

اثر تنش خشکی و سطوح نیتروژن بر عملکرد دو رقم سورگوم علوفه‌ای

یحیی امام*، کبری مقصودی و نغمه مقیمی^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۴/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۹/۱۸)

چکیده

به منظور ارزیابی تأثیر تنش خشکی و سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد و صفات زراعی دو رقم سورگوم علوفه‌ای، آزمایشی در سال ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز (باجگاه) به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. در این آزمایش سطوح آبیاری (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی) به عنوان فاکتور اصلی، کود نیتروژن (۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار) به عنوان فاکتور فرعی و دو رقم سورگوم علوفه‌ای پگاه و KFS₂ به عنوان فاکتور فرعی فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، وزن تر بوته، وزن خشک برگ و ساقه و عملکرد علوفه گردید و این کاهش در سطوح بالاتر تنش خشکی، شدیدتر بود. در مقابل، مصرف کود نیتروژن افزایش این ویژگی‌ها را به همراه داشت. بین دو رقم سورگوم تفاوت‌های معنی‌داری در ویژگی‌های ظاهری و عملکرد علوفه مشاهده شد. به طوری که از نظر ارتفاع بوته، وزن تر بوته، وزن خشک ساقه و عملکرد علوفه، رقم پگاه نسبت به KFS₂ برتری داشت و در رقم KFS₂ شاخص سطح برگ و وزن خشک برگ زیاده‌تری در مقایسه با رقم پگاه حاصل شد. در مجموع، نتایج نشان داد که افزایش همزمان رطوبت و نیتروژن خاک، تأثیر معنی‌داری در افزایش تولید علوفه سورگوم به همراه داشت و بیشترین تولید علوفه در تیمار آبیاری کامل و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، حاصل شد. بنابراین، میزان کود اوره مصرفی برای سورگوم علوفه‌ای، در شرایط مشابه با این پژوهش، ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: عملکرد علوفه، شاخص سطح برگ، پگاه، KFS₂

۱. گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: yaemam@gmail.com

مقدمه

سورگوم زراعی با نام علمی *Sorghum bicolor* (L.) Moench از خانواده غلات و دارای انواع گوناگون از جمله علوفه‌ای می‌باشد. این گیاه از پتانسیل تولید بالایی برخوردار بوده و با شرایط آب و هوایی ایران به خصوص مناطق گرم و خشک و معتدل آن سازگاری خوبی دارد (۳). سطح زیر کشت سورگوم در دنیا ۴۵/۸ میلیون هکتار است (۴) و قریب به ۹۰ درصد آن به سورگوم دانه‌ای اختصاص دارد، بنابراین، سورگوم در دنیا به عنوان یک غله مطرح است، ولی با توجه به کمبود علوفه در ایران، نوع علوفه‌ای آن اولویت دارد و سطح زیر کشت آن در ایران بیش از ۴۰ هزار هکتار است (۶). این گیاه از نظر فتوسنتزی از گیاهان C₄ می‌باشد و تنفس نوری آن در مقایسه با گیاهان C₃ کمتر بوده و از کارایی فتوسنتزی بالایی نسبت به گیاهان C₃ برخوردار است (۳).

سورگوم از جمله مهم‌ترین گیاهان زراعی، در مناطق حاره‌ای نیمه خشک می‌باشد. زیرا تحت شرایط خشکی شدید، یا گرمای زیاد، محصول خوبی تولید می‌کند (۷ و ۱۰). سورگوم در واقع گیاهی چندساله است، ولی، به دلیل نداشتن مقاومت به سرمای زمستانه و هم‌چنین از نظر عملی و تحت شرایط واقعی زراعی در نواحی معتدل، به صورت یکساله کشت و کار می‌شود (۲). از سورگوم می‌توان به عنوان کشت جایگزین به جای محصولی که در اثر تنش‌های محیطی مثل باد و غیره از بین رفته، استفاده نمود. ارقام سورگومی که دارای قدرت پنجه‌دهی زیادتر و یا رویش دوباره بعد از چین‌برداری می‌باشند (وارویش)، برای تولید علوفه مناسب‌تر هستند. سورگوم می‌تواند دوره خشکی را تحمل و بعد از آن رشد خود را از سر گیرد. مشخص شده است که کارایی مصرف آب در سورگوم بیشتر از ذرت است. به علاوه در شرایط خشکی تاریخ کاشت دیر هنگام را بهتر تحمل می‌نماید (۱۵).

در مناطق خشک و نیمه خشک به دلیل کم بودن و توزیع غیر یکنواخت بارندگی از سالی به سال دیگر، عملکرد سال‌های متوالی نوسانات زیادی نشان می‌دهد. از طرف دیگر زیاد بودن

میزان تبخیر و تعرق، سبب بروز تنش خشکی در طول دوره رشد گیاهان می‌شود (۲۲). تنش خشکی از پدیده‌های اقلیمی رایج در طبیعت می‌باشد که مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد و تولید گیاهان است و کمتر گیاهی به طور کامل از آن اجتناب می‌کند. با تشدید تنش خشکی، آب موجود در بافت‌ها و سلول‌های گیاهی به تدریج از دست رفته و در متابولیسم طبیعی بافت‌ها و سلول‌ها اختلال به وجود می‌آید و در نتیجه عملکرد کاهش می‌یابد (۱۳). کشور ایران با میانگین نزولات جوی ۲۴۰ میلی‌متر در سال، جزء مناطق خشک و نیمه خشک طبقه‌بندی می‌گردد. عدم بارندگی کافی و توزیع غیر یکنواخت آن در طول فصل رشد در این مناطق، باعث شده است که کشت بیشتر محصولات کشاورزی فقط با آبیاری امکان‌پذیر گردد. خشکی در ایران و جهان پدیده‌ای اجتناب‌ناپذیر است که همه ساله با شدت‌های متفاوتی، تولید موفقیت آمیز محصولات کشاورزی را با مخاطره روبه‌رو می‌سازد. افت عملکرد سورگوم در شرایط تنش شدید توسط پژوهشگران متعددی گزارش شده است (۸).

حاصلخیزی خاک نیز، از عوامل محیطی بسیار مهم در تعیین کمیت و کیفیت تولید گیاهان زراعی می‌باشد. از آنجا که در بسیاری از مناطق کشت سورگوم، رطوبت عامل محدودکننده‌تری است، این امر منجر به این نتیجه‌گیری نادرست می‌شود که سورگوم به کود واکنش چندانی نشان نمی‌دهد، لیکن در شرایط آبیاری کافی، سورگوم به کودها، به ویژه کود نیتروژن، به خوبی واکنش نشان می‌دهد (۳). نیتروژن به دلیل نقش‌های متعدد و با اهمیتی که در فرآیندهای حیاتی گیاه بر عهده دارد، عنصری است که کمبود آن بیش از سایر عناصر، تولید گیاهان زراعی را محدود می‌کند و به غیر از بقولاتی که از نظر تثبیت نیتروژن کارآمد هستند، در اکثر گیاهان زراعی، این عنصر تعیین کننده عملکرد است (۹). از سوی دیگر، مصرف بیش از اندازه نیتروژن باعث اتلاف سرمایه و انرژی در سیستم‌های کشاورزی پیشرفته می‌گردد و آلودگی آب‌های زیرزمینی، به وسیله تولید نترات را به دنبال دارد (۱۹). نیتروژن جزء ساختمانی اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها، آنزیم‌ها، اسیدهای نوکلئیک، نوکلئوپروتئین‌ها

سه سطح (۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار) به عنوان فاکتور فرعی و دو رقم سورگوم علوفه‌ای (پگاه و KFS) به عنوان فاکتور فرعی فرعی در نظر گرفته شدند.

تهیه زمین شامل شخم پاییزه و دو دیسک بهاره عمود بر هم و تسطیح زمین به وسیله لولر بود. کاشت بذرها به صورت دستی در خرداد ماه انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل ۵ ردیف کاشت به طول ۳ متر بود و به منظور جلوگیری از نفوذ آب و نیتروژن به کرت‌های مجاور، فاصله بین هر دو کرت فرعی فرعی ۱/۲ متر (معادل ۲ دو پشته ۶۰ سانتی‌متری) در نظر گرفته شد. پیش از کاشت بذرها لوله‌هایی نوار تیپ روی پشته‌ها پهن شد و تقریباً هر نازل در برابر هر بوته قرار گرفت. آبیاری زمین با استفاده از سیستم آبیاری تحت فشار انجام شد. آبیاری از زمان کاشت تا زمان ظهور نقطه تمایز رشدی در بالای سطح خاک، هر ۷ روز یکبار و تا حد ظرفیت مزرعه انجام شد. به منظور اعمال تنش خشکی، یک روز قبل از فرارسیدن زمان آبیاری، رطوبت خاک هر کرت آزمایشی، به روش وزنی تعیین و براساس رطوبت هر کرت و تیمار تنش خشکی تعریف شده، میزان آب مورد نیاز هر کرت مشخص گردید. به منظور تعیین مدت زمان لازم برای هر نوبت آبیاری، ابتدا فشار آب توسط فشارسنج نصب شده در مسیر لوله اصلی، مشخص و سپس دبی آب در ۶ نقطه از زمین اندازه‌گیری و دبی متوسط محاسبه گردید. سپس با استفاده از آب مورد نیاز هر کرت و دبی ورودی به هر کرت، زمان لازم برای آبیاری هر کرت، تعیین شد.

برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ با استفاده از دستگاه Leaf Area meter، مدل ΔT - Device، در زمان شیری شدن دانه‌ها از ردیف‌های وسط هر کرت نمونه‌برداری انجام و سطح برگ اندازه‌گیری شد. در زمان شیری شدن دانه‌ها، از هر کرت با در نظر گرفتن آثار حاشیه‌ای، مساحت یک متر مربع به طور کامل برداشت شد و صفات ارتفاع، وزن تر بوته و عملکرد علوفه اندازه‌گیری شد. وزن خشک برگ و ساقه نیز با قرار دادن نمونه‌ها در آون، در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت و توزین آنها تعیین گردید. داده‌های به دست آمده با

و هم‌چنین جزء اصلی مولکول کلروفیل و آلکالوئیدها می‌باشد (۵ و ۲۶).

عرضه کافی نیتروژن با رشد رویشی زیاد و رنگ سبز تیره ارتباط دارد. پایین بودن میزان نیتروژن در خاک و در نتیجه در گیاه، موجب زردی برگ‌ها، کوچکی و کم رشدی گیاه تولید، پنجه کمتر، کوچکی گل‌ها و پایین آمدن کمیت و کیفیت محصول سورگوم تولیدی می‌شود (۱۱)، به نحوی که گفته می‌شود کاهش شدید نیتروژن ممکن است مانع تشکیل دانه در سورگوم گردد (۲۶). گیاهان باریک برگ چهار کربنه مانند سورگوم به کود نیتروژن واکنش بیشتری نشان می‌دهند و تولید ماده خشک آنها افزایش می‌یابد. تخصیص میزان بیشتری نیتروژن به پروتئین برگ موجب کارایی زیاد استفاده از نیتروژن می‌گردد. بنابراین، جذب دی‌اکسید کربن و تولید ماده خشک در هر واحد نیتروژن بیشتر می‌شود (۱۲). کارایی زیاد نیتروژن مصرفی در گیاهان چهار کربنه باعث کشت وسیع آنها در مناطق گرم و به ویژه گرم و خشک و با نیتروژن کم گردیده است (۱۲). هدف از این آزمایش، ارزیابی آثار مقادیر مختلف کود نیتروژن و تنش خشکی بر عملکرد علوفه تر و ماده خشک دو رقم سورگوم علوفه‌ای پگاه و KFS در منطقه باجگاه، در استان فارس می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی تأثیر تنش خشکی و سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد و صفات زراعی دو رقم سورگوم علوفه‌ای، پژوهش مزرعه‌ای در بهار و تابستان سال ۱۳۹۰، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، واقع در منطقه باجگاه (عرض جغرافیایی $29^{\circ}36'$ شمالی و طول جغرافیایی $52^{\circ}32'$ شرقی و ارتفاع 1810 متر از سطح دریا) به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. در این آزمایش تنش خشکی در سه سطح (۱۰۰ درصد، ۷۵ درصد و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه) به عنوان فاکتور اصلی، کود نیتروژن‌دار اوره در

و طول میانگرهاها به علت افزایش تعداد سلولها و عمدتاً افزایش اندازه سلولها، افزایش می‌یابد (۹ و ۱۷). به عبارت دیگر نتایج این تحقیق نشان داد که تأثیر مصرف کود نیتروژن در سطوح بالا، در شرایط کمبود آب بیشتر از آبیاری کامل بوده است.

بررسی برهمکنش تنش خشکی و سطوح نیتروژن نشان داد که استفاده از سطوح بالاتر نیتروژن قابلیت جبران تنش خشکی را داشت، به طوری که در هر دو رقم KFS_۰ و پگاه، در شرایطی که ۳۰۰ و ۴۵۰ کیلو گرم کود نیتروژن مصرف شد، بین تیمارهای ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه از نظر شاخص سطح برگ تفاوت آماری معنی‌داری دیده نشد (شکل ۲). هم‌چنین کاربرد ۴۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار توانست اثر تنش ۷۵ درصد ظرفیت زراعی را تعدیل کند و میزان شاخص سطح برگ را تا حد تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی افزایش دهد (شکل ۲). بر اساس نتایج به دست آمده، مشخص گردید افزایش نیتروژن تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر دوام سطح برگ داشته و توانست اثر تنش خشکی را تعدیل نماید. کمترین شاخص سطح برگ در رقم پگاه (با میزان ۴/۲۸) و KFS_۰ (با میزان ۵/۱۴) از تیمار آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت و مصرف ۱۵۰ کیلو گرم کود نیتروژن در هکتار به دست آمد (شکل ۲). به عبارت دیگر کمبود کود نیتروژن سبب تشدید تأثیر تنش خشکی بر شاخص سطح برگ شد.

بر اساس نتایج به دست آمده مشخص گردید که رقم KFS_۰، نسبت به رقم پگاه شاخص سطح برگ بیشتری داشت (شکل ۲). رقم KFS_۰، به دلیل داشتن برگ‌های عریض و افقی، سایه‌اندازی بیشتری روی برگ‌های پایینی ایجاد کرد و مقدار تبادلات گازی و تولید بیوماس را کاهش داد (۹). افزایش میزان نیتروژن نیز، تأثیر مثبت معنی‌داری در میزان شاخص سطح برگ به همراه داشت (شکل ۲). در شرایط مطلوب رشد، با تابش و دمای مناسب، کاربرد کود نیتروژن تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر آهنگ توسعه برگ، اندازه نهایی برگ و افزایش

استفاده از نرم افزار آماری SAS تجزیه و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون LSD و در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر کود نیتروژن، رژیم‌های رطوبتی، رقم و نیز اثر متقابل سه‌گانه آنها بر صفات ارتفاع ساقه، شاخص سطح برگ، وزن تر بوته، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه و عملکرد علوفه سورگوم از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۱).

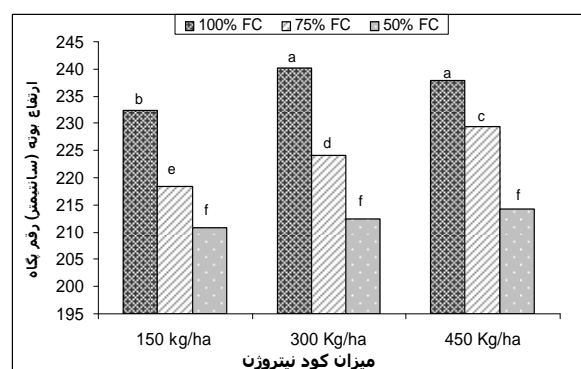
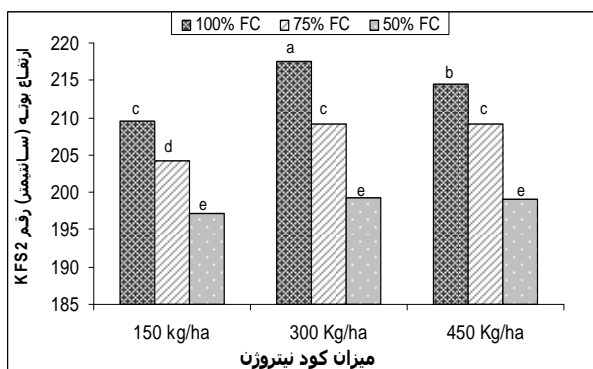
بر اساس نتایج مشخص شد که بیشترین ارتفاع ساقه مربوط به رقم پگاه (۲۴۰/۲۵ سانتی‌متر) در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه و ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار بود. در حالی که کمترین ارتفاع ساقه (۱۹۷/۱۶ سانتی‌متر) در تیمار ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه و ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار، در رقم KFS_۰ دیده شد (شکل ۱). در رقم پگاه در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری، بین مصرف ۳۰۰ و ۴۵۰ کیلوگرم نیتروژن، از نظر صفت ارتفاع بوته تفاوت آماری معنی‌داری دیده نشد. در حالی که در همین رقم، در تیمار آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه، مصرف بیشتر کود نیتروژن سبب بهبود و افزایش ارتفاع گیاه گردید (شکل ۱). بین رقم پگاه و رقم KFS_۰ نیز از لحاظ ارتفاع ساقه، تفاوت معنی‌داری وجود داشت و در تمام سطوح تنش خشکی و کودی، رقم پگاه، نسبت به رقم KFS_۰، ارتفاع بیشتری داشت (شکل ۱).

در مجموع نتایج حاکی از آن بود که تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع بوته سورگوم گردید و با افزایش شدت تنش، این کاهش شدیدتر بود (شکل ۱). در این رابطه نتایج مشابهی دال بر کاهش ارتفاع بوته در اثر تنش خشکی در پژوهش‌های متعددی گزارش شده است (۳، ۲۰ و ۲۱). کاهش ارتفاع در تنش متوسط به علت کاهش طول میانگره و در تنش شدید به علت کاهش تعداد و طول میانگره می‌باشد. رشد طولی ساقه نتیجه فعالیت مرستم میان بافتی گره‌هاست

جدول ۱. میانگین مربعات ویژگی های اندازه گیری شده در این پژوهش

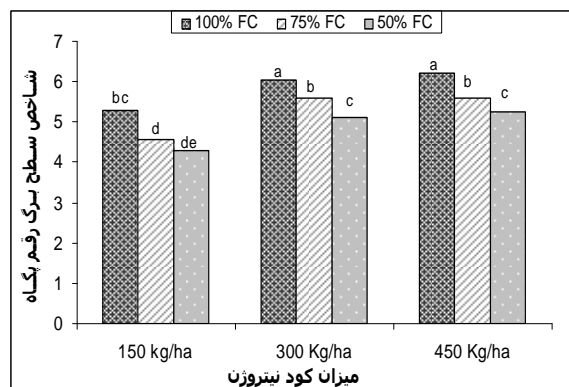
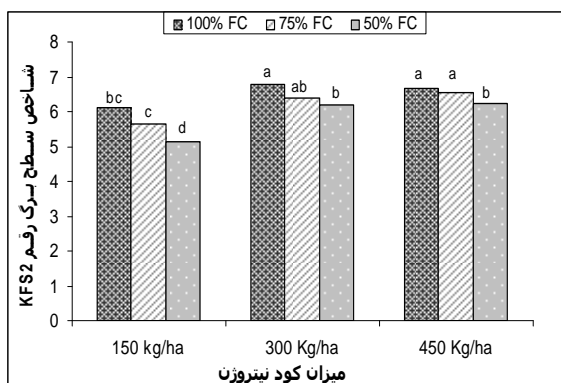
میانگین مربعات							منابع تغییر
عملکرد علوفه	وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ	وزن تر بوته	شاخص سطح برگ	ارتفاع ساقه	درجه آزادی	
۱۲۴/۲۷ ^{ns}	۱۵/۲۰ ^{ns}	۶/۴۴ ^{ns}	۱۷۲/۵۷ ^{ns}	۱۷۶/۹۱ ^{ns}	۲۱/۰۷ ^{ns}	۲	تکرار
۱۲۴۳/۳۶ ^{**}	۵۱۴/۳۸ [*]	۲۵/۶۸ [*]	۱۱۴۳۵/۵۸ [*]	۲۶۰۱۹۹/۳۳ ^{**}	۱۰۵۷/۸۵ ^{**}	۲	تنش کم آبی (A)
۱۸۳/۹۹	۳۳/۲۹	۵/۸۱	۲۳۸۳/۳۷	۴۱۵۸۰/۲۷	۱۰۱/۹۶	۴	خطای A
۸۷۵/۷۱ [*]	۲۱۲/۹۱ [*]	۳۰/۶۰ [*]	۱۲۳۹۷/۸۹ ^{**}	۶۵۴۰۸۸/۱۸ ^{**}	۶۶۴/۲۰ [*]	۲	نیتروژن (B)
۹۷/۳۲ ^{ns}	۸۹/۰۱ ^{ns}	۱۸/۶۸ ^{ns}	۶۲۰۳/۴۳ [*]	۲۱۷۴۲۴/۹۵ ^{**}	۱۶۱/۸۸ ^{ns}	۴	اثر متقابل (AB)
۶۲/۳۴	۳۵/۲۶	۱۷/۱۷	۲۱۲۸/۲۴	۴۶۱۴۲/۴۳	۹۹/۳۹	۱۲	خطای B
۱۲۳۲/۸۰ ^{**}	۲۳۵/۵۸ [*]	۴۶/۰۳ [*]	۷۵۲۱۱/۷۴ ^{**}	۳۷۰۳۸۲۹/۰۹ ^{**}	۱۸۳۹۸/۳۴ ^{**}	۱	رقم (C)
۱۶۷/۹۲ ^{ns}	۳۷/۲۷ ^{ns}	۴/۸۶ ^{ns}	۸۸۶/۹۹ ^{ns}	۱۱۹۷۱/۰۵ ^{ns}	۸۲۰/۷۳ [*]	۲	اثر متقابل (AC)
۱۹۷/۴ ^{ns}	۸۳۴/۰۳ ^{**}	۴۰/۰۹ [*]	۱۳۹۴۸/۳۲ ^{**}	۴۹۵۰۵۵/۹۲ [*]	۵۱/۳۸ ^{ns}	۲	اثر متقابل (BC)
۲۱۲۱/۶۹ ^{**}	۲۲۶/۳۹ [*]	۵۴/۲۵ [*]	۶۱۲۶/۶۶ [*]	۱۱۹۶۳۴/۷۹ [*]	۹۳۶/۲۱ [*]	۴	اثر متقابل (ABC)
۳۷۱/۴۱	۸۹/۶۶	۶/۷۶	۲۰۳۰/۹۵	۱۳۸۱۶/۱۰	۷۰/۵۶	۱۸	خطای C

ns و **: به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح ۵٪ و معنی دار در سطح ۱٪.

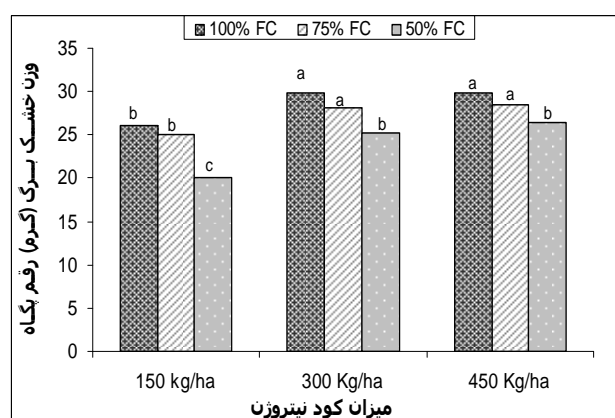
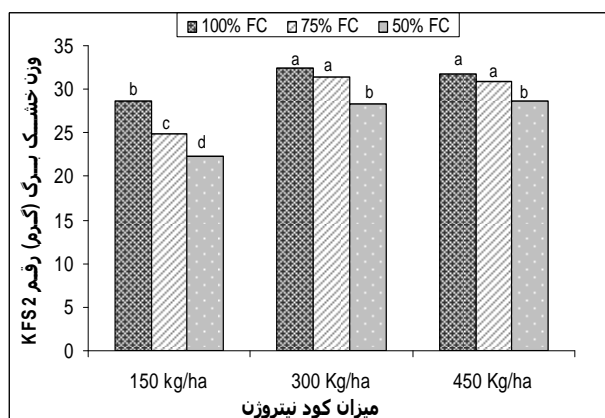
شکل ۱. برهمکنش تنش خشکی و کود نیتروژن بر ارتفاع بوته سورگوم رقم پگاه و KFS₂ (حرف مشترک نشان دهنده نداشتن تفاوت معنی دار، براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد می باشد).

نتایج نشان داد که در شرایط تنش خشکی (۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه)، وزن خشک برگ هر دو رقم سورگوم، در تیمارهای مصرف کود نیتروژن، بیشتر از عدم مصرف آن بود و با افزایش میزان کود، وزن خشک برگ افزایش یافت (شکل ۳) که این موضوع نشان از اثر تعدیل کنندگی نیتروژن در رابطه با تنش خشکی داشت. با توجه به این که در هر دو رقم، در تیمار

دوام سطح برگ می گذارد (۹). در همین زمینه تربتی نژاد و همکاران (۲۴) نیز افزایش شاخص سطح برگ در سورگوم را با کاربرد کود نیتروژن گزارش داده اند. افزایش تنش خشکی باعث کاهش معنی دار شاخص سطح برگ شد (شکل ۲)، که می توان آن را به کاهش دوام سطح برگ در اثر تنش خشکی و زودتر خشک شدن برگ ها نسبت داد.



شکل ۲. برهمکنش تنش خشکی و کود نیتروژن بر شاخص سطح برگ سورگوم رقم پگاه و KFS2 (حرف مشترک نشان دهنده نداشتن تفاوت معنی دار، براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد می باشد).



شکل ۳. برهمکنش تنش خشکی و کود نیتروژن بر وزن خشک برگ هر بوته سورگوم رقم پگاه و KFS2 (حرف مشترک نشان دهنده نداشتن تفاوت معنی دار، براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد می باشد).

کاهش و در مقابل، کاربرد کود نیتروژن سبب افزایش معنی دار وزن خشک برگ در هر بوته شد (شکل ۳). در همین راستا نتایج مشابهی از تأثیر منفی تنش خشکی (۱۴ و ۱۸) و بر عکس تأثیر مثبت مصرف کودهای نیتروژن (۱۶ و ۲۴) بر رشد رویشی گیاهان زراعی گزارش شده است. در این آزمایش، در شرایط ۱۰۰ درصد آبیاری و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار، در رقم KFS_۲ بیشترین و در مقابل، در تیمار آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار، در رقم پگاه، کمترین میزان وزن خشک برگ در هر بوته به دست آمد (شکل ۳).

بررسی میانگین‌ها بیانگر این بود که در هر دو رقم پگاه و

۱۰۰ درصد آبیاری، بین مصرف ۳۰۰ و ۴۵۰ کیلوگرم نیتروژن تفاوت آماری معنی داری دیده نشد، بنابراین می توان نتیجه گرفت در شرایط بهینه آبیاری، استفاده از ۴۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار لزومی ندارد و حداکثر ماده خشک برگ در سطح کودی ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار حاصل شد (شکل ۳). هم چنین مشخص شد که وزن خشک برگ رقم KFS_۲ در تمام تیمارهای آبیاری و کودی، به طور معنی داری برتر از رقم پگاه بود (شکل ۳) که این موضوع در ارتباط با ویژگی شاخص سطح برگ بیشتر رقم KFS_۲ در مقایسه با رقم پگاه بود.

در مجموع می توان بیان داشت که تنش خشکی موجب

درصد زیادتری داشت (شکل ۳). از آنجا که سورگوم گیاهی علوفه‌ای است، هر چه درصد وزنی برگ زیادتر باشد، گیاه خوشخوراکی بیشتری خواهد داشت. در این پژوهش بیشترین میزان وزن تر بوته از رقم پگاه و از تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری و ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار حاصل شد و میزان آن با تیمار آبیاری کامل و ۴۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار، تفاوت آماری معنی‌داری نداشت (شکل ۵).

هم‌چنین مقایسه میانگین صفات نشان داد که تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری از نظر وزن تر بوته در گروه برتر جای گرفت و این بدان معناست که اعمال تنش کم آبی، تأثیر منفی و معنی‌داری بر وزن تر بوته‌ها داشت (شکل ۵). این موضوع در اغلب پژوهش‌های مربوط به بررسی تنش کم آبی در سورگوم از جمله ولدآبادی و همکاران (۲۵) نیز گزارش گردیده است. در مقابل، افزایش مصرف کود نیتروژن، باعث افزایش معنی‌دار این صفت گردید (شکل ۵). علت این امر را می‌توان به نقش نیتروژن در تحریک رشد رویشی گیاهان، به ویژه در شرایط تعادل با رطوبت خاک نسبت داد (۹). در همین راستا بوکوات و همکاران (۱) نیز نشان دادند که با مصرف کود نیتروژن بیشتر، عملکرد بیولوژیک به طور قابل توجهی افزایش یافت.

در رابطه با رقم KFS_۱ نیز بیشترین وزن تر بوته در تیمار آبیاری کامل و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار مشاهده شد. در شرایط تنش رطوبتی با افزایش بیشتر کود نیتروژن تأثیر مثبت و معنی‌داری در افزایش وزن تر هر بوته در هر دو رقم مشاهده شد. بیشترین کاهش وزن تر بوته در تیمارهای تنش خشکی شدیدتر و سطح کمتر کود نیتروژن حاصل شد (شکل ۵).

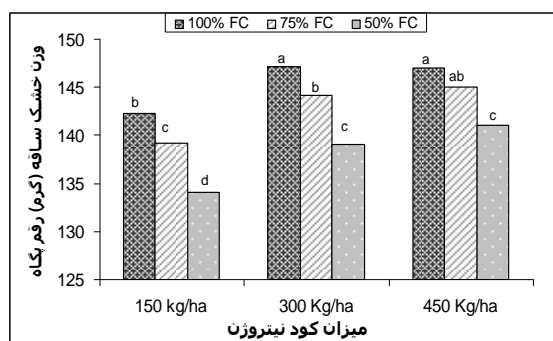
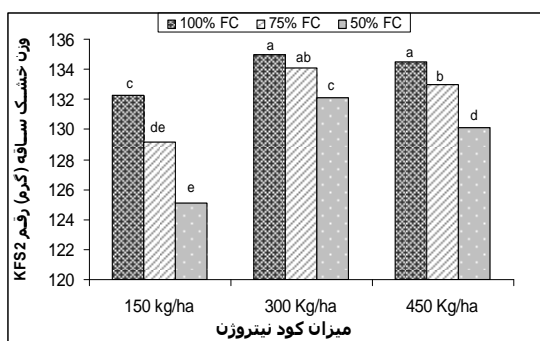
بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق مشخص شد که در هر دو رقم سورگوم، بیشترین عملکرد علوفه در شرایط آبیاری کامل با افزایش نیتروژن تا سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و در هر دو رقم، بین مصرف ۳۰۰ و ۴۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار، در شرایط آبیاری مطلوب، تفاوت آماری معنی‌داری دیده نشد (شکل ۶). البته لازم به

KFS_۱، وزن خشک ساقه در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری به طور معنی‌داری بیش از تیمارهای آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بود (شکل ۴). در همین راستا موسوی و همکاران (۱۸) نیز کاهش وزن خشک ساقه را در اثر تنش خشکی گزارش کرده‌اند. سورگوم علوفه‌ای در مقایسه با سایر گیاهان علوفه‌ای از میزان وزن ساقه بیشتری برخوردار هستند. راست و همکاران (۲۳) گزارش دادند که بیش از ۵۰ درصد وزن علوفه حاصل از هیبریدهای سودانگراس و سورگوم را ساقه‌ها تشکیل می‌دهند. به این دلیل در مقایسه با سودانگراس‌ها این ارقام از ارزش غذایی کمتری برخوردار هستند.

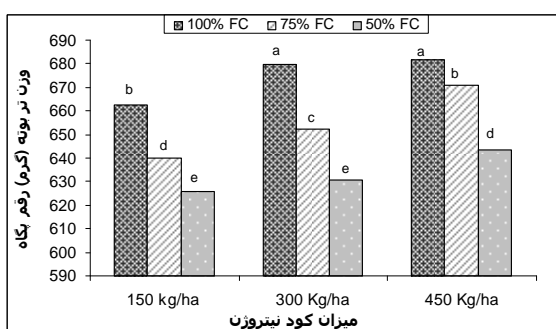
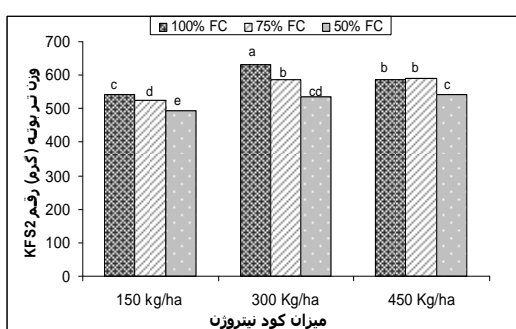
در تمام تیمارهای آبیاری و کود نیتروژن رقم پگاه، وزن خشک ساقه بیشتری نسبت به رقم KFS_۱ داشت (شکل ۴). این موضوع نشان داد که در رقم پگاه درصد بیشتری از وزن خشک بوته، مربوط به وزن خشک ساقه بوده است، اما، در مقابل، در مورد رقم KFS_۱، درصد وزن خشک برگ‌ها نسبت به رقم پگاه زیادتر بود.

بررسی بر همکنش‌ها نشان داد بیشترین وزن خشک ساقه از تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، در رقم پگاه حاصل شد که با تیمار مصرف ۴۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار، تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۴). این موضوع بیانگر آن است که در شرایط بهینه رطوبتی خاک، استفاده از ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار، برای هر دو رقم سورگوم، برای دستیابی به حداکثر وزن خشک ساقه کافی بوده و نیازی به مصرف مقادیر زیادتر کود نیتروژن نمی‌باشد. در رابطه با هر دو رقم سورگوم مورد بررسی، در شرایط اعمال تنش رطوبتی، استفاده از مقادیر زیادتر کود نیتروژن توانست تاحدی اثر تنش خشکی را تعدیل نماید (شکل ۴).

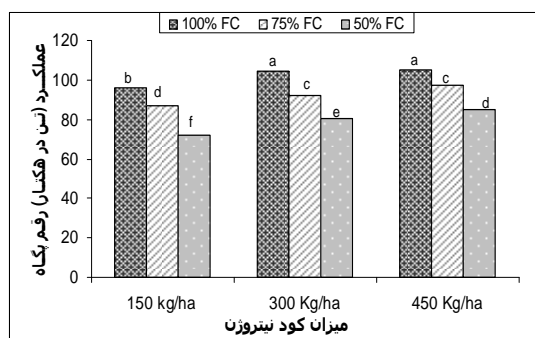
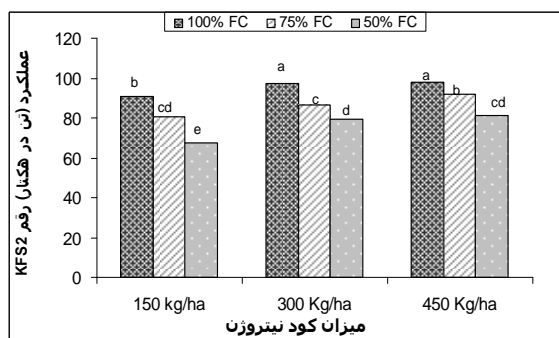
مقایسه وزن تر دو رقم نشان داد که رقم پگاه در شرایط آبیاری معمول و نیز تنش‌های آبی، در هر سه سطح کود نیتروژن، برتر از رقم KFS_۱ بود (شکل ۵). به علاوه، در رقم پگاه، وزن ساقه درصد بیشتری از وزن تر هر بوته را به خود اختصاص داد (شکل ۴)، در حالی که در رقم KFS_۱، وزن برگ



شکل ۴. برهمکنش تنش خشکی و کود نیتروژن بر وزن خشک ساقه هر بوته سورگوم رقم پگاه و KFS₂ (حرف مشترک نشان‌دهنده نداشتن تفاوت معنی‌دار، براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد).



شکل ۵. برهمکنش تنش خشکی و کود نیتروژن بر وزن تر هر بوته سورگوم رقم پگاه و KFS₂ (حرف مشترک نشان‌دهنده نداشتن تفاوت معنی‌دار، براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد).



شکل ۶. برهمکنش تنش خشکی و کود نیتروژن بر عملکرد علوفه سورگوم رقم پگاه و KFS₂ (حرف مشترک نشان‌دهنده نداشتن تفاوت معنی‌دار، براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد می‌باشد).

جدول ۲. نتایج تجزیه خاک محل انجام پژوهش

هدایت الکتریکی dSm ⁻¹	اسیدیته خاک	در صد ازت	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	کاتیون های محلول (meq/L)	در صد رس	در صد سیلت	در صد شن	بافت خاک
۲/۴۱	۷/۸	۰/۰۶	۴۳۶	۴/۶	۲۰ ۲۹ ۱۲/۵	۱۷/۴	۱۰/۶	۷۲	لوم-شنی

آزمایش، میزان نیتروژن اولیه خاک ۰/۰۶ درصد بود (جدول ۲) که درصد پایینی بود و تغییر محسوسی در تفاوت تیمارها ایجاد نکرد و شاید بتوان نتیجه گرفت که سطح ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار، بهترین تیمار کودی برای هر دو رقم سورگوم مورد آزمایش در این پژوهش، در شرایط آبیاری معمول بوده است.

از طرف دیگر بر اساس نتایج مشخص شد که در شرایطی که گیاهان دچار تنش رطوبتی شدند، با افزایش مصرف کود نیتروژن، اثر تنش خشکی تا حدی تعدیل می‌شود و ممکن است این موضوع در ارتباط با گسترش بیشتر سیستم ریشه‌ای در این شرایط و استفاده کاراتر گیاه از رطوبت موجود در خاک باشد که مورد توجه بسیاری از پژوهشگران نیز قرار گرفته است. رقم پگاه، در مجموع نسبت به رقم KFS_۰، برتری عملکردی داشت. همچنین بر اساس نتایج مشخص گردید که رقم پگاه، وزن ساقه و رقم KFS_۰، درصد برگ بیشتری داشتند. بنابراین، اگر هدف از زراعت سورگوم تولید علوفه تر به منظور سیلو کردن باشد، می‌توان رقم پگاه را پیشنهاد کرد، زیرا عملکرد علوفه بالاتری تولید می‌کند و مقرون به صرفه‌تر خواهد بود. لیکن، اگر تولید علوفه خشک مدنظر باشد، برتری با رقم KFS_۰ است که برگ بیشتری تولید می‌کند و خوشخوراک‌تر است، هر چند عملکرد آن از رقم پگاه کمتر می‌باشد.

ذکر است که عملکرد علوفه رقم پگاه در تمامی تیمارها به طور معنی‌داری بیشتر از رقم KFS_۰ بود که علت آن می‌تواند، تولید ساقه بیشتر در رقم پگاه باشد.

در شرایط تنش خشکی (۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه)، افزایش مصرف کود نیتروژن تا ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار، موجب بهبود عملکرد علوفه، در هر دو رقم سورگوم، در مقایسه با سطوح پایین‌تر کود شد (شکل ۶). علت این امر را احتمالاً می‌توان به جذب بیشتر نیتروژن و تولید بیوماس بیشتر، به علت نقش نیتروژن در تحریک رشد رویشی نسبت داد. در ضمن کمترین عملکرد علوفه، از تیمار ۵۰ درصد آبیاری و ۱۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار، در رقم KFS_۰ به دست آمد (شکل ۶).

نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر، نشان داد که افزایش همزمان رطوبت و نیتروژن خاک، تأثیر بسزایی در افزایش تولید علوفه در سورگوم علوفه‌ای داشت و بیشترین علوفه تولیدی مربوط به تیمارهای آبیاری کامل و مصرف ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار، بود. بنابراین، میزان کود نیتروژن مورد نیاز برای تولید علوفه سورگوم، در شرایط آگروکلیماتیک مشابه با این پژوهش، ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد و مقادیر بیش از آن احتمالاً می‌تواند باعث جذب تجملی (Luxury uptake) و مصرف لوکس آن در گیاه گردد. البته در این رابطه باید همواره میزان نیتروژن اولیه خاک را نیز مورد توجه قرار داد. در این

منابع مورد استفاده

- Boquet, D. J., R. L. Hutchinson and G. A. Breitenbeck. 2004. Long- term tillage, cover crop and nitrogen rate effects on cotton yield and fiber properties. *Agronomy Journal* 96: 1436-1442.
- Boromandan, P. and J. Moatamedi. 2007. Forage Cereals. Razi University Press., Kermanshah, Iran. (In Farsi).
- Emam, Y. 2007. Cereal Production. 3rd ed., Shiraz University Press., Shiraz, Iran. (In Farsi).
- FAO. 2009. Food and agriculture organization of the United Nations. Quarterly bulletin of statistics. Rome, Italy.
- Fiel, B., R. Thiraporn and P. Stamp. 1993. *In vitro* nitrate reductase activity of laboratory- grown seedling as an indirect selection criterion for maize. *Crop Science* 33: 1280-1286.
- Fouman Ajirlou, A. 2005. Investigation of the effect of plant density on different characteristics of promising forage sorghum cultivars. *Seed and Plant* 21: 49-64.
- George, C. and J. Fahey. 1994. Forage Quality, Evaluation, and Utilization. Madison, Wis, USA.
- Habyarimana, E., P. Bonardi, D. Laureti, V. Di Bari, S. Cosentino and C. Lorenzoni. 2004. Multilocal evaluation of biomass sorghum hybrids under two stand densities and variable water supply in Italy. *Industrial Crops and Products* 20: 3-9.

9. Hay, R. K. M. and A. J. Walker. 2012. An Introduction to the Physiology of Crop Yield. Translated by Emam. 3rd ed., Shiraz Univ. Press., Shiraz, Iran. (In Farsi).
10. Howell, T. A., J. A. Tolk, S. R. Evett, K. S. Copeland and D. A. Dusek. 2007. Evapotranspiration of deficit irrigated sorghum. World Environmental and Water Resources Congress, ASCE.
11. Ismail, A. M. and A. H. Ali. 1986. Effect of nitrogen rates and time of application on some morphological characters and yield of grain sorghum. *Science Research* 4(2): 449-459.
12. Lafitte, H. R. and R. S. Loomis. 1988. Growth and composition of grain sorghum with limited nitrogen. *Agronomy Journal* 80: 492-498.
13. Liu, H. P., B. J. Yu., W. H. Zhang and Y.L. Liu. 2005. Effect of osmotic stress on the activity of Ht ATPase and the levels of covalently and non-covalently conjugated polyamines in plasma membrane preparation from wheat seedling roots. *Plant Science* 168: 1599-1607.
14. Maghtouli, M., M. R. Chaichie and V. GH. Hadadchi. 2001. Effect of nitrogen fertilizer and water stress at different growth stages on the amount of acid procik and forage quality of sorghum. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 8(1):103-114. (In Farsi).
15. Marsalis, M. A. 2006. Sorghum forage production in New Mexico. NMSTAT University, Guide A-332. 8 p.
16. Mirlouhi, A., N. Bozorgvar and M. Basiri. 2000. Effects of different amounts of nitrogen fertilizer on growth, yield and silage quality of three hybrid forage sorghum. 2000. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 4(2):105-115. (In Farsi).
17. Moaaveni, P. and V.Y. Heidari. 2004. Study of plant density and irrigation intervals on grain yield and some physiological traits in forage sorghum. *Iranian Journal of Crop Sciences* 4(6): 374-382. (In Farsi).
18. Mousavi, GH., M. J. Mirhadi, A. Siadat, GH. N.R. Mohamadi and F. Darvish. 2009. Effect of water stress and nitrogen fertilizer on yield and water use efficiency of sorghum and forage millet. *Journal of New Agricultural Science* 15(5):101-113. (In Farsi).
19. Olson, R. A., W. R. Ranu, Y. S. Chun and P. J. Skopp. 1986. Nitrogen management and interseeding effects on irrigated corn and sorghum on soil strength. *Agronomy Journal* 78: 856-862.
20. Rahnema, A., SH. Absalan and M. A. Makvandi. 2008. Effect of irrigation deficient on yield and components of three cultivars of forage sorghum. *Journal of Research in Agronomy Science* 1(2):11-22. (In Farsi).
21. Razmi, N. and M. Chasemi. 2007. Effect of different irrigation regimes on growth, grain yield and its components of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cultivars under Isfahan conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences* 9 (2):169-183. (In Farsi).
22. Richards, R. A. 2004. Physiological traits used in the breeding of new cultivars for water scarce environments. In "New directions for a diverse planet". Proceedings of the 4th International Crop Sciences Congress. 26 Sep. to 1 Oct. 2004. Brisbane, Australia. Published on CD-ROM. Web site: [http:// www.cropsceince.org](http://www.cropsceince.org).
23. Rust, S. R., H. D. Ritchie, O. B. Hesterman and J. J. Kells. 1988. Annual sum forage production in Michigan. Cooperation Extension Service, Michigan University Extension Bulletin. E-2126.
24. Torabinejad, N. M., M. R. Chaichi and S. Sharifi. 2002. Effect of nitrogen level on yield and yield components of three forage sorghum cultivars in Gorgan. *Journal of Agriculture Science Natural Resource* 9(2):20-220. (In Farsi).
25. Valad Abadi, A., D. Mazaheri, GH. Noormohammadi and A. Dezfouli. 2000. Performance of the effect of drought stress on quality and quantitative characters of corn, sorghum and millet. *Iranian Journal of Crop Sciences* 2(1): 39-47. (In Farsi).
26. Viets, F.G. 1965. The Plants Need and Use of Nitrogen. Amer. Soc. Agron. Inc., USA. 549 p.