مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۲۹، شماره ۴، سال ۱۳۹۲

اثر سطوح مختلف نیتروژن بر روی رشد، عملکرد و تولید اتانول گیاهی ژنوتیپ های سورگوم شیرین [*Sorghum bicolor* (L.). Moench]

Effect of Different Nitrogen Levels on Growth, Productivity and Bio-Ethanol Production of Sweet Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.). Moench] Genotypes

خالد میری

استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی بلوچستان، ایرانشهر

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۰/۵

چکیده

میری، خ. ۱۳۹۲. اثر سطوح مختلف نیتروژن بر روی رشد، عملکرد و تولید اتانول گیاهی ژنوتیپ های سورگوم شیرین [*Sorghum bicolor* (L.). Moench]. **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۲۹ (۴):** ۵۵۱ - ۵۳۹.

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن بر روی خصوصیات رشد، زیست توده، عملکرد دانه، عملکرد قند قابل تخمیر و عملکرد اتانول گیاهی ژنوتیپ‌های مختلف سورگوم این پژوهش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه دانشکده زراعت موسسه تحقیقات کشاورزی هندوستان واقع در دهلی نو انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل دو عامل الف) نیتروژن در ۴ سطح (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص) در کرت‌های اصلی و ب) ژنوتیپ‌های سورگوم شیرین شامل واریته‌های SSV 84، RSSV 9 و هیبرید CSH 22 SS در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد اثر سطوح مختلف نیتروژن و ژنوتیپ‌های سورگوم شیرین بر ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، عملکرد ماده خشک، عملکرد علوفه، عملکرد عصاره ساقه، درصد بریکس، قند قابل تخمیر و اتانول گیاهی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بالاترین مقادیر صفات مذکور با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد. از بین ژنوتیپ‌های سورگوم مورد بررسی هیبرید CSH 22 SS بیشترین عملکرد ماده تر، عملکرد ماده خشک، عملکرد دانه و عملکرد علوفه را با میانگین به ترتیب ۹۸/۷۱، ۲۴/۶۴، ۲/۴۸، ۱۶/۸۴ تن در هکتار تولید کرد. ضمن اینکه بیشترین عملکرد عصاره ساقه، عملکرد قند قابل تخمیر و عملکرد اتانول گیاهی به ترتیب با میانگین‌های ۴۹/۹۹ و ۴/۵۹ و ۲/۶۱ کیلولیتر در هکتار نیز مربوط به هیبرید CSH 22 SS بود. برتری پارامترهای رشد نظیر ارتفاع گیاه و شاخص سطح برگ در هیبرید CSH 22 SS نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل نیتروژن × ژنوتیپ برای تمام صفات مورد بررسی، بجز در صد بریکس، معنی‌دار بود. هیبرید CSH 22 SS به طور معنی‌داری نسبت به مصرف نیتروژن تا سطح ۱۵۰کیلوگرم در هکتار واکنش مثبت نشان داد، در حالی که در مورد واریته‌های RSSV 9 و SSV 84 این اثرپذیری مثبت تنها تا سطح ۱۰۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار معنی‌دار بود. با توجه به نتایج حاصل از این بررسی، مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و استفاده ازهیبرید CSH 22 SS به منظور بهبود رشد و افزایش عملکرد اتانول گیاهی، دانه و علوفه سورگوم شیرین برترین تیمار بود و برای منطقه موردنظر توصیه شد.

واژه‌های کلیدی: سورگوم شیرین، درصد بریکس، عملکرد ماده خشک، ارتفاع گیاه و عملکرد دانه

آدرس الکترونیکی نگارنده مسئول: kh_miri2003@yahoo.com

مقدمه

سورگوم شیرین تنها گیاهی است که قابلیت تولید دانه و علوفه را بطور همزمان دارد. از آن می‌توان به منظور تولید قند، اتانول گیاهی، علوفه، سوخت، ساخت کاغذ و غیره استفاده نمود. عصاره ساقه آن حاوی مقادیر زیادی از قندهای ساکارز، گلوکز و فروکتوز است که به راحتی قابل تبدیل به اتانول می‌باشد (Spois *et al*., 2009).

سورگوم شیرین به عنوان یک گیاه سودمند مولد انرژی محسوب می‌شود که در آینده نزدیک اتانول تولید شده از آن می‌تواند جایگزین مناسبی برای سوخت‌های فسیلی باشد (Ratnavathi *et al*., 2010). از جمله مزایای مهم سورگوم شیرین می‌توان عملکرد بالای اتانول گیاهی، سازگاری وسیع نسبت به شرایط اقلیمی و خاکی متفاوت (Ratnavathi *et al*., 2010)، رشد سریع، زودرسی و کارایی بالای مصرف آب و مواد غذایی را نام برد (Reddy *et al*., 2006). واریته‌های سورگوم شیرین از نظر کیفیت و نیز سازگاری نسبت به شرایط خاک وآب و هوایی مختلف به شدت با یکدیگر تفاوت دارند. واریته‌هایی که قادر به تولید عملکرد ساقه بیشتر در واحد سطح، خوابیدگی کمتر و میزان عصاره و نیز درصد قند بیشتر در عصاره، تحمل بیشتر نسبت به شرایط خشکی و مقاومت به آفات و بیماری‌ها هستند، به جهت تولید اتانول گیاهی و نیز دانه مناسبتر می‌باشند.

نیتروژن مهمترین عنصری است که کمبود آن رشد و نمو گیاهان زراعی را تحت تاثیر قرار می‌دهد و به میزان بیشتری نسبت به سایر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه می‌باشد. نیتروژن نقش بسیار مهمی در رشد و توسعه‌ی سورگوم ایفا می‌نماید. مصرف زیادی کود نیتروژن باعث کاهش عملکرد کمی و کیفی محصول سورگوم می‌شود (Parkish Lama Tamang, 2010). قیمت منابع کودی این عناصر در حال افزایش است، در حالی که استفاده نامناسب از آن موجب آلودگی هوا و باعث تشدید پدیده گرم شدن کره زمین می‌شود. توصیه‌های کودی نیتروژن به عملکرد قابل پیش‌بینی، بافت خاک، ارقام و تناوب زراعی بستگی دارد (Amal *et al*., 2007). میزان مناسب نیتروژن وقتی که با سایر نهاده‌ها ترکیب گردد، نقش مهمی در عملکرد کمی کیفی سورگوم شیرین خواهد داشت.

این پژوهش در همین راستا و به منظور بررسی و تعیین مناسبترین ژنوتیپ سورگوم شیرین و نیز مناسبترین توصیه کودی نیتروژن جهت افزایش عملکرد اتانول گیاهی، دانه و علوفه در شرایط اقلیمی دهلی نو هندوستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی اثر نیتروژن بر رشد، عملکرد علوفه، دانه و اتانول گیاهی ژنوتیپ‌های سورگوم شیرین به صورت طرح

کرتهای خرد شده در قالب بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار در محل مزرعه دانشکده زراعت، مؤسسه تحقیقات کشاورزی هند در دهلی نو در سالهای ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ انجام شد.

عوامل مورد بررسی شامل الف) چهار سطح نیتروژن (۰،۵۰ ، ۱۰۰و ۱۵۰کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره) و ب) سه ژنوتیپ سورگوم شیرین (واریته‌های SSV 84، RSSV 9 و هیبرید CSH 22 SS) بودند که عامل نیتروژن در کرتهای اصلی و ژنوتیپ‌های سورگوم شیرین در کرتهای فرعی قرار گرفتند.

واریته‌های RSSV 9 و SSV 84 از واریته‌های تجارتی و پر محصول سورگوم شیرین به منظور تولید اتانول گیاهی، علوفه و دانه معرفی شده توسط مرکز تحقیقات سورگوم واقع در حیدرآباد هندوستان جهت کشت در اکثر مناطق سورگوم‌خیز هندوستان بخصوص مناطق جنوبی می‌باشند. CSH 22 SS اولین هیبرید سورگوم شیرین حاصل از تلاقی ژنوتیپ‌های SSV 84 × ICSA 38 و تولید شده توسط مرکز تحقیقات سورگوم کشور هندوستان است که به دلیل عملکرد بالای اتانول گیاهی، علوفه و نیز دانه در اکثر مناطق جنوبی هندوستان کشت می‌گردد (Raghanvendra Rao and Elangoran, 2005).

بافت خاک مزرعه آزمایشی شنی لومی با pH برابر ۷/۸۲ ومقادیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل دسترس به ترتیب ۱۷۸، ۱۳/۶، و ۲۱۸ کیلوگرم در هکتار و میزان کربن ۰/۳۶ درصد بود. مقادیر توصیه شده کودهای فسفر و پتاسیم به ترتیب میزان ۶۰ کیلوگرم در هکتار فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات پتاسیم و نصف کود نیتروژن در مرحله آماده‌سازی زمین و باقیمانده کود نیتروژن در دو مرحله ۸-۷ برگی و اوایل خوشه‌دهی به صورت سرک در اختیار گیاه قرار داده شد.

تاریخ کاشت گیاه در هر سال ۱۵ تیر و هر کرت فرعی شامل ۶ خط کاشت به فاصله ۶۰ سانتیمتر و فاصله گیاه روی ردیف ۲۰ سانتیمتر بود. علف کش قبل از کاشت آترازین به میزان ۱/۵ در هزار در دو مرحله جهت کنترل علف‌های هرز استفاده شد. به منظور جلوگیری خسارت کرم ساقه‌خوار از حشره‌کش تیودان نیز در دو مرحله استفاده گردید. درسال اول پنج مرحله آبیاری و در سال دوم سه مرحله آبیاری صورت گرفت.

به منظور اندازه‌گیری خصوصیات رشد گیاه شامل ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ و عملکرد ماده خشک گیاه، نمونه‌برداری از هر پلات در چهار مرحله ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز بعد از کاشت و مرحله رسیدگی فیزیولوژیک ۵ گیاه به صورت تصادفی از سطح زمین برداشت گردید. جهت اندازه‌گیری سطح برگ گیاه از دستگاه سطح برگ سنج مدل USA، NEBARASKA 21CORSNC، TLI 3100 استفاده گردید.

به منظور محاسبه زیست توده، عملکرد

عصاره، قند قابل تخمیر و اتانول گیاهی، از هر پلات ۱۰ ساقه سورگوم شیرین به طور تصادفی در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک برداشت شدند و بلافاصله بعد از برداشت برگ آنها جدا شد و با استفاده از دستگاه سه نواره استخراج قند، عصاره آن‌ها استخراج گردید.

درصد بریکس در عصاره ساقه بوسیله دستگاه دیجیتالی اندازه‌گیری قند (Refractometer, Model HI 96801) اندازه‌گیری شد. سپس عملکرد قند قابل تخمیر و اتانول گیاهی مطابق فرمولهای زیر محاسبه گردید (Spencer and Meade, 1963):

عملکرد قند در ساقه (تن) = درصد بریکس × عملکرد عصاره در ساقه (کیلولیتر) × ۰/۸۵

$$\text{عملکرد اتانول در ساقه (کیلولیتردر هکتار)} = \frac{\text{درصد بریکس} \times \text{عملکرد عصاره در ساقه (کیلولیتر)} \times ۰/۸۵}{۱۰۰ \times ۱/۷۶}$$

که در فرمول فوق هر کیلولیتر معادل هزار لیتر و ۱/۷۶ ضریب تبدیل قند به اتانول است، یعنی به ازای هر ۱/۷۶ کیلوگرم قند، ۱ لیتر اتانول تولید می‌شود (Spencer and Meade, 1963).

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارآماری Mstat-c و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

پارامترهای رشد

تجزیه واریانس داده‌های دو ساله آزمایش نشان داد که اثر سطوح مختلف نیتروژن بر روی ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حداکثر ارتفاع گیاه (۲۲۳ سانتیمتر)، شاخص سطح برگ (۴/۹۶) و عملکرد ماده خشک کل (۲۴/۶۵ تن در هکتار) بدست آمد (شکل‌های ۱، ۲ و ۳). شاخص سطح برگ تا مرحله ۹۰ روز بعد از کاشت افزایش یافت ولی بعد از آن سیر نزولی را طی نمود، در حالیکه روند صعودی ارتفاع گیاه تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک ادامه داشت (شکل ۱ و ۲).

حداکثر تجمع ماده خشک تا مرحله ۱۲۰ روز بعد از کاشت مشاهده گردید و پس از آن به تدریج کاهش یافت. واکنش مثبت شاخص‌های رشد نسبت به مصرف نیتروژن می‌تواند در اثر نقش مهم نیتروژن در رشد و نمو سورگوم باشد. پریکشیا لاماتامانگ (Parikshya Lama Tamang, 2010) اظهار نمود که نیتروژن نقش مهمی در توسعه و رشد سورگوم دارد. افزایش ارتفاع گیاه سورگوم در اثرنیتروژن به دو دلیل عمده افزایش در تعداد

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب برای صفات زراعی و عملکرد سورگوم شیرین

Table 1. Combined analysis of variance for agronomic traits and yield of sweet sorghum

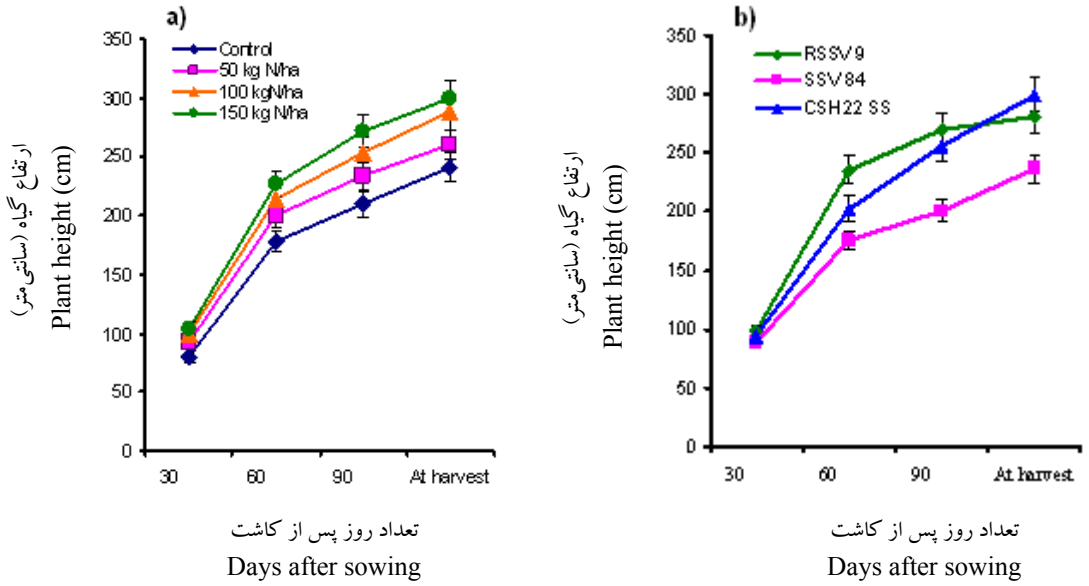
S.O.V.	منبع تغییر	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	شاخص سطح برگ Leaf area index	عملکرد ماده خشک Total dry matter	عملکرد علوفه Fodder yield	عملکرد زیست توده تازه Fresh biomass yield	عملکرد عصاره ساقه Juice yield	درصد بریکس Brix (%)	عملکرد قند قابل تخمیر Fermentable sugar yield	عملکرد اتانول Ethanol yield	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield
Year (Y)	سال	1	5050.125^{ns}	0.173^{ns}	11.327^{ns}	9.872^{ns}	5919.627^{ns}	23.484^{ns}	2.461^{ns}	0.092^{ns}	0.029^{ns}	0.051^{ns}	10.936^{ns}
Replication/Y	تکرار/سال	4	6162.278	4.752	215.116	64.658	7169.900	365.731	3.667	10.163	3.286	0.375	164.723
Nitrogen (N)	نیتروژن	3	12978.903**	3.078**	197.902**	529.207**	2916.879**	563.209**	1.458**	14.632**	4.722**	7.354**	199.041**
Y × N	سال × نیتروژن	3	63.421^{ns}	0.001^{ns}	3.761^{ns}	5.433^{ns}	46.657^{ns}	0.538**	0.121^{ns}	0.006^{ns}	0.002^{ns}	0.012^{ns}	0.092^{ns}
Error a	خطای الف	12	178.926	0.033	3.080	21.210	50.493	7.037	0.096	0.212	0.068	0.007	1.728
Genotype (G)	ژنوتیپ	2	25284.389**	5.450**	538.111**	351.019**	4294.587**	1485.581**	6.614**	35.122**	11.350**	4.188**	422.647**
Y × G	سال × ژنوتیپ	2	222.167^{ns}	0.001^{ns}	0.482^{ns}	7.535^{ns}	1280.819**	0.799^{ns}	0.998**	0.113^{ns}	0.036^{ns}	0.003	0.495^{ns}
N × G	نیتروژن× ژنوتیپ	6	312.611^{ns}	0.036^{ns}	8.147^{ns}	61.353*	127.263^{ns}	70.996**	0.069^{ns}	1.719**	0.555**	0.247**	13.146**
Y × N × G	سال × نیتروژن × ژنوتیپ	6	75.796^{ns}	0.002^{ns}	3.946^{ns}	5.995^{ns}	78.417^{ns}	0.264^{ns}	0.049^{ns}	0.028^{ns}	0.009^{ns}	0.003^{ns}	0.305^{ns}
Error b	خطای ب	32	215.806	0.040	4.711	143.889	189.425	8.865	0.099	0.239	0.077	0.006	1.493
C.V. (%)	درصد ضریب تغییرات		5.57	5.16	9.47	15.25	16.48	13.60	1.73	14.38	14.32	3.89	6.07

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪.

ns: غیر معنی‌دار.

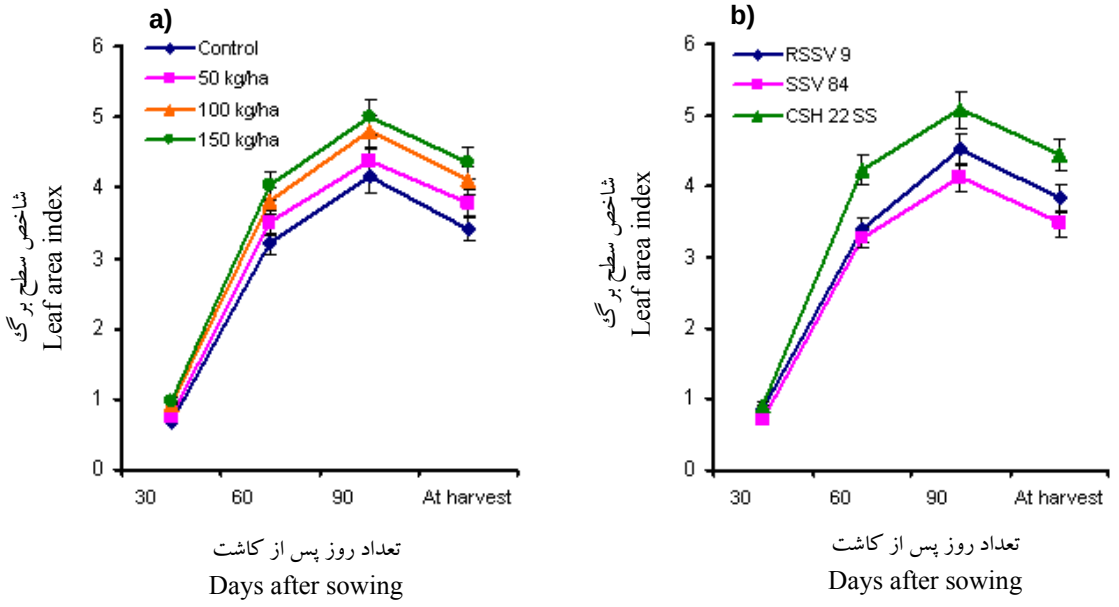
.* and ** : Significant at the 5% and 1% levels of probability, respectively .

ns: Not- Significant.



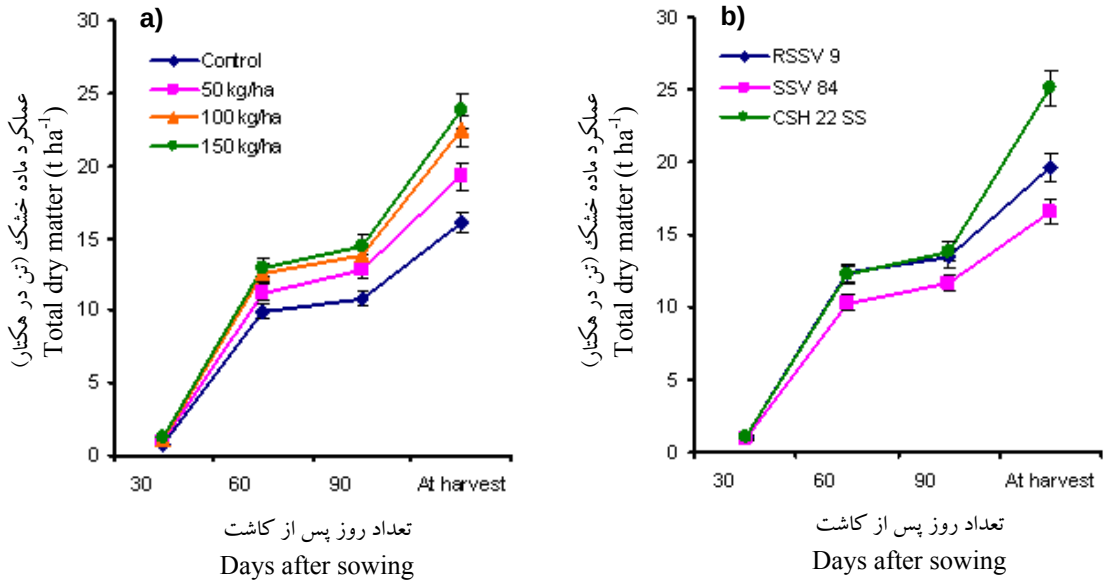
شکل ۱- ارتفاع گیاه سورگوم شیرین تحت تاثیر سطوح مختلف نیتروژن (a) و ژنوتیپ (b) در مراحل مختلف رشد

Fig. 1. Plant height of sweet sorghum as affected by different levels of nitrogen (a) and genotype (b) in different growth stages



شکل ۲- شاخص سطح برگ سورگوم شیرین تحت تاثیر سطوح مختلف نیتروژن (a) و ژنوتیپ (b) در مراحل مختلف رشد

Fig. 2. Leafarea index of sweet sorghum as affect by different levels of nitrogen (a) and genotype (b) in different growth stages



شکل ۳- عملکرد ماده خشک کل سورگوم شیرین تحت تاثیر سطوح مختلف نیتروژن (a) و ژنو تیپ (b) در مراحل مختلف رشد

Fig. 3.Total dry matter yield of sweet sorghum as affected by different levels of nitrogen (a) and genotype (b) in different growth stages

گره‌ها و یا افزایش فاصله میانگره‌ها باشد که در این تحقیق دلیل اصلی افزایش ارتفاع گیاه در اثر نیتروژن افزایش در فاصله میانگره‌ها بود. افزایش در ارتفاع گیاه سورگوم در اثر نیتروژن توسط امل و همکاران (Amal *et al.*, 2007) نیز گزارش شده است.

افزایش در شاخص سطح برگ تنها تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار معنی‌دار بود که دلیل آن می‌تواند عدم دسترسی گیاه به نور کافی در اثر افزایش رشد رویشی زیاد با افزایش میزان مصرف نیتروژن باشد. افزایش شاخص سطح برگ در اثر مصرف نیتروژن توسط محققان زیادی نظیر امل و همکاران (Amal *et al.*, 2007) و کمار و همکاران (Kumar *et al.*, 2008) گزارش شده است.

عملکرد ماده خشک کل نیز با افزایش مصرف نیتروژن سیر صعودی را نشان داد که موید اثر مثبت نیتروزن روی افزایش وزن خشک گیاه شامل وزن خشک ساقه و برگ می‌باشد. نتایج این پژوهش با نتایج نمت و همکاران (Nemeth *et al.*, 2009) و کمار و همکاران (Kumar *et al.*, 2008) مطابقت دارد.

از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی هیبرید CSH 22 SS از ارتفاع گیاه (۲۷۱ سانتیمتر)، شاخص سطح برگ (۵/۰۸) و عملکرد ماده خشک (۲۵/۰۶ تن در هکتار) بیشتری نسبت به واریته‌های SSV 84 و RSSV 9 برخوردار بود. دلیل این برتری توانایی ژنتیکی هیبرید و نیز

سازگاری بهتر آن نسبت به شرایط محیطی مورد مطالعه نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر می‌باشد. نتایج حاصل از بررسی‌های پروفیتر و همکاران (Propheter *et al*., 2010) و ووا و همکاران (Wua *et al*., 2010) نیز این یافته‌ها را تائید می‌کنند.

عملکرد دانه، علوفه و بیولوژیک

نتایج نشان داد که اثر سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد دانه سورگوم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). حداکثر عملکرد دانه با میانگین ۲/۶ تن در هکتار با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آمد (جدول ۲). دلیل اصلی افزایش در عملکرد دانه با مصرف نیتروژن، افزایش تولید زیست توده، بهبود شاخص برداشت و نیز سایر اجزای عملکرد بود. اثر مثبت نیتروژن بر روی عملکرد دانه و اجزای عملکرد آن توسط محققان بسیاری مانند بوا و مواینکارا (Buah and Mwinkara, 2009) و هاگر و همکاران (Huger *et al*., 2010) گزارش شده است.

تفاوت معنی‌داری بین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف سورگوم شیرین نیز مشاهده گردید و با مقایسه میانگین داده‌ها مشخص شد که هیبرید CSH 22 SS با میانگین عملکرد دانه ۲/۴۸ تن در هکتار بیشترین عملکرد را داشت و واریته‌های RSSV 9 و CSH 22 SS به ترتیب با میانگین عملکردهای دانه ۱/۹۲ و۱/۶۷ تن در هکتار در رده‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۲). عملکرد علوفه و بیولوژیک سورگوم شیرین نیز تحت تاثیر نیتروژن تا سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار افزایش نشان داد که باعث افزایش ۵۰ و ۳۸ درصدی به ترتیب عملکرد علوفه و بیولوژیک سورگوم شیرین نسبت به عدم مصرف کود نیتروژن گردید (جدول ۲).

ژنوتیپ‌های سورگوم شیرین نیز از نظر عملکرد علوفه و بیولوژیک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشتند و هیبرید CSH 22 SS با ۴۶ و ۵۰ درصد افزایش به ترتیب در عملکرد علوفه و بیولوژیک نسبت به شاهد نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتر بود (جدول ۲). تغییرات در عملکرد دانه، علوفه و بیولوژیک ژنوتیپ‌های مختلف سورگوم شیرین توسط بلومل و همکاران (Blumel *et al*., 2009) و دلکی و همکاران (Delcay *et al*., 2010) اظهار شده است.

عملکرد و اجزای عملکرد اتانول گیاهی

مصرف نیتروژن تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به طور معنی‌داری زیست توده ، عملکرد عصاره ساقه، عملکرد قند قابل تخمیر و عملکرد اتانول گیاهی را افزایش داد که میزان افزایش ۶۷/۴، ۸۰/۲ و ۸۰/۵ درصد به ترتیب در عملکرد زیست توده، عملکرد عصاره، عملکرد قند قابل تخمیر و عملکرد اتانول گیاهی در اثر مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن نسبت به شاهد مشاهده گردید (جدول ۲). حداکثر زیست

جدول ۲- اثر سطوح مختلف نیتروژن و ژنوتیپ بر **عملکرد و برخی صفات زراعی مختلف** سورگوم شیرین

Table 1. Effect of different nitrogen levels and genotype on yield and some agronomic traits of sweet sorghum

	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (t ha^{-1})	عملکرد علوفه (تن در هکتار) Fodder yield (t ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) Biological yield (t ha^{-1})	عملکرد زیست توده (تن در هکتار) Fresh biomass yield (t ha^{-1})	عملکرد عصاره ساقه (کیلولیتر در هکتار) Juice yield (kl ha^{-1})	عملکرد قند قابل تخمیر (تن در هکتار) Fermentable sugar yield (t ha^{-1})	درصد بریکس Brix (%)	عملکرد اتانول (کیلولیتر در هکتار) Ethanol yield (kl ha^{-1})
	Nitrogen levels (kg ha^{-1}) میزان نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)							
0	1.21d	9.93c	15.92d	67.79c	15.81d	2.40d	17.82a	1.37d
50	1.85c	12.90b	19.13c	78.61b	18.74c	2.89c	18.14b	1.65c
100	2.35b	14.97a	22.0b	92.76a	25.10b	3.96b	18.52a	2.25b
150	2.68a	15.64a	23.44a	94.89a	27.94a	4.34a	18.21b	2.46a
	Genotype ژنوتیپ							
RSSV 9	1.92b	13.36b	19.38b	78.34b	21.42b	3.43c	18.8a	1.95b
SSV 84	1.67c	11.51c	16.34c	73.50b	14.28c	2.17b	17.8b	1.23c
CSH 22 SS	2.48a	16.84a	24.64a	98.71a	29.99a	4.59a	17.9b	2.61a

میانگین هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, in each column and for each factor, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probably level- using Duncan's Multiple Range Test.

توده، عصاره ساقه، عملکرد قند قابل تخمیر و عملکرد اتانول گیاهی به ترتیب با میانگین‌های ۹۴/۸۹ و ۲۷/۹۴ تن در هکتار و ۴/۳۴ و ۲/۴۶ کیلولیتر در هکتار با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آمد (جدول ۲).

در حالیکه افزایش میزان بریکس در اثر مصرف نیتروژن تنها تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار معنی‌دار بود. فولسن و سرنسانگون (Pholsen and Sornsungnoen, 2004) اظهار نمودند که مصرف نیتروژن اغلب باعث افزایش درصد بریکس می‌شود.

تغییرات در عملکرد اتانول گیاهی شاخص‌های رشد در اثر مصرف نیتروژن احتمالاً به دلیل نقش عمده نیتروژن در افزایش رشد و نمو و توسعه گیاه می‌باشد. نتایج این پژوهش با نتایج پورنیما و همکاران (Poornima *et al.*, 2008) و رتناواتی و همکاران (Ratnavathi *et al.*, 2010) نیز تطابق دارد. میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه سورگوم شیرین نیز تفاوت معنی‌داری به لحاظ عملکرد زیست توده، عملکرد عصاره، عملکرد قند قابل تخمیر و عملکرد اتانول گیاهی وجود داشت و هیبرید CSH 22 SS و SSV 84 نشان داد، بجز درصد بریکس که در RSSV 9 بیشتر بود، از سایر ژنوتیپ‌ها برتر بود(جدول ۲).

بر اساس نتایج دو ساله داده‌ها هیبرید CSH 22 SS با ۴۷/۹، ۱۱۰/۵، ۱۱ و ۱۱۲/۲ درصد برتری به ترتیب از نظر زیست توده، عملکرد عصاره، عملکرد قند قابل تخمیر و عملکرد اتانول گیاهی نسبت به واریته SSV 84 داشت (جدول ۲). به نظر می‌رسد که تغییرات در رشد، جذب مواد فتوسنتزی که منجر به تجمع بیشتر ماده خشک بخصوص در ساقه ژنوتیپ‌های سورگوم شیرین گردید، باعث تغییرات در عملکرد اتانول گیاهی و اجزای آن شد. نتایج مشابهی توسط پروفیتر و همکاران (Propheter *et al.*, 2010) و ورتمن و همکاران (Wortmann *et al.*, 2010) گزارش شده است.

اثر متقابل سطوح مختلف نیتروژن × ژنوتیپ بر روی عملکرد زیست توده، عملکرد عصاره، عملکرد قند قابل تخمیر و اتانول گیاهی معنی‌دار بود (جدول ۱). هیبرید CSH 22 SS تا مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار واکنش مثبت نشان داد، در حالی که واکنش مثبت سایر واریته‌های سورگوم شیرین نسبت به نیتروژن تنها تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد که تفاوت پتانسیل ژنتیکی ژنوتیپ‌های مختلف سورگوم شیرین دلیل اصلی این تغییرات بود. نتایج این آزمایش کاملاً مشابه با نتایج ردی (Reddy, 2006) است که اظهار نمود هیبریدهای سورگوم شیرین واکنش بهتری به سطوح بالای نیتروژن در مقایسه با سایر واریته‌ها نشان می‌دهند.

بنابراین با توجه به نتایج حاصل ازاین

جدول ۳- اثر متقابل نیتروژن × ژنوتیپ بر **عملکرد و برخی صفات زراعی سورگوم شیرین**

Table 3. Nitrogen × genotype interaction effect on yield and some agronomic traits of sweet sorghum

نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen (kg ha^{-1})	ژنوتیپ Genotype	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (t ha^{-1})	عملکرد علوفه (تن در هکتار) Fodder yield (t ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) Biological yield (t ha^{-1})	عملکرد زیست توده (تن در هکتار) Fresh biomass yield (t ha^{-1})	عملکرد عصاره ساقه (کیلولیتر در هکتار) Juice yield (kl ha^{-1})	عملکرد قند قابل تخمیر (تن در هکتار) Fermentable sugar yield (t ha^{-1})	درصد بریکس Brix (%)	عملکرد اتانول (کیلولیتر در هکتار) Ethanol yield (kl ha^{-1})
0	RSSSV 9	1.18i	9.34ef	16.00e	65.24de	17.16de	2.68ef	18.34cd	1.52cd
	SSV 84	1.06j	8.76f	13.26f	60.62e	10.62g	1.59h	17.60fg	0.91e
	CSH 22 SS	1.40h	11.33def	18.50d	77.53bcde	19.66d	2.94e	17.53g	1.67c
50	RSSSV 9	1.79f	12.90bcd	18.55d	75.27bcde	18.58de	2.95e	18.67bc	1.68c
	SSV 84	1.54g	10.56def	16.06e	70.18cde	13.12fg	1.99g	17.84efg	1.32de
	CSH 22 SS	2.21d	14.86bc	22.77b	90.38b	24.51c	3.74d	17.91efg	2.13b
100	RSSSV 9	2.15d	14.96bc	20.69c	84.17bc	23.70c	3.89cd	19.29a	2.21b
	SSV 84	1.91e	12.62cde	17.25de	80.49bcd	15.56ef	2.39fg	18.09de	1.36cd
	CSH 22 SS	2.98b	20.40a	28.05a	113.6a	36.05b	5.59b	18.17de	3.17a
150	RSSSV 9	2.54c	15.64b	22.29b	88.66b	26.24c	4.20c	18.82b	2.38b
	SSV 84	2.15d	14.11bc	18.79d	82.72bcd	17.84de	2.71ef	17.85efg	1.54cd
	CSH 22 SS	3.33a	20.76a	29.24a	113.3a	39.76a	6.10a	17.96def	3.47a

میانگین هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probably level- using Duncan's Multiple Range Test

بررسی، مصرف ۱۵۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار و استفاده از هیبرید CSH 22 SS به منظور بهبود رشد و افزایش عملکرد اتانول گیاهی، دانه و علوفه سورگوم شیرین برترین تیمار بود و برای منطقه موردنظر توصیه شد.

References

Amal, G., Ahmed, N., Zaki, M., and Hassanein, M. S. 2007. Response of grain sorghum to different nitrogen sources. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 3(6): 1002-1008.

Balasubramanian, V., Raghauram, N., Abrol, Y. P., Sachdev, M. S., Pathak, H., and Singh, B. 2010. Reactive nitrogen: Good, Bad and Ugly. Comprehensive Status Report, SCON-ING, New Delhi. 52 pp.

Blummel, M., Rao, S. S., Palaniswami, S., Shah, L., Belum, V. S., and Reddy, A. 2009. Evaluation of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) used for bio-ethanol production in the context of optimizing whole plant utilization. Animal Nutrition and Feed Technology 9: 1-10.

Buah, S. S. J., and Mwinkaara, S. 2009. Response of sorghum to nitrogen fertilizer and plant density in the Guinea Savanna Zone. Journal of Agronomy 8(4): 124-130.

DeLacy, I. H., Kaul, S., Rana, R. A., and Cooper, M. 2010. Genotypic variation for grain and stover yield of dryland (*rabi*) sorghum in India. 2: A characterization of genotype × environment interactions. Field Crops Research 118: 236–242.

Hugar, A. Y., Jayadeva, H. M., Rangaswamy, B. R., Shivanna, S., and Handrappa, H. 2010. Assessing the effect of nitrogen and harvesting stages on yield and yield attributes of sweet sorghum genotypes. Agricultural Science Digest 30(2): 139-141.

Kumar, S. R., Shrotria, P. K., and Deshmukh, J. P. 2008. Characterizing of nutrient management effect on yield of sweet sorghum genotypes. World Journal of Agricultural Science 4: 787-789.

Morris, J. B. 1996. Production of sweet sorghum for syrup in Kentucky. University of Kentucky Cooperative Extension Service, Publication No. 122. 6 pp.

Nemeth, T. 2009. Effect of nutrient supply on nutrient uptake, dry matter accumulation and yield of sweet sorghum. Ph.D. Thesis. University of Debrecen. 23 pp.

Parikshya Lama Tamang, B. S. 2010. Nitrogen Fertilizer Requirements for Ethanol Production from Sweet and Photoperiod Sensitive Sorghums in the Texas Southern High Plains. M.Sc. Thesis. Texas Technology University, USA. 104 pp.

Pholsen, S., and Sornsungnoen, N. 2004. Effects of nitrogen and potassium rates and planting distances on growth, yield and fodder quality of a forage sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. Pakistan Journal Biology Science 7(10): 1793-1800.

Poornima, S., Geethalakshmi, V., and Leelamathi, R. M. 2008. Sowing dates and nitrogen levels on yield and juice quality of sweet sorghum. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 4: 651-654.

Propheter, J. L., Staggenborg, S. A., Wu, X., and Wang, D. 2010. Performance of annual and perennial biofuel crops: Yield during the first two years. Agronomy Journal 102: 806-814.

Raghavendra Rao, K. V., and Elangovan, M. 2005. Jowar Samachar. Quarterly Newsletter on Sorghum. DSR/ICAR, India. 32 pp.

Ratnavathi, C. V., Suresh, K., Vijay Kumar, B. S., Pallavi, M., Komala, V. V., and Seetharama, N. 2010. Study on genotypic variation for ethanol production from sweet sorghum juice. Biomass and Bioenergy 34: 947-952.

Reddy, S. G. 2006. Studies on production potential of sweet sorghum genotypes for grain and ethanol production as influenced by management practices. Ph.D Thesis. University of Agricultural Sciences, Dharwad, India. 197 pp.

Sipos, B., Reczey, J., Somorai, Z., Kadar, Z., Dienes, D., and Reczey, K. 2009. Sweet sorghum as feedstock for ethanol production: enzymatic hydrolysis of steam-pretreated bagasse. Appllied Biochemistry and Biotechnology 1: 151-62.

Spencer, E. F., and Meade, G. P. 1963. Cane Sugar Hand Book. 9th edition. John Willey and Sons. New York USA. 646 pp.

Wortmann, C. S., Liska, A. J., Ferguson, R. B., Lyon, D. J., Klein, R. N., and Dweikat, I. 2010. Dryland performance of sweet sorghum and grain crops for biofuel in Nebraska. Agronomy Journal 102: 319-326.

Wua, X., Staggenborgb, S., Johathan, L., William, P., Rooneyc, L., Jianming, Y., and Wanga, D. 2010. Features of sweet sorghum juice and their performance in ethanol fermentation. Indina Crops and Production 31: 164-170.