



تأثیر مدیریت توزیع نیتروژن بر جذب و کارایی مصرف نور در ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L. Moench)

علیرضا بهشتی^{۱*} و احسان سید کابلی^۲

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۳/۳۱

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۵/۰۷

بهشتی، ع.ر. و سید کابلی، ا. ۱۳۹۶. تأثیر مدیریت توزیع نیتروژن بر جذب و کارایی مصرف نور در ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L. Moench) بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۳): ۸۴۸-۸۶۱.

چکیده

یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر اختلاف عملکرد در ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L. Moench) چگونگی دریافت و جذب تشعشع فعال فتوسنتزی تحت تأثیر میزان و چگونگی توزیع نیتروژن مصرفی می‌باشد. به منظور ارزیابی تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی (CPAR) و کارایی مصرف نور (RUE) در شرایط تقسیم و عدم تقسیم کود نیتروژن، طرح آماری به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار بر روی ۱۵ ژنوتیپ سورگوم علوفه‌ای (لاین‌های امیدبخش) به اجرا درآمد. در طول آزمایش، صفات شاخص سطح برگ، عملکرد ماده خشک و میزان تشعشع فعال فتوسنتزی جذب شده طی پنج مرحله نمونه‌برداری اندازه‌گیری و محاسبه شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر ژنوتیپ بر عملکرد ماده خشک گیاه و کارایی مصرف نور معنی‌دار ($p \leq 0.05$) بود و حداکثر و حداقل آن به ترتیب ۲۰/۱۷ و ۱۳/۵۶ تن در هکتار برای ماده خشک و ۴/۱۸ و ۳/۰۶ گرم بر مگازول برای کارایی مصرف نور به ترتیب به ژنوتیپ‌های kfs17 و kfs10 اختصاص داشت. شیوه توزیع نیتروژن و اثر متقابل نیتروژن و ژنوتیپ بر شاخص سطح برگ معنی‌دار ($p \leq 0.05$) بود و توزیع دوباره نیتروژن موجب افزایش شاخص سطح برگ به میزان نه درصد و همچنین PAR تجمعی به میزان دو درصد شد. نتایج این بررسی حاکی است که اختلاف در عملکرد ماده خشک ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای ناشی از اختلاف در هر دو جزء مؤثر در تولید ماده خشک یعنی کارایی مصرف نور و PAR تجمعی بود.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل عملکرد، تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی، شاخص سطح برگ

راهکارها به نظر می‌رسد (Parsa et al., 2007).

مقدمه

نیتروژن یکی از مهمترین عناصر غذایی در تولید گیاهان زراعی به‌شماررفته و استفاده مؤثر از آن، از مهمترین اهداف در مدیریت این گیاهان محسوب می‌شود (Lecoecur et al., 2003). هزینه‌های بالای مصرف کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای نیتروژنه و آلودگی محیط‌زیست امروزه لزوم ایجاد تغییراتی اساسی در مدیریت کاربرد این کودها را سبب شده است. این تغییرات با هدف افزایش کارایی مصرف این نهاده توأم با افزایش عملکرد صورت می‌گیرد (Javadi et al., 2010). یکی از عوامل مهم و مؤثر در میزان تجمع ماده خشک در گیاهان وجود اختلاف در مقدار دریافت شده و جذب شده تشعشع

ایجاد پایداری در نظام‌های زراعی یکی از مهم‌ترین اهدافی است که توسط محققان دنبال می‌شود. برای نیل به این مهم راهکارهای متفاوتی ارائه شده است. استفاده از گیاهان زراعی کارآمد در بهره‌برداری از منابع، به‌ویژه آب، نیتروژن و تشعشع خورشیدی از مهم‌ترین

۱ و ۲- به ترتیب دانشیار بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، مشهد) و دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیشابور

(*)- نویسنده مسئول: (Email: arbeheshti81@yahoo.com)

DOI: 10.22067/jag.v9i3.56944

حداکثر تشعشع محیط (Rosati & Jong, 2003; Rosati et al., 2004)، ضریب خاموشی نور (K) (Madoni & Otegui, 1996; Novoa & Loomis, 1981) و همچنین کارایی مصرف نور^۵ (RUE) (Madoni & Otegui, 1996; Milford et al., 1988; Richter et al., 2001) می‌باشد. کارایی مصرف نور در هر یک از گونه‌های گیاهی تابع دو عامل میزان CO₂ جذب شده برگ و محتوی نیتروژن برگ می‌باشد (Sinclair & Horie, 1989).

سورگوم علوفه‌ای جزء گیاهان گرمسیری بوده و از پتانسیل تولید بالا و قابل اعتمادی به‌خصوص در شرایط سخت و دشوار برخوردار است. این گیاه از نظر فتوسنتزی جزء گیاهان C₄ و از کارایی فتوسنتزی بالایی نسبت به گروه گیاهان C₃ برخوردار است (Rooney et al., 2007)، اما واریته‌ها و ارقام متفاوت سورگوم در تولید ماده خشک با یکدیگر اختلاف دارند و به‌درستی دلایل این اختلاف مشخص نیست. نحوه توزیع نیتروژن بر تولید ماده خشک نیز مؤثر است، اما چگونگی این تأثیر در ایجاد تفاوت در تولید ماده خشک ژنوتیپ‌های سورگوم نیز مشخص نیست.

این تحقیق به منظور ارزیابی دریافت و جذب تشعشع فعال فتوسنتزی تحت تأثیر شیوه مصرف نیتروژن در ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای و علل اختلاف آن‌ها در تولید ماده خشک به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی (ایستگاه تحقیقاتی طرق) واقع در شرق شهرستان مشهد با مشخصات جغرافیایی ۳۶° و ۱۶° عرض شمالی و ۵۹° و ۳۸° طول شرقی و در ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا، متوسط بارندگی سالیانه ۲۸۶ میلی‌متر و با مشخصات حداکثر و حداقل درجه حرارت مطلق و متوسط سالیانه ۳/۴۳، ۸/۲۷- و ۵/۱۴ درجه سانتی‌گراد با استفاده از طرح کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا درآمد. کرت‌های اصلی شامل ۱۵ لاین خالص امید بخش سورگوم علوفه‌ای حاصل از آزمایشات به‌نژادی سورگوم در داخل کشور بوده که اسامی این ژنوتیپ‌ها به ترتیب از شماره (۱) تا (۱۵) برابر جدول ۲ و ۳ عبارتند از: kfs1، kfs2، kfs3، kfs6، kfs7، kfs8، kfs9، kfs10، kfs11، kfs12، kfs13، kfs15، kfs16، kfs17

فعال فتوسنتزی^۱ (PAR) است (Andrade et al., 2000; Andriou et al., 1995).

تولید ماده خشک تابعی از دریافت و جذب تشعشع فعال فتوسنتزی (نور جذب شده) و کارایی استفاده از نور در طول دوره رشد است (Akmal & Jansses, 2004; Rooney et al., 2007). تولید زیست‌توده اولیه یک جامعه گیاهی ارتباط خطی و مثبت با مقدار تشعشع فعال فتوسنتزی جذب شده توسط کانوپی^۲ (APAR) داشته که شیب منحنی این نسبت تابع کارایی (APAR) مصرفی در بیومس تولیدی می‌باشد (Green et al., 2003). فتوسنتز و بیومس تولیدی به‌طور مستقیم به میزان نور جذب شده توسط کانوپی مرتبط است (Sinclair & Horie, 1989). کارایی مصرف نور نسبت ماده خشک تولیدشده به‌ازای واحد انرژی تشعشعی استفاده شده در تولید است (Novoa & Loomis, 1981; Rooney et al., 2007). تفاوت در کارایی (APAR) تابع دو خصوصیت مورفولوژیکی و شیمیایی پوشش گیاهی یعنی محتوی نیتروژن کانوپی و میانگین توده برگ در واحد سطح کانوپی می‌باشد (Green et al., 2003).

جذب بیشتر نور به ساختار کانوپی یعنی شاخص سطح برگ و توزیع عمودی آن در کانوپی، سرعت توسعه و دوام سطح برگ، زاویه برگ و همچنین خصوصیات مهم مورفولوژیکی مانند ارتفاع، چگونگی آرایش برگ‌ها و تعداد پنجه بستگی دارد. راندمان مصرف نور به ویژگی‌های فتوسنتزی نظیر مسیر تثبیت کربن، راندمان کر بوکسیلاسیون، راندمان کوانتوم، حداکثر ظرفیت فتوسنتزی برگ‌ها، نیتروژن ویژه برگ و روابط مبداء و مقصد وابسته است (Andriou & Sinquet, 1993). شاخص سطح برگ^۳ (LAI)، دوام سطح برگ^۴ (LAD)، آرایش اندام‌های هوایی گیاهی (چگونگی قرار گرفتن برگ‌ها و زاویه برگ‌ها در روی ساقه) عوامل مؤثر در میزان جذب تشعشع ورودی به کانوپی در مراحل مختلف چرخه زندگی گیاه می‌باشد (Dwyer et al., 1992).

کارایی دریافت و جذب تشعشع توسط یک گیاه تا حد زیادی تابع شاخص سطح برگ (Novoa & Loomis, 1981)، دوام سطح برگ (Kemanian et al., 2004)، تطبیق حداکثر شاخص سطح برگ با

۱- Photosynthesis active radiation

۲- Absorbed photosynthesis active radiation

۳- Leaf area index

۴- Leaf area duration

۵- Radiation use efficiency

و kfs18 و کرت‌های فرعی شامل شیوه توزیع کود نیتروژن به دو صورت تقسیط و عدم تقسیط کود نیتروژن بود. در تیمار تقسیط، یک سوم کود از ته از منبع اوره در مرحله چهاربرگی و یک سوم دیگر در مرحله هشت‌برگی (ارتفاع ۶۰ سانتی‌متری) و یک سوم باقی مانده در مرحله ۱۰-۱۲ برگی (ارتفاع ۱۰۰ سانتی‌متری) به صورت سرک به روش نواری در پای بوته‌ها به عمق پنج سانتی‌متر زیر خاک مصرف شد. در تیمار عدم تقسیط ۵۰ درصد کود مصرفی در زمان عملیات تهیه بستر (کود پایه) و ۵۰ درصد در مرحله چهاربرگی مصرف شد. جمع میزان کود اوره مصرفی برای هر دو تیمار تقسیط و عدم تقسیط در چین اول برابر ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بر اساس آزمون خاک بوده است. در چین دوم برای تیمار عدم تقسیط مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره پس از برداشت چین اول مصرف و در تیمار تقسیط نیتروژن نیز همین مقدار همانند چین اول در سه نوبت توزیع شد. هر کرت اصلی شامل شش ردیف کاشت به طول ۶/۵ متر به فاصله ۶۰ سانتی‌متر و فواصل کاشت بوته در روی ردیف‌ها شش سانتی‌متر پس از تنک تنظیم و به اجرا در آمد. عملیات آماده‌سازی زمین در اردیبهشت‌ماه پس از مساعد شدن شرایط جوی با انجام یک شخم و سپس دیسک و تسطیح اجرا گردید. کودپاشی قبل از کاشت و بر اساس آزمون مرکب خاک انجام و در زمین پخش و توسط دیسک با خاک مخلوط شد. تمامی کود پایه شامل (فسفر و پتاس) قبل از کاشت در هنگام عملیات ثانویه تهیه بستر به ترتیب از منبع فسفات‌تریپل و سولفات پتاسیم به میزان ۳۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. کاشت با بذر کار ویژه آزمایشات علوفه به صورت خشکه-کاری در ۲۲ اردیبهشت ماه انجام و آبیاری به صورت نشستی با سیفون صورت گرفت. مدار آبیاری در طول دوره رشد ۸-۷ روز بود. یادداشت‌برداری‌های لازم در طول دوره رویش گیاه انجام پذیرفت. در مرحله داشت وجین علف‌های هرز به صورت وجین دستی در دو مرحله انجام شد و برداشت علوفه در زمان ۱۰ درصد گلدهی ژنوتیپ-ها و یا در ارتفاع حداقل ۱۷۰ سانتی‌متری صورت پذیرفت.

برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی و اجزاء عملکرد شامل تعداد پنجه، قطر ساقه و ارتفاع از پنج بوته تصادفی در هر کرت استفاده شد. برای تعیین وزن خشک نیز از نمونه‌های تصادفی برداشت شده در مرحله برداشت در هر چین استفاده شد. وزن خشک برگ و ساقه نیز با قرار دادن بوته‌های انتخابی در آون با دمای ۷۶ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۸ ساعت به دست آمد. عملکرد علوفه تر با

برداشت از دو خط وسط در هر کرت پس از حذف نیم‌متر از ابتدا و انتهای این دو خط و توزین آن از مساحت برابر ۶/۶ مترمربع انجام پذیرفت. برای تعیین شاخص سطح برگ نمونه‌ها پس از برداشت در هر مرحله (نمونه‌های تخریبی) به آزمایشگاه منتقل و به منظور تعیین میزان سطح برگ، برگ‌ها از ساقه جدا و سپس سطح برگ به وسیله دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل LI-3100 Area Meter (USA) اندازه‌گیری شد.

نمونه‌های تخریبی از ۳۰ روز پس از کاشت شروع و به فاصله هر ۱۵ روز یک‌بار و در پنج مرحله ادامه یافت و آخرین مرحله مصادف با بسته‌شدن کانوبی و همچنین زمان برداشت علوفه در ژنوتیپ‌های سورگوم بود.

تشعشع دریافتی با استفاده از دستگاه تشعشع‌سنج لوله‌ای Sun Scan مدل SSI-UM-1.05 در بالا و پایین کانوبی و در محل معینی از هر کرت (مرکز هر کرت) و در زمان مشخص، ۱۲ ظهر در دو محل به صورت عمود بر جهت ردیف‌ها و موازی ردیف‌ها و در پنج مرحله قبل از هر نمونه‌گیری تخریبی قرائت شد (Andrade et al., 2000; Cetto & Castelli, 2002). نور ورودی روزانه با استفاده از مدل آنگستروم (Rietveld, 1987) و براساس داده‌های به دست آمده از ایستگاه هواشناسی، شبیه‌سازی شد. سپس تشعشع جذب شده در هر مرحله از حاصل ضرب نور ورودی شبیه‌سازی شده در درصد جذب شده در هر مرحله نمونه‌گیری به دست آمد.

درصد جذب تشعشع (LD) از معادله ۱ محاسبه شد:

$$\%LD = (1 - I/I_0) * 100 \quad (1)$$

نور جذب شده (I_{abs}) معادله ۲ از نسبت نور بالای کانوبی گیاهی (I_0) و نور عبور کرده از کانوبی (I) محاسبه شد.

$$I_{abs} = I - I_0 \quad (2)$$

برآورد مقادیر شاخص سطح برگ از طریق برآزش معادله بین مقادیر واقعی سطح برگ در هر مرحله اندازه‌گیری و زمان از طریق برآزش معادله درجه یک (معادله خطی) $Y = a_0 + a_1 X$ به دست آمد.

در نهایت مقادیر کل تشعشع جذب شده به صورت تجمعی از طریق حاصل ضرب نور ورودی شبیه‌سازی شده در انتگرال کسر PAR جذب شده نسبت به زمان محاسبه شد (Gardner et al., 1990; Beheshti, 2010).

کارایی مصرف نور نیز از طریق محاسبه شیب خط رگرسیون بین ماده خشک (گرم در مترمربع) و میزان تشعشع تجمعی (مگاژول بر مترمربع) براساس شیب خط معادله خطی $Y=a_0*x$ برآورد شد (Muchow et al., 1990). در این معادله عدد a_0 به‌عنوان کارایی مصرف نور یا شیب خط رگرسیون در نظر گرفته شد. صفات مورد بررسی بر اساس طرح آماری، تجزیه واریانس و برای انجام محاسبات و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم-افزارهای MSTATC و EXCEL و برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون دانکن در سطح پنج درصد استفاده شد. برای برآزش و ترسیم معادلات شاخص سطح برگ، ماده خشک و کارایی مصرف نور از نرم-افزار Slide write استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد ماده خشک

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر ژنوتیپ بر عملکرد ماده خشک در چین اول معنی‌دار ($p \leq 0/05$) بود، ولی عملکرد ماده خشک تحت تأثیر توزیع کود و اثر متقابل آن و ژنوتیپ قرارنگرفت (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که لاین امید بخش 17 kfs (ژنوتیپ شماره ۱۴)، دارای بیشترین عملکرد ماده خشک در بین ژنوتیپ‌ها بوده و تفاوت معنی‌داری با ژنوتیپ‌های ۸، ۱۰ و ۶ با کمترین عملکرد ماده خشک داشت (جدول ۲). تجمع ماده خشک در گیاه در طول دوره رشد تابعی از میزان دریافت و جذب تشعشع فعال فتوسنتزی بود. به-عبارت دیگر، هرچه میزان دریافت و جذب تشعشع بیشتر باشد میزان ماده خشک نهایی نیز افزایش می‌یابد، همچنین کارایی مصرف نور عامل افزایش ماده خشک می‌باشد. انتظار می‌رود در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی ژنوتیپ شماره ۱۴ با بیشترین ماده خشک تولیدی، بیشترین میزان دریافت و جذب تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی (CPAR) و یا بالاترین کارایی مصرف نور را در بین ژنوتیپ‌ها داشته باشد.

افزایش دریافت تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) به‌وسیله کانوپی در طول فصل رشد از طریق بهبود توزیع آن در میان برگ‌ها با تغییر در ساختار کانوپی به‌همراه بهبود کارایی جذب نور از جمله عواملی‌اند که در افزایش میزان فتوسنتز و تولید ماده خشک نقش به‌سزایی دارند

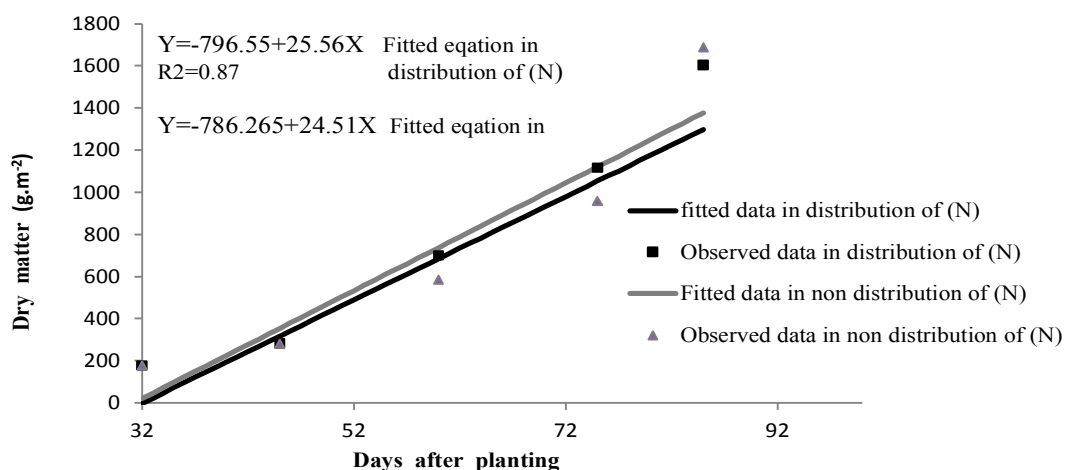
تعیین میزان ماده خشک اهمیت دارد (Birch & Stewart, 1989). نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اگر چه ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر میزان شاخص سطح برگ در آخرین مرحله نمونه-برداری با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند، ولی اثر شیوه توزیع کود نیتروژن و اثر متقابل شیوه توزیع و ژنوتیپ بر میزان شاخص سطح برگ معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بود (جدول ۱). ژنوتیپ‌های شماره (۱۴) و (۸) به-ترتیب دارای بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ به میزان ۱۰/۱۳ و ۶/۳۵ در بین سایر ژنوتیپ‌ها بودند (جدول ۲). تقسیط نیتروژن میزان شاخص سطح برگ را به میزان ۹ درصد نسبت به حالت عدم تقسیط افزایش داد (جدول ۳). ژنوتیپ شماره (۱۴) در حالت تقسیط کود با شاخص سطح برگ ۱۱/۱۷ با بیشترین میزان با ژنوتیپ شماره (۱۲) در حالت تقسیط اختلاف معنی‌داری نداشت، ولی با سایر تیمارهای اثر متقابل اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۴). یکی از عوامل مؤثر در دریافت و جذب تشعشع فعال فتوسنتزی و افزایش ماده خشک تولیدی میزان شاخص سطح برگ می‌باشد. در این بررسی همبستگی معنی‌دار بین شاخص سطح برگ، میزان جذب تشعشع فعال فتوسنتزی و تجمع ماده خشک در ژنوتیپ‌های مورد بررسی وجود داشت (داده‌ها ارائه نشده‌اند).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای در آخرین مرحله نمونه برداری. (بسته شدن کانوپی)

Table 1- Analysis of variance (mean of squares) of morphological and physiological traits in forage sorghum genotypes on last sampling (closed canopy)

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی CPAR	شاخص سطح برگ LAI	ماده DM	کارایی مصرف نور خشک RUE
تکرار Replication	2	46.969 ^{ns}	0.159 ^{ns}	2.386 ^{ns}	0.12 ^{ns}
ژنوتیپ Genotype	14	177.274 ^{ns}	4.389 ^{ns}	23.153*	1.3*
خطا Error	28	117.749	3.856	10.669	0.619
شیوه کاربرد نیتروژن Application of N	1	1616.544**	11.866**	18.019 ^{ns}	1.031 ^{ns}
ژنوتیپ * شیوه کاربرد Genotype* Application of N	14	46.904 ^{ns}	1.975*	7.634 ^{ns}	0.515 ^{ns}
خطا Error	30	43.907	0.849	6.619	0.37

ns, * و **: به ترتیب غیرمعنی‌داری، و معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد
ns, * and **: non-significant and significant difference in 5% and 1% probability levels, respectively.



شکل ۱- روند تغییرات ماده خشک ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای در حالت تقسیط و عدم تقسیط کود نیتروژن علائم، داده‌های واقعی و خط داده‌های برازش شده را نشان می دهد.

Fig. 1- Trends of dry matter changes in forage sorghum genotypes on distribution of nitrogen side dressing and non-distribution
Point is observed data and line is fitted data

۴۲۹/۲۸ مگاژول بر مترمربع رسید، اگرچه بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ میزان تشعشع تجمعی دریافت شده تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد ژنوتیپ‌های شماره (۱۴) و (۶) به ترتیب با ۴۳۲/۵ و ۴۱۴/۵ مگاژول بر مترمربع بیشترین و کمترین میزان تشعشع تجمعی را در بین ژنوتیپ‌ها دارا بودند و در گروه‌های جداگانه قرار گرفتند (جدول ۲). اثر متقابل ژنوتیپ و شیوه توزیع نیز تیمارها را در گروه‌های کاملاً متفاوتی قرارداد (جدول ۴). عوامل مؤثر بر دریافت و جذب تشعشع فعال فتوسنتزی شامل سطح برگ، دوام سطح برگ، وزن مخصوص برگ، میزان کلروفیل و نیتروژن ویژه برگ و سرعت فتوسنتز می‌باشد (Andrieu & Sinqet, 1993; Castro & Fetcher, 1999; Gardner, 1990). دریافت تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) به وسیله کانوپی در طول فصل رشد از طریق بهبود توزیع آن در میان برگ‌ها با تغییر در ساختار کانوپی به همراه بهبود کارایی جذب نور از جمله عواملی‌اند که درافزایش میزان فتوسنتز و تولید ماده خشک نقش به‌سزایی دارند (Gardner, 1990).

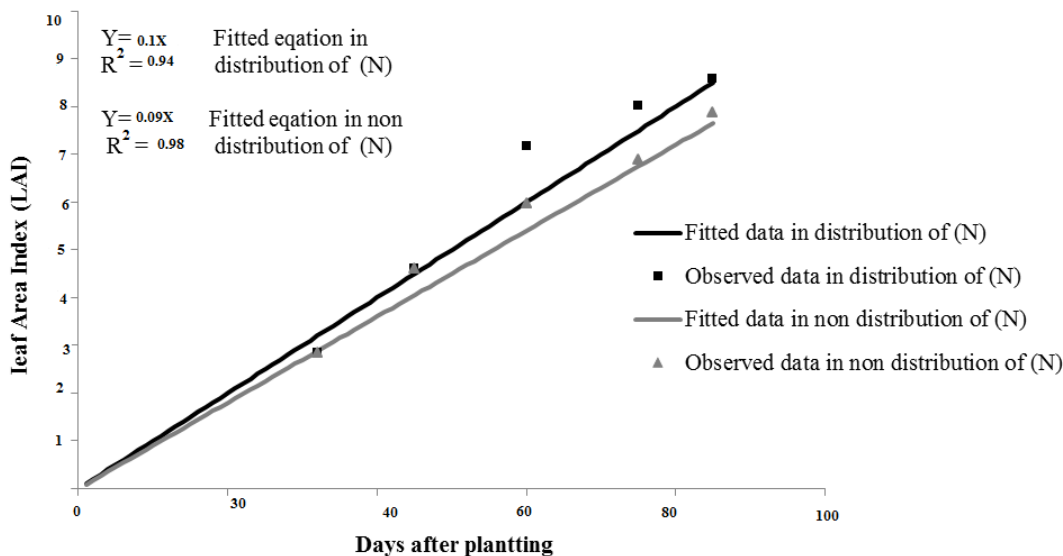
شاخص سطح برگ با ماده خشک اندام‌های هوایی همبستگی مثبت و با مقدار نور عبور کرده از کانوپی همبستگی منفی دارد (Parsa et al., 2007). همچنین با افزایش سطوح نیتروژن سطح برگ به‌طور معنی‌داری در ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای تغییر یافت (Eltelib, 2004).

برخی اصلی‌ترین عامل اختلاف در میزان تجمع ماده خشک در انواع گیاهان را تفاوت در سطح برگ بین آن‌ها ونحوه آرایش برگ و چگونگی توزیع آن عنوان کرده‌اند (Castro & Fether, 1999; Beheshti & Behbodifard, 2010).

شاخص سطح برگ در هر دو حالت تقسیط و عدم تقسیط کود نیتروژن از یک روند افزایش خطی تبعیت نمود (شکل ۲). شاخص سطح برگ ژنوتیپ‌های مورد بررسی در حالت تقسیط نه درصد بیشتر از شاخص سطح برگ در حالت عدم تقسیط بود (جدول ۳).

تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی (CPAR)

اثر شیوه توزیع نیتروژن بر میزان تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۱) و با تقسیط نیتروژن از ۴۲۰/۸۰ به



شکل ۲- روند تغییرات شاخص سطح برگ ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای در حالت تقسیط و عدم تقسیط کود نیتروژن

علائم، داده‌های واقعی و خط داده‌های برازش شده را نشان می‌دهد.

Fig. 2- Trends of leaf area index (LAI) changes in forage sorghum genotypes on distribution of nitrogen side dressing and non distribution

Point is observed data and line is fitted data.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر ژنوتیپ بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای در آخرین مرحله نمونه برداری (بسته شدن کانوبی)

Table 2- Means comparison effect of genotype on morphological and physiological traits in forage sorghum genotypes on last sampling (closed canopy)

ژنوتیپ Genotype	خصوصیات لاین امید بخش Promising line traits	عملکرد ماده خشک (تن در هکتار) Dry matter yield (t.ha ⁻¹)	شاخص سطح برگ LAI	تشعشع تجمعی (مگاژول در متر مربع) CPAR (MJ.m ⁻²)	کارایی مصرف نور (گرم در مگاژول) RUE (g.MJ ⁻¹)
1	KFS1	17.4 ^{a-d*}	7.66 ^{bc}	416.0 ^{bc}	4.15 ^{a-c}
2	KFS2	17.26 ^{a-d}	8.16 ^{a-c}	424.3 ^{a-c}	4.02 ^{a-d}
3	KFS3	17.26 ^{a-d}	7.85 ^{a-c}	430.0 ^a	4.08 ^{a-c}
4	KFS4	17.61 ^{a-d}	8.73 ^{ab}	428.4 ^{ab}	4.14 ^{a-d}
5	KFS5	18.11 ^{a-d}	8.34 ^{a-c}	430.0 ^a	4.12 ^{a-d}
6	KFS6	14.6 ^{c-d}	7.33 ^{bc}	414.5 ^c	3.47 ^{c-e}
7	KFS7	15.03 ^{b-d}	8.69 ^{ab}	431.4 ^a	3.67 ^{b-c}
8	KFS8	13.56 ^d	6.35 ^c	420.9 ^{a-c}	3.0 ^e
9	KFS9	18.22 ^{a-c}	8.33 ^{a-c}	426.7 ^{a-c}	4.12 ^{a-c}
10	KFS10	14.19 ^{cd}	7.56 ^{bc}	421.6 ^{a-c}	3.34 ^{c-e}
11	KFS11	19.22 ^{ab}	8.59 ^{a-c}	424.9 ^{a-c}	4.16 ^{ab}
12	KFS12	14.89 ^{b-d}	8.88 ^{ab}	428.3 ^{ab}	3.17 ^{de}
13	KFS13	15.24 ^{b-d}	8.03 ^{a-c}	425.7 ^{a-c}	3.97 ^{a-c}
14	KFS14	20.17 ^a	10.1 ^a	432.5 ^a	4.18 ^a
15	KFS15	15.78 ^{a-d}	8.79 ^{ab}	420.5 ^{a-c}	3.69 ^{b-c}

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی دار می‌باشند.

*Means in each column having at least a common letter from one another based on Duncans multiple test are not significantly different at $p \leq 0.05$.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر شیوه توزیع کود نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای در آخرین مرحله نمونه برداری (بسته شدن کانوبی)

Table 3- Means comparison effect of method of distribution nitrogen fertilization on morphological and physiological traits in forage sorghum genotypes on last sampling (closed canopy)

نوع تیمار Treatments	عملکرد ماده خشک (تن در هکتار) Dry matter yield (t.ha ⁻¹)	شاخص سطح برگ LAI	تشعشع تجمعی (مگاژول در متر مربع) CPAR (MJ.m ⁻²)	کارایی مصرف نور (گرم در مگاژول) RUE (g.MJ ⁻¹)
تقسیم Distribution	17.02 ^{a*}	8.59 ^a	429.28 ^a	4.01 ^a
عدم تقسیم Non distribution	16.13 ^a	7.87 ^b	420.8 ^b	3.8a

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی دار می‌باشند.

*Means in each column having at least a common letter from one another based on Duncans multiple test are not significantly different at $p \leq 0.05$.

شاخص سطح برگ در شیوه تقسیم و نیز احتمالاً کارایی فتوسنتز بیشتر، میزان دریافت تشعشع فعال فتوسنتزی نیز افزایش یافته به طوری که در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی ژنوتیپ شماره (۱۴) در تیمار تقسیم نیتروژن با داشتن بیشترین شاخص سطح برگ (۱۱/۱۷) بیشترین تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی را نیز به میزان ۴۳۷/۶

به نظر می‌رسد در این بررسی با تقسیم نیتروژن توزیع و اختصاص نیتروژن به برگ‌ها بهتر و کارآمدتر صورت پذیرفته و احتمالاً کلروفیل‌ها فعال تر و سرعت فتوسنتزی بیشتری در این تیمار ایجاد شده است. اگرچه ژنوتیپ‌ها در میزان دریافت تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی با یکدیگر تفاوت معنی داری نداشتند، اما با افزایش معنی دار

مگاژول بر مترمربع داشت (جدول ۴). همچنین این ژنوتیپ با داری با سایر ژنوتیپ‌ها نشان داد (جدول ۲).
بیشترین مقدار کارایی مصرف نور ۴/۱۸ گرم برمگاژول تفاوت معنی-

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ و شیوه توزیع کود نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای در آخرین مرحله نمونه‌برداری (بسته شدن کانوپی)

Table 4- Mean comparisons for the interaction effect of genotype and method of nitrogen distribution fertilization on morphological and physiological traits in forage sorghum genotypes on last sampling (closed canopy)

ژنوتیپ Genotype	لاین امید بخش Promising line	روش کاربرد نیتروژن Method of Nitrogen Application	عملکرد ماده			کارایی مصرف نور (گرم در مگاژول) RUE (g.MJ ⁻¹)
			خشک (تن در هکتار) Dry matter yield (t.ha ⁻¹)	شاخص سطح برگ LAI	شاخص سطح برگ LAI	
1	KFS ₁	تقسیم Distribution	17.58 ^{a-f*}	7.69 ^{e-l}	421.8 ^{d-i}	4.32 ^{a-c}
		عدم تقسیم Non distribution	17.37 ^{a-c}	7.63 ^{e-i}	410.1 ^{jk}	4.18 ^{a-f}
2	KFS ₂	تقسیم Distribution	17.77 ^{a-f}	9 ^{b-e}	429.1 ^{a-g}	3.95 ^{a-g}
		عدم تقسیم Non distribution	16.75 ^{a-f}	7.38 ^{f-i}	419.1 ^{g-j}	4.10 ^{a-g}
3	KFS ₃	تقسیم Distribution	17.39 ^{a-f}	8.51 ^{b-h}	433.8 ^{a-c}	4.19 ^{a-f}
		عدم تقسیم Non distribution	17.12 ^{a-f}	7.20 ^{g-i}	426.2 ^{b-h}	3.97 ^{a-g}
4	KFS ₄	تقسیم Distribution	19.35 ^{a-d}	9.3 ^{b-d}	433 ^{a-c}	3.75 ^{a-g}
		عدم تقسیم Non distribution	15.88 ^{a-f}	8.17 ^{b-h}	423 ^{c-i}	4.52 ^{ab}
5	KFS ₅	تقسیم Distribution	19.5 ^{a-d}	8.23 ^{b-h}	428.2 ^{a-j}	3.74 ^{b-g}
		عدم تقسیم Non distribution	16.72 ^{a-f}	8.45 ^{b-h}	431.9 ^{a-e}	4.49 ^{a-c}
6	KFS ₆	تقسیم Distribution	15.4 ^{b-g}	8.03 ^{c-l}	423 ^{c-i}	3.47 ^{d-g}
		عدم تقسیم Non distribution	13.8 ^{c-g}	6.64 ⁱ	406 ^k	3.47 ^{d-g}
7	KFS ₇	تقسیم Distribution	15.62 ^{a-g}	9.35 ^{bc}	423.7 ^{a-d}	3.48 ^{c-g}
		عدم تقسیم Non distribution	14.45 ^{d-g}	8.03 ^{c-i}	430 ^{a-g}	3.86 ^{a-j}
8	KFS ₈	تقسیم Distribution	16.41 ^{a-f}	5.03 ^j	420 ^{f-j}	2.34 ^h
		عدم تقسیم Non distribution	10.71 ^g	7.68 ^{e-i}	421 ^{d-i}	4.09 ^{a-g}
9	KFS ₉	تقسیم Distribution	18.8 ^{a-e}	8.82 ^{b-f}	429.9 ^{a-g}	4.46 ^{a-d}
		عدم تقسیم Non distribution	17.61 ^{a-f}	7.85 ^{c-i}	423.5 ^{c-i}	3.98 ^{a-g}

10	KFS ₁₀	تقسیم	14.91 ^{b-g}	8.03 ^{c-l}	427.4 ^{a-g}	3.37 ^{fg}
		Distribution				
		عدم تقسیم	13.48 ^{f-g}	7.10 ^{hi}	415.9 ^{h-k}	3.30 ^{e-h}
		Non distribution				
11	KFS ₁₁	تقسیم	18.75 ^{a-e}	8.54 ^{b-h}	4307 ^{a-f}	4.52 ^{ab}
		Distribution				
		عدم تقسیم	19.69 ^{a-c}	8.64 ^{b-j}	4191 ^{g-j}	4.61 ^{ab}
		Non distribution				
12	KFS ₁₂	تقسیم	14.14 ^{e-g}	9.69 ^{ab}	435.1 ^{ab}	3.15 ^{jh}
		Distribution				
		عدم تقسیم	15.06 ^{a-g}	8.06 ^{c-i}	421.6 ^{e-i}	3.19 ^{f-h}
		Non distribution				
13	KFS ₁₃	تقسیم	16.96 ^{a-f}	8.25 ^{b-h}	430 ^{a-f}	3.72 ^{b-g}
		Distribution				
		عدم تقسیم	13.53 ^{f-g}	7.81 ^{d-i}	421 ^{e-i}	4.23 ^{a-e}
		Non distribution				
14	KFS ₁₄	تقسیم	19.75 ^{ab}	11.17 ^a	437.6 ^a	4.52 ^{ab}
		Distribution				
		عدم تقسیم	20.6 ^a	9.09 ^{b-e}	427.4 ^{a-g}	4.84 ^a
		Non distribution				
15	KFS ₁₅	تقسیم	17.19 ^{a-f}	9.29 ^{b-d}	426.4 ^{b-h}	4.01 ^{a-g}
		Distribution				
		عدم تقسیم	14.55 ^{c-g}	8.29 ^{b-h}	414.7 ^{i-k}	3.36 ^{e-g}
		Non distribution				

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

*Means in each column having at least a common letter from one another based on Duncans multiple test are not significantly different at $p \leq 0.05$.

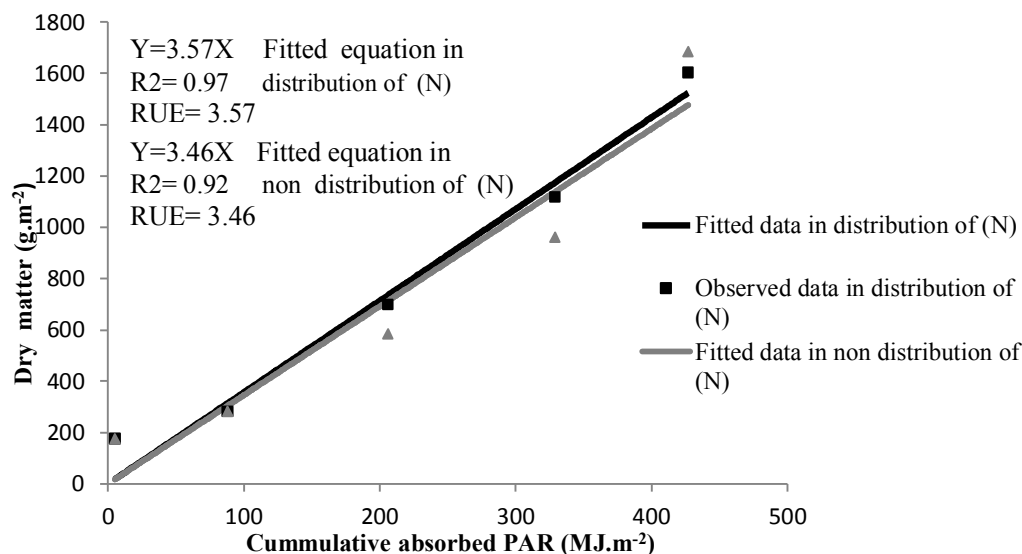
کارایی مصرف نور

امر حاکی است که با تقسیم نیتروژن ژنوتیپ‌های سورگوم با کارایی بیشتری نور جذب شده را در طول رشد به ماده خشک تبدیل می‌نمایند (شکل ۳).

وجود تنوع در مقادیر ارائه شده برای کارایی مصرف نور ارقام مختلف ناشی از ویژگی‌های فتوسنتزی نظیر کارایی کربوکسیلاسیون و تثبیت کربن (Muchow, 1990)، حداکثر ظرفیت فتوسنتزی برگ-ها (Muchow, 1990)، نوسان در محتوای نیتروژن و کلروفیل برگ-ها (Rosati et al., 2004)، تفاوت‌های موجود در مراحل مختلف نمو گیاه (Felenet et al., 1996; Gardner et al., 1990) و همچنین نوسانات اقلیمی نظیر تغییر در میزان تشعشع ورودی (Rothental et al., 1985)، درجه حرارت (Felenet et al., 1996) و غیره می‌باشد. اگر چه قبلاً اعتقاد بر این بود که کارایی مصرف نور ثابت و بیشتر از طریق عوامل ژنتیکی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Madoni & Otegui, 1996). عوامل محیطی و عملیات مدیریتی مانند، تاریخ کاشت، تراکم و فواصل بوته‌ها، رقم و حاصل‌خیزی خاک و به‌ویژه نیتروژن قابل دسترس به سبب نقش ویژه‌ای که در فعالیت فتوسنتزی

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر ژنوتیپ بر میزان کارایی مصرف نور معنی‌دار ($p \leq 0.05$) بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ژنوتیپ شماره (۱۴) و (۸) به‌ترتیب با ۴/۱۸ و ۳/۰۶ گرم بر مگاژول بیشترین و کمترین میزان کارایی را در بین ژنوتیپ‌ها حاصل نموده و اختلاف معنی‌داری با سایر ژنوتیپ‌ها داشتند. ژنوتیپ شماره (۱۴) که بیشترین میزان کارایی مصرف نور را در بین ژنوتیپ‌ها داشت بیشترین میزان شاخص سطح برگ، عملکرد ماده خشک تولیدی و همچنین حداکثر دریافت و جذب تشعشع فعال فتوسنتزی را نیز دارا بود. به‌عبارت دیگر، ژنوتیپ‌هایی که از شاخص سطح برگ بیشتری برخوردارند میزان دریافت و جذب تشعشع و در نهایت زیست‌توده تولیدی آن‌ها نیز بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها است (جدول ۲). نتایج این بررسی نشان داد که در ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این تحقیق تولید ماده خشک به‌ازای نور تجمعی جذب شده در دو حالت تقسیم و عدم تقسیم روند خطی داشت، هر چند ضریب رگرسیون در حالت عدم تقسیم اندکی کمتر از حالت تقسیم بود این

دارد، این عامل را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Akmal & Janssens, 2004; Ceotto & Castelli, 2002; Rosati & Jong, 2003).



شکل ۳- روند تغییرات کارایی مصرف نور در ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای در حالت تقسیط و عدم تقسیط کود نیتروژن
علائم، داده‌های واقعی و خط داده‌های برازش شده را نشان می‌دهد.

Fig. 3- Trends of RUE changes in forage sorghum genotypes on distribution of nitrogen side dressing and non-distribution
Points is observed data and lines is fitted data.

روند افزایشی کارایی مصرف نور در ژنوتیپ‌های سورگوم شد. نتایج این بررسی نشان داد هر دو مؤلفه PAR تجمعی و کارایی مصرف نور تحت تأثیر شیوه توزیع کود نیتروژن در ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای قرار داشتند و تقسیط نیتروژن به‌طور مستقیم بر PAR تجمعی و بر افزایش سطح برگ و کارایی مصرف نور مؤثر بوده است.

نتیجه‌گیری

مقایسه بین شیوه‌های مختلف کاربرد نیتروژن نشان داد تقسیط کود نیتروژن در ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای باعث ایجاد یک روند افزایشی در میزان ماده خشک و نیز افزایش در میزان ماده خشک تجمعی به‌ازای افزایش جذب تشعشع فعال فتوسنتزی شده است. همچنین اعمال تیمار تقسیط نیتروژن باعث ایجاد تغییرات اندکی در

منابع

- Akmal, M., and Janssens, M.J.J. 2004. Productivity and light use efficiency of perennial ryegrass with contrasting water and nitrogen supplies. *Field Crops Research* 88: 143-155.
- Andrade, F.H., Otegui, M.E., and Vega, C. 2000. Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize. *Agronomy Journal* 92: 92-97.
- Andriou, B., and Siquet, H. 1993. Evaluation of structure description requirements for predicting gap fraction of vegetation canopies. *Agricultural and Forest Meteorology* 65: 207-227
- Andriou, B., Ivanov, N., and Boissard, P. 1995. Simulation of light intercropping from a maize canopy model constructed by stereo plotting. *Agricultural and Meteorology* 75: 85-102.
- Beheshti, A.R., and Behbodifard, B. 2010. Study dry matter accumulation and remobilization in grain sorghum

- Genotypes (*Sorghum bicolor* L. Moench) under drought stress. Australian Journal of Crop Science 4: 185-189.
- Beheshti, A.R., Koocheki, A.R., and Nassiri Mahallati, M. 1999. Effect of planting pattern on light interception and radiation use efficiency in maize cultivars. Seed and Plant 4(18): 431-437. (In Persian with English Summary)
- Birch, C.J., and Stewart, A.D. 1989. The effect of nitrogen fertilizer rate and timing on yield of hybrid forage sorghum from serial harvest. Australian Sorghum Workshop, Toowoomba, Australia.
- Castro, F., and Fetcher, N. 1999. The effect of leaf clustering in the interception of light in vegetal canopies: theoretical considerations. Ecological Modelling 116: 125-134.
- Ceotto, E., and Castelli, F. 2002. Radiation use efficiency in flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.): Response to nitrogen supply, climatic variability and sink limitation. Field Crops Research 74: 117-130.
- Dwyer, L.M., Stewart, D.W., Hamilton, R.I., and Honwing, L. 1992. Ear position and vertical distribution of leaf area in corn. Agronomy Journal 84: 430-438.
- Etelib, H.A. 2004. Effect of nitrogen application on growth yield and quality of four forage sorghum cultivars. MSc Thesis University of Khartoum Sudan, Sudan.
- Flenet, F., Kiniry, J., Board, J., Westage, M., and Reicosky, D.C. 1996. Row spacing effects on light extinction coefficients of corn, sorghum, soybean, and sunflower. Agronomy Journal 88: 185-190.
- Gardner, F.D., Walle, R., and Mecloud, D.E. 1990. Yield characteristic of ancient race of maize compared to a modern hybrid. Agronomy Journal 82: 864-868.
- Green, D.S., Erickson, J.E., and Kruger, E.L. 2003. Foliar morphology and canopy nitrogen as predictors of light use efficiency in terrestrial vegetation. Agricultural and Forest Meteorology 115: 163-171.
- Etelib, H.A., and Eltom, E.A. 2006. Effect of time of nitrogen application on growth, yield and quality of four forage sorghum cultivars. Agricultural Journal 1(2): 59-63.
- Javadi, H., Saberi, M.H., Azari Nasr Abad, A., and Khosravi, S. 2011. Investigation of effect of rates and methods of distribution of nitrogen fertilization on characteristics of quality and quantity of sorghum var, speed feed. Iranian Journal of Field Crops Research 8: 384-392. (In Persian with English summary)
- Kemanian, A.R., Stockle, C.O., and Huggins, D.R. 2004. Variability of barley radiation use efficiency. Crop Science 44: 1662-1672.
- Lecoeur, J., and Ney, B. 2003. Change with time in potential radiation use efficiency in field pea. European Journal of Agronomy 19: 91-105.
- Madoni, G.A., and Otegui, M.E. 1996. Leaf area, light interception, and crops development in maize. Field Crops Research 48: 81-87.
- Monteith, J.L. 1979. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. Journal of Applied Ecology 9: 747-766.
- Muchow, R.C., Sinclair, T.R., and Renneft, I.M. 1990. Temperature and solar radiation effect on potential maize yield across location. Agronomy Journal 82: 238-243.
- Novoa, R., and Loomis, R.S. 1981. Nitrogen and plant production. Plant and Soil 58: 177-204
- Parsa, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghaemi, A. 2007. Trend absorption and radiation use efficiency in sugar beet. Iranian Journal of Field Crops Research 8(3): 384-392. (In Persian with English summary)
- Richter, G.M., Jaggard, K.W., and Mitchell, R.A.C. 2001. Modelling radiation interception and radiation use efficiency for sugar beet under variable climatic stress. Agricultural and Forest Meteorology 109: 13-25.
- Rietveld, M.R. 1987. A new method for estimating the regression in the formula relating solar radiation to sunshine. Agricultural Meteorology 19: 243-252.
- Rizzalli, R.H., Villalobos, F.J., and Orgaz, F. 2002. Radiation interception, radiation use efficiency and dry matter partitioning in garlic (*Allium sativum* L.). European Journal of Agronomy 18: 33-43.
- Rooney, W.L., Blumenthal, J., Bean, B., and Mullet, J.E. 2007. Designing sorghum a dedicated bioenergy feedstock. Biofuels Products and Biorefining 1: 147-157.
- Rosati, A., and Jong, T.M.D. 2003. Estimation photosynthetic radiation use efficiency using incident light and photosynthesis of individual leaves. Annals of Botany 91: 869-877.
- Rosati, A., Metcalf, S.G., and Lampinen, B.D. 2004. A simple method to estimate photosynthetic radiation use efficiency of canopies. Annals of Botany 93: 567-574.
- Rosenthal, W.D., Arkin, G.F., and Howell, T.A. 1985. Transmitted and absorbed photosynthetically active radiation in grain sorghum. Agronomy Journal 77: 841-845.
- Rosenthal, W.D., and Gerik, T.J. 1991. Radiation use efficiency among cotton cultivars. Agronomy Journal 83: 655-

658.

Sinclair, T.R., and Horie, T. 1989. Leaf nitrogen photosynthesis and crop radiation use efficiency: A review. *Crop Science* 29: 90-98.

Sinclair, T.R., Shiraiwa, T., and Hammer, G.L. 1992. Variation in crop radiation use efficiency with increased diffuse radiation. *Crop Science* 32: 1281-1284.



The Influence of Distribution Nitrogen Fertilizer Management on Absorbed and Radiation Use Efficiency in Forage Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Genotypes

A.R. Beheshti^{1*} and E. Seyyed Kaboli²

Beheshti, A.R., and Seyyed Kaboli, E. 2017. The Influence of distribution nitrogen fertilizer management on absorbed and radiation use efficiency in forage sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes. Journal of Agroecology 9(3): 848-861.

Introduction

Dry matter production is a function of photosynthesis active radiation absorption (APAR) and radiation use efficiency. Sorghum genotypes are different in total dry matter, but the reason of these different is not clear. Producing dry matter is affected by nitrogen distributing method, but the way of this effectiveness on producing of dry matter in sorghum genotypes is not also specified. This paper focused on evaluation of receiving and absorbing PAR, which is affected by nitrogen usage method in forage sorghum genotypes, and reasons of the differences between these genotypes in production of dry matter. The variation in efficiency of APAR depends on two chemical and morphological characteristics of the vegetation, including canopy nitrogen content (N_{CANOPY}) and the canopy average for mass per unit of area (M_{area}).

Material and Methods

In order to investigate the cumulative photosynthetically active radiation (CPAR) and radiation use efficiency (RUE) under distributing of nitrogen side dressing and non-distributing conditions, an experiment was conducted at Khorasan Razavi Agriculture and Natural Resources, Research Center Mashhad, Iran. The statical method was according to spilt plots base on randomized complete block design with three replicates. The main plots were fifteen forage sorghum genotypes (Promising lines kfs1, kfs2, kfs3, kfs6, kfs7, kfs8, kfs9, kfs10, kfs11, kfs12, kfs13, kfs15, kfs16, kfs17, kfs18) and the subplots consisted of distributing of nitrogen side dressing and non-distributing. The samples were obtained 5 times during the growing season for determination of some characteristics including dry matter (TDM), leaf area index (LAI) and Photosynthetically active radiation (PAR). Then total dry matter (TDM), cumulative Photosynthetically active radiation (CPAR) and radiation use efficiency (RUE) were calculated by these traits. Absorbed radiation measured by Sub Scan model SSI-UM-1.05 on five location of each plot on bottom and top of each plot at 12 o'clock each day, five times by destructive samples. Radiation use efficiency (RUE) calculated by regression lines obtained by slope of total dry matter (TDM) and cumulative radiation use absorption (CPAR) by this equation $Y=a_0*x$.

Results and Discussion

The results showed that the effect of genotype on total dry matter was significant ($p<0/05$). The maximum and minimum were 20.17 t/ha and 13.56 t/ha belonged to genotypes (14) and (8), respectively. The nitrogen fertilizer distributing method and interaction of nitrogen and genotype on leaf area index were significant ($p<0/05$). Nitrogen distribution caused leaf area index and photosynthetically active radiation (PAR) to grow up to %9 and %2, respectively. The genotypes had significant effect on radiation use efficiency. The maximum and minimum RUE observed as 4.18 g/mJ² and 3.06 g/mJ² these were related to genotypes 14 and 8, respectively.

1 and 2- Associate Professor of Seed and Plant Improvement Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education & Extension Organization, Mashhad and MSc Student of Agronomy, Islamic Azad university of Neyshabur, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: arbeheshti81@yahoo.com)

DOI:10.22067/jag.v9i3.56944

Conclusion

Splitting nitrogen fertilization in forage sorghum genotypes caused increasing of total dry matter, while absorbed PAR increased cumulatively. A comparison between methods of nitrogen usage showed that a little change in increasing radiation use efficiency occurred by changing the nitrogen splitting method, versus non splitting condition in sorghum genotypes. The results illustrated, these two components (e.g. cumulative photosynthetically active radiation and radiation use efficiency) are affected by nitrogen fertilization distributing method in forage sorghum genotypes, as well as nitrogen distribution effect on increment of cumulative PAR, leaf area index and radiation use efficiency. Results of this study showed that the differences of total dry matter in sorghum genotypes is due to both two parameters of cumulative photo synthetically active radiation and radiation use efficiency.

Keywords: Cumulative photosynthetically active radiation, leaf area index, yields potential