین دوام سطح برگ بالاتر برای حداکثر جذب نور و تکمیل رشد در زمان مطلوب است. همانطور که ملاحظه گردید کود نیتروژن باعث افزایش شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ گردید که همین عامل باعث جذب حداکثر نور گردید که در نهایت باعث افزایش کارایی مصرف تشعشع ذرت شد. هر چند به نظر می‌رسد سهم افزایش فتوسنتز گیاه در مقایسه با جذب تشعشع بر بهبود کارایی مصرف تشعشع ذرت بیشتر بود. عده‌ای دیگر از پژوهشگران نیز بیان کردند که با افزایش مصرف کود نیتروژن، میزان تشعشع جذب شده در لایه‌های بالایی کانوپی افزایش یافت (Sakamato *et al.*,1967; Hatfield and Carlson, 1978). کور و همکاران (Kaur *et al.*, 2012) نیز گزارش کردند که با مصرف 25 و 50 درصد نیتروژن بالاتر از میزان توصیه شده، صفات اکوفیزیولوژیک مانند شاخص سطح برگ، تشعشع فعال فتوسنتزی و کارایی مصرف تشعشع به‌طور قابل توجهی افزایش یافت. همچنین گزارش شده است که پارامترهای مانند شاخص سطح برگ، طول عمر برگ‌ها و استفاده مؤثر از نور تابشی در ذرت توسط نیتروژن افزایش یافت (Muchow and Davis, 1988). نتایج این بررسی همچنین نشان داد که ارقام ذرت از نظر کارایی مصرف تشعشع تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و در کلیه ارقام با افزایش مصرف کود نیتروژن کارایی مصرف تشعشع تقریباً با یک روند ثابت افزایش یافت که نشان از غیر معنی‌داری اثرات متقابل داشت (شکل 7).

بررسی همبستگی بین کارایی مصرف تشعشع و صفات شاخص‌های رشد ذرت نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین کارایی مصرف تشعشع و حداکثر شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ، حداکثر جذب تشعشع، حداکثر سرعت رشد محصول، حداکثر سرعت رشد نسبی و حداکثر ماده خشک کل وجود داشت (جدول 3). این بدین معنی است که اثر تیمارها بر این صفات یکسان بوده است. به عبارت دیگر، کود نیتروژن اثر مثبت و یکسانی بر شاخص‌های رشد و کارایی مصرف تشعشع ارقام ذرت داشته و تمامی این صفات را افزایش داده است. کود نیتروژن باعث افزایش سطح برگ و دوام سطح برگ ارقام ذرت شده و همراه با افزایش این ویژگی‌ها، جذب تشعشع افزایش یافته است که این عامل باعث به وجود آمدن همبستگی مثبت و معنی‌دار شاخص سطح برگ (0/98**) و دوام سطح برگ (0/84*) با جذب تشعشع شده است (جدول 3). وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین جذب تشعشع و سرعت رشد محصول

(0/98**) و ماده خشک کل (0/97**) بیانگر این مطلب است که هرچه گیاه تشعشع بیشتری جذب کند، از سرعت رشد و ماده خشک بیشتری نیز برخوردار است (جدول 3). در نهایت تیمارهایی که دارای سرعت رشد محصول و ماده خشک بیشتری بودند، از کارایی مصرف تشعشع بالاتری نیز برخوردار بودند. وجود همبستگی 91 درصدی بین کارایی مصرف تشعشع و ماده خشک کل و سرعت رشد محصول این موضوع را توجیه می‌کند. کور و همکاران (Kaur *et al.*, 2012) نیز با بررسی اثر کود نیتروژن بر کارایی مصرف تشعشع ارقام ذرت در هند گزارش کردند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین کارایی مصرف تشعشع و شاخص سطح برگ وجود داشت.



شکل 7- اثر کود نیتروژن بر کارایی مصرف تشعشع ارقام مختلف ذرت

Figure 7- Effect of nitrogen on radiation use efficiency of different hybrids of maize

جدول 3- ضرایب همبستگی ساده بین صفات کارایی مصرف تشعشع و شاخص‌های رشد ارقام ذرت تحت سطوح مختلف کود نیتروژن

Table 3 - Correlation coefficient between yield, radiation use efficiency and growth indices of maize hybrids under various levels of nitrogen fertilizer

صفات Traits	(1) عملکرد دانه Grain Yield	(2) کارایی مصرف تشعشع RUE	(3) حداکثر شاخص سطح برگ LAI_{MAX}	(4) حداکثر جذب تشعشع Radiation $Absorbed_{MAX}$	(5) حداکثر ماده خشک کل TDM_{MAX}	(6) حداکثر سرعت رشد محصول CGR_{MAX}	(7) حداکثر سرعت رشد نسبی RGR_{MAX}	(8) دوام سطح برگ LAD
(2)	0.87**							
(3)	0.84**	0.87**						
(4)	0.87**	0.88**	0.98**					
(5)	0.79**	0.91**	0.95**	0.97**				
(6)	0.83**	0.91**	0.96**	0.98**	0.99**			
(7)	0.78**	0.69*	0.74**	0.76**	0.65*	0.75**		
(8)	0.58**	0.79*	0.56 ns	0.84*	0.73*	0.66*	0.58 ns	

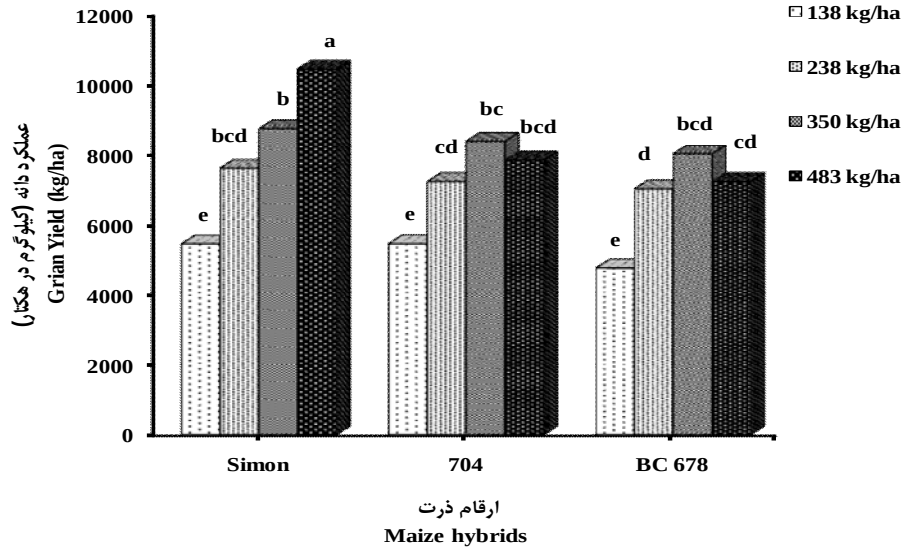
ns، *و **: به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌دار در سطوح احتمال 5 و 1 درصد را نشان می‌دهند

ns, * and **: show no significant and significant at the 5 and 1% probability levels, respectively

عملکرد دانه

اثر نیتروژن و رقم در سطح یک درصد و برهمکنش آنها در سطح پنج درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول 2). واکنش متفاوت ارقام نسبت به کود نیتروزن باعث معنی‌دار شدن برهمکنش شد، به‌طوری‌که در تیمار 483 کیلوگرم اوره در هکتار، رقم سیمون با 10467/5 کیلوگرم در هکتار نسبت به دو رقم دیگر از عملکرد دانه

بیشتری برخوردار بود، ولی در سایر تیمارهای کودی تفاوت معنی‌داری بین ارقام مشاهده نشد (شکل 8). به عبارت دیگر رقم سیمون در تیمار 438 کیلوگرم اوره در هکتار و ارقام 704 و BC 678 در تیمار 350 کیلوگرم اوره در هکتار دارای بالاترین عملکرد دانه بودند. این موضوع نشان می‌دهد که رقم سیمون برای دست یافتن به حداکثر عملکرد دانه، علی‌رغم میزان کود توصیه شده برای ارقام بررسی، به میزان نیتروژن بیشتری نیاز داشت. دهقان پور (Dehghanpoor, 2014) علت بالاتر بودن عملکرد دانه رقم سیمون را مقاومت به خوابیدگی بوته، تحمل نسبتاً مناسب به تنش‌های محیطی به‌ویژه شوری و خشکی انتهای فصل، مقاوم به بیماری سیاهک و سازگاری بهتر با شرایط آب و هوایی استان کرمانشاه گزارش کرد.



شکل 8- برهمکنش اثرات سطوح مختلف کود نیتروژن و ارقام ذرت بر عملکرد دانه

Figure 8- The interaction between different levels of nitrogen fertilizer and maize hybrids for grain yield

نعمتی و همکاران (Nemati *et al.*, 2008) با آزمایش سطوح 0، 75، 150 و 225 کیلوگرم نیتروژن در هکتار گزارش نمودند که حداکثر عملکرد دانه به میزان 9537 کیلوگرم در هکتار در سطح کودی 150 کیلوگرم نیتروژن به‌دست آمد. عدالت و همکاران (Edalat *et al.*, 2008) نیز دریافتند با افزایش مصرف نیتروژن از 0 تا 150 کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه ذرت افزایش یافت، ولی با افزایش مصرف نیتروژن از 150 به 225 کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری در عملکرد وجود نداشت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مصرف بیش از 150 کیلوگرم نیتروژن عملاً هیچ‌گونه تاثیری بر بهبود عملکرد ذرت نداشت. عملکرد دانه با تمامی صفات رشد و کارایی مصرف تشعشع همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت (جدول 3). بیشترین همبستگی عملکرد دانه با کارایی مصرف تشعشع و حداکثر جذب نور (0/87**) مشاهده گردید. به نظر می‌رسد مصرف مقادیر بیشتر نیتروژن از طریق بهبود ویژگی‌هایی نظر شاخص سطح برگ، جذب تشعشع و سرعت رشد محصول باعث افزایش میزان تجمع ماده خشک کل و همچنین تخصیص مواد فتوسنتزی بیشتر به سمت اندام‌های ذخیره‌ای گیاه شد که این موضوع سبب بهبود عملکرد دانه ذرت شد (Abdian *et al.*,2010; Kamara *et al.*, 2003).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که افزایش میزان مصرف نیتروژن به‌طور معنی‌داری باعث افزایش شاخص سطح برگ، کارایی مصرف تشعشع، عملکرد ماده خشک و عملکرد دانه در ارقام مختلف ذرت شد. برای دست‌یابی به یک عملکرد مطلوب نیاز به توسعه سریع کانوپی، دست‌یابی سریع‌تر به حداکثر شاخص سطح برگ برای جذب حداکثر تشعشع و تکمیل رشد در زمان مطلوب است. کود نیتروژن باعث افزایش شاخص سطح برگ گردید که همین عامل باعث جذب حداکثر نور گردید که در نهایت باعث افزایش کارایی مصرف تشعشع شد. نتایج این بررسی همچنین نشان داد که ارقام ذرت از نظر کارایی مصرف تشعشع تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. رقم سیمون در شرایط مصرف 483 کیلوگرم اوره در هکتار از حدود 10467 کیلوگرم عمکرد دانه در هکتار و ارقام 704 و BC 678 در شرایط مصرف 350 کیلوگرم اوره در هکتار به‌ترتیب از حدود 8402 و 8030 کیلوگرم عملکرد دانه در هکتار برخوردار بودند. بنابراین، علی‌رغم میزان کود توصیه شده برای ارقام بررسی رقم سیمون برای رسیدن به حداکثر

عملکرد نیاز به کود نیتروژن بیشتری داشت. به‌طور کلی نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نشان داد که دشت کرمانشاه از پتانسیل لازم برای تولید ذرت برخوردار بود، با این حال جهت دستیابی به عملکرد بالاتر بهتر است ارقام جدیدتری همچون سیمون در منطقه کشت شود. اما بایستی خاطر نشان کرد که علی‌رغم تأثیری که مصرف نیتروژن بر عملکرد دانه ذرت داشت، با این حال استفاده نامطلوب از آن منجر به آلودگی‌های زیست‌محیطی به‌ویژه آلودگی ذخایر آب‌های سطحی و زیرزمینی خواهد شد. بنابراین لازم است در کنار کشت ارقام جدیدتر برای جلوگیری از آلودگی‌های زیست‌محیطی در کنار مصرف اصولی کود نیتروژن بر اساس نیاز گیاه، از روش‌های مدیریت تلفیقی نظیر مصرف کودهای آلی و در تناوب قرار دادن گیاهان خانواده لگومینوزه که باعث افزایش هرچه بیشتر کارایی استفاده از منابع می‌شود، استفاده گردد.

References

1. Abdian, A., RahimzadeKhoei, F., AnvariSavojbolagh, K., and Rahimzada, S. 2010. Evaluation of yield and yield components of early maturing maize in the second cropping. 11th Agronomy and Crop Breeding Congress. Tehran's Shahid Beheshti University, Iran. (in Persian with English abstract).
2. Aggerey, B. N., Shittenhelm, S., Mix-Wagnar, G., and Micheal-Greef, J. 2004. Yield and canopy development of field grown potato plant derived from synthetic seeds. European Journal of Agronomy 22: 175-184.
3. Akmal, M., and Janssens. M. J. 2004. Productivity and light use efficiency of perennial ryegrass with contrasting water and nitrogen supplies. Field Crop Research 88: 143-155.
4. Ather Nadeem, M., Iqbal, Z., Ayub, M., Mubeen, K., and Ibrahim, M. 2009. Effect of Nitrogen Application on Forage Yield and Quality of Maize Sown Alone and in Mixture with Legumes. Pakistan Journal of Life and Social Sciences 7: 161-167.
5. Awal, M. A., Koshi, H., and Ikeda, T. 2006. Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. Agricultural and Forest Meteorology 139: 74-83.
6. Ayub, M., Nadeem, M. A., and Tanveer, A. 2003. Influence of different nitrogen levels and harvesting times on dry matter yield and quality off odder maize. Pakistan Journal of Life and Social Sciences 1: 59-61.
7. Banziger, M., Feil, B., and Stamp, P. 1994. Competition between nitrogen accumulative and grain growth for carbohydrates during grain filling of wheat. Crop Science 34: 440-446.
8. Beheshti, A. R., and Behboodifard, B. 2010. Dry matter accumulation and remobilization in grain sorghum genotypes (*Sorghum bicolor* L. Moench) under drought stress. Australian Journal of Crop Science 4: 185-189.
9. Das, P. C. 2004. Plant nutrients in manures and fertilizers.Second Ed. Kalyani publisher, New Delhi, India.
10. Dehghanpoor, Z. 2014. Technical instructions planting and harvesting of corn (grain and forage). Agricultural Training Press.
11. Edalat, M., Kazemeini, A., and Ghadiri, H. 2008. Effect of irrigation regimes and nitrogen fertilizer on maize grain yield and yield components.11th Iranian Plant Breeding and Agronomy Congress. Karaj. Iran. (in Persian with English abstract).
12. Gardner, F., Valle, P. R., and Mccloud, D. E. 1990. Yield characteristics of ancient races of maize compared to a modern hybrid. Agronomy Journal 82: 864-866.
13. Goudriaan, J., and Van Laar, H. H. 1993. Modeling potential crop growth processes. Kluwer Academic Press.
14. Gulser, F. 2005. Effect of ammonium sulphate and urea on NO_3 and NO_2 accumulation nutrient contents and yield criteria in spinach. Scientia Horticulture 106: 330-340.
15. Hasanuzzaman, M., Ahamed, K. U., Rahmatullah, N. M., Akhter, N., Nahar, K., and Rahman, M. L. 2010. Plant growth characters and productivity of wetland rice (*Oryza sativa* L.) as affected by application of different manures. Emirates Journal of Food and Agriculture 22: 46-58.
16. Hatfield, J. L., and Carlson, R. E. 1978. Photosynthetically active radiation. CO_2 uptake, and stomata diffusive resistance profiles within soybean canopies. Agronomy Journal 10: 592-596.
17. Iqbal, A., Ayub, M., Zaman, H., and Ahmad, R. 2006. Impact of nutrient management and legumes association on agro qualitative traits of maize forage. Pakistan Journal of Botany 38: 1079-1084.
18. Jones, C. A., and Kiniry, J. R. 1986. CERES-Maize: A simulation model of maize growth and development. Texas: Texas A&M University Press.
19. Kamara, A. Y., Menkir, A., Badu-Apraku, B., and Ibikunle, O. 2003. Reproductive and stay-green trait responses of maize hybrids, improved open-pollinated cultivars and farmers' local cultivars to terminal drought stress. Journal of Maydica 48: 29-37.
20. Karimi, M. M., and Siddique, H. M. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat

cultivars. Australian Journal of Agricultural Research 42: 13-20.

21. Keshavarz, L., Farahbakhsh, H., and Golkar, P. 2013. Effect of Hydrogel and Irrigation Regimes on Chlorophyll Content, Nitrogen and Some Growth Indices and Yield of Forage Millet (*Pennisetumglaucum* L.). Journal of Crop Production and Processing Isfahan University of Technology 9 (3): 147-161.
22. Kaur, A., Bedi, S., Gill, G. K., and Kumar, M. 2012. Effect of nitrogen fertilizers on radiation use efficiency, Crop growth and yield in some maize (*Zea mays* L.) genotypes.Maydica electronic publication 57: 75-82.
23. Kiniry, J. R., Tischler, C. R., and van Esbroeck, G. A. 1999. Radiation use efficiency and leaf CO_2 exchange for divers C_4 grasses. Biomass and Bioenergy 17: 95-112.
24. Koocheki, A., Soltani, A., and Azizi, M. 2003. Physiological Plant Ecology. Jahad Daneshgahi of Mashhad Press. (in Persian).
25. Koocheki, A., and Sarmadnia, G. 1999. Physiology of crop plants.Second edition.Jahad Daneshgahi of Mashhad Press. (in Persian).
26. Malekooti, M., and Nafisi, M. 1994. Application of fertilizer in farm lands.Second edition.Tarbiat Modarres University Press. (in Persian).
27. Manrique, L. A., Kiniry, J. R., Hodges, T., and Axness, S. 1991.Dry matter production and radiation interception of potato. Crop Science 31: 1044-1049.
28. MJA. 2014. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran. Iran annual agricultural statistics; www.maj.ir.
29. Montemurro, F., Maiorana, M., Ferri, D., and Conuetini, G. 2006. Nitrogen indicators uptake and utilization efficiency in a maize and barely rotation at difference levels and sources of N fertilization. Field Crop Research 99: 114-124.
30. Muchow, R. C., and Davis, R. 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 Research 18: 17-30.
31. Nassiri Mahallati, M., Koocheki A., Mondani, F., Feizi, H., and Amirmoradi, Sh. 2015a. Determination of optimal strip width in strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Northeast Iran. Journal of Cleaner Production 106: 343-350.
32. Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Mondani, F., Amirmoradi, Sh., and Feizi, H. 2015b. Evaluation of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) growth indices in strip intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research 13: 14-21. (in Persian with English abstract).
33. Nassiri Mahallati, M. 2008. Crop production ecology. PP 362-387 in A. Koocheki and M. Khajeh Hosseini eds. Modern agronomy. JehadeDaneshgahi Mashhad Publications, Mashhad. (in Persian).
34. Nemati, A., Sadeghi, M., SeyedSharifi, R., Seyedi, N., Molaei, P., Hozoori, A., and Habib, Gh. 2008. Effect of nitrogen fertilizer at different planting dates on yield and yield components of maize (Var. 404) in Ardebil.10th Iranian Plant Breeding and Agronomy Congress. Karaj. Iran. (in Persian with English abstract).
35. Noormohammadi, G. H., Siadat, A., and Kashani, A. 2005. Agronomy cereal. Ahvaz Shahid Chamran University. Ahvaz, Iran. (in Persian).
36. O'Connell, M. G., O' Leary, G. J., Whitfield, D. M., and Connor, D. J. 2004. Interception of photosynthetically active radiation and radiation-use efficiency of wheat, field pen and mustard in a semi-arid environment. Field Crops Research 85: 111-124.
37. Pan, W. L., Kamprath, E. L., Moll, R. H., and Jackson, W. A. 1998. Prolificacy in corn.Its effects on nitrate and ammonium uptake and utilization. Soil Science American Journal 48: 460- 462.
38. Rahimi-Moghaddam, S., Deihimfard, R., Soufizadeh, S., Kambouzia, J., Nazariyan-Firuzabadi, F., and Eyni-Nargeseh, H. 2015. Impact of the sowing date on grain yield, yield components and physiological growth indices of six grain maize cultivars in Iran. Journal of Agroecology 5: 72-83. (in Persian with English abstract).
39. Sakamato, C. M., and Shaw, R. H. 1967. Apparent photosynthesis in field soybean communities. Agronomy Journal 59: 73-75.
40. Sepehr, E., Malakouti, M. J., and Nougolipour, F. 2008. Evaluation of phosphorus efficiency in Iranian cereal in a deficient calcareous soil. Euro soil 2008 International Conference (Soil- Society-Environment. Book of abstracts: Pp. 182 in W. E. H. for daily light partitioning in multispecies canopies. Agricultural Forest and Meteorology 101: 251-263.
41. Shivay, Y. S., Mad, P., and Pal, M. 2002. Productivity and economics of maize as influenced by intercropping with legumes and nitrogen levels. Indian Journal of Plant Physiology 7: 26-130.
42. Sinclair, T. R., and Muchow, R. C. 1999. Radiation use efficiency. Advances in Agronomy 65: 215-265.
43. Smiciklas, J., and Below, F. E. 1999. Role of nitrogen form in determining yield of field grown maize. Crop Science 32: 1220-1225.

44. Tesfaye, K., Walker, S., and Tsubo, M. 2006. Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit condition in a semi-arid environment. Agronomy Journal 25: 60-70.

45. Zebarth, B. J., and Sheard, R. W. 1992. Influence of rate and timing of nitrogen fertilization application on yield and quality of hard red winter wheat. Canadian Journal of Plant Science 72: 13-19.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 4, Winter. 2018, p. 885-900

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد 15، شماره 4، زمستان 1396، ص. 900-885

The effect of Nitrogen on Radiation Use Efficiency and Growth indices of Maize Hybrids (*Zea mays* L.) under Kermanshah Condition

M. Ahmadi[1]- F. Mondani[2*]- M. Khorramivafa[2]- Gh. Mohammadi[3]- A. Shirkhani[4]

Received: 18-07-2016
Accepted: 23-01-2017

Introduction

Dry matter produced by crops is a function of absorbed radiation and radiation use efficiency. Radiation use efficiency is an effective approach to quantify total dry matter accumulation. It is defined as biomass produced by plant for solar radiation absorbed during growing season. Radiation use efficiency is often calculated from the linear regression slope between total dry matter accumulation and cumulative solar radiation absorbed. It is affected by species, weather conditions, crop management, plant development stages, and the production of photosynthesis compounds. Among the factors of agronomic management, nitrogen fertilizer and crop species are the most important aspects that affect the radiation use efficiency. Therefore, by considering the fact that Kermanshah province has favorable condition in terms of more natural resources such as solar radiation, the aims of the present study were evaluation of nitrogen effect on radiation use efficiency, growth indices and yield of some current maize hybrids.

Materials and Methods

A split plot experiment was done based on randomized complete block design with 4 replications at 2014. Treatments were 4 levels of nitrogen fertilizer application (40%, 70%, 100% and 140% of the maize demand to nitrogen which based on the amount recommended by soil experiment equivalent to 138, 238, 350 and 483 $kg.ha^{-1}$ of urea) as main plots and 3 maize hybrids KSC-704, BC-678 and Simon as sub plots. Leaf area index and total dry matter yield measured during growing season. Crop growth rate and relative growth ratio calculated by differentiation from fitted equation on total dry matter yield data. In order to calculate radiation use efficiency, sunny hours for Kermanshah latitude obtained from the nearest weather station. Daily solar radiation simulated by the method cited by Goudriaan and Van Laar (1993) for growing season. The absorbed radiation in each stage obtained through the multiplication simulated daily solar radiation in percent of absorbed radiation. The amount of cumulative absorbed radiation calculated through the multiplication simulated daily radiation in integral of absorbed photosynthetically active radiation fraction. Finally, radiation use efficiency calculated through the slope of linear regression between dry matter accumulation and cumulative absorbed photosynthetically active radiation. Also, grain yield measured for each treatment separately in the physiological maturity time.

Results and Discussion

The results showed that maximum and minimum of leaf area index, leaf area duration, crop growth rate and total dry matter yield were observed in KSC-704 and BC-678 hybrids, respectively. Also in all 3 hybrids, maximum leaf area index, leaf area duration, radiation absorption, crop growth rate, relative growth ratio and total dry matter yield improved by increasing of nitrogen fertilizer application from 138 to 483 $kg.ha^{-1}$ of urea. The highest total dry matter yield (20450 kg ha^{-1}) was related to 704 hybrid and consumption of 483 kg ha^{-1} of urea. Simon hybrid had higher grain yield than other hybrids at 483 $kgha^{-1}$ of urea condition (10467 kg ha^{-1}). Radiation use efficiency was not significantly different among maize hybrids. Regardless maize hybrids, by

1- MSc. Student of Agroecology, Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran
2- Assistant Professor in Crop Ecology, Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran
3- Associate Professor in Crop Ecology, Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran
4- Crop and Horticulture Research Department, Kermanshah Agricultural Resources Research and Education Center (AREEO), Iran
(*- Corresponding Author Email: f.mondani@razi.ac.ir)

increasing of nitrogen fertilizer application from 138 to 238, 350 and 483 kg ha^{-1} of urea, radiation use efficiency improved from 2.33 to 2.63, 2.81 and 2.84 g MJ^{-1} (about 13%, 21% and 22%), respectively. Our results also indicated that there was a positive and significant correlation between radiation use efficiency and maximum leaf area index, maximum radiation absorption, maximum crop growth rate, maximum relative growth ratio, and maximum total dry matter. The positive correlation between radiation absorption with crop growth rate (0.98) and total dry matter (0.97) demonstrated more radiation absorbed lead to more crop growth rate subsequently higher total dry matter production by maize hybrids. Nitrogen fertilizer also improved total dry matter yield (58%) and grain yield (63%).

Conclusions

The results indicated that despite effects of nitrogen fertilizer application on maize grain yield, but unfavorable application of nitrogen would be led to intensify environmental pollution. Therefore, consumption of nitrogen fertilizer based on plant demand leads to increase resources use efficiency and reduce environmental risks.

Keywords: Crop growth rate, Grain yield, Radiation absorption, Radiation use efficiency, Relative growth