

اثر سطوح مختلف ازت بر روند رشد و کیفیت پروتئین در دانه سورگوم

محمد جواد میرهادی و علی مختصی بیدگلی

چکیده

برای بررسی تأثیر سطوح مختلف ازت بر روند رشد و کیفیت پروتئین در دانه سورگوم (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) دو آزمایش در سال ۱۳۸۲ در شهرستان پاکدشت تهران اجرا شد. در این دو آزمایش سورگوم دانه‌ای (رقم هیبرید H-726) با استفاده از روش آب‌کشت در شرایط گلخانه‌ای کشت و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار مطالعه شد. در آزمایش اول از محلول کشت استاندارد ازت (۸۸ پی‌پی‌ام) و در آزمایش دوم از محلول‌های کشت با سطوح مختلف ازت (۱۷/۵، ۴۴، ۸۸، ۲۲۰ و ۴۴۰ پی‌پی‌ام) استفاده شد. وزن تازه کل بوته و روند جذب ازت به طور خطی تا مرحله خمیری سخت افزایش و سپس کاهش یافت. جذب ازت در دو مرحله از دوران رشد رویشی و زایشی (یعنی چهار هفته قبل و بعد از مرحله خوشه رفتن) بیشترین مقدار بود. با افزایش مقدار ازت، وزن تازه، وزن خشک گیاه، عملکرد دانه، نشاسته خام کاهش و میزان ازت کل در کلیه قسمت‌های گیاه، جذب ازت توسط گیاه، پروتئین خام و پرولامین دانه افزایش یافت. در کلیه سطوح ازت مورد استفاده، نوع پروتئین عمده در دانه شامل گلوتلین و سپس پرولامین بود. تأثیر سطوح مختلف ازت بر درصد چربی خام و خاکستر خام دانه معنی‌دار نبود. بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین آلومین و گلوبولین و بین گلوتلین و کل پروتئین قابل استخراج ($r = 0/99$) و بیشترین همبستگی منفی و معنی‌دار بین میزان پروتئین خام و ماده خشک دانه ($r = -0/73$) بود.

واژه‌های کلیدی: آب‌کشت، ازت، پروتئین، سورگوم دانه‌ای، عملکرد، مراحل رشد و نمو

*

- استاد گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران - ایران

- کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران - ایران

مقدمه

- میزان آب‌شویی نیترات، به دلیل این‌که ازت در کمترین زمان در معرض فرآیندهای آب‌شویی قرار می‌گیرد کاهش می‌یابد.

- کارایی مصرف ازت به دلیل استفاده از آن بلافاصله قبل از دوره حداکثر جذب بهبود می‌یابد (۲۴).

بدین طریق نمو مناسب خوشه و پر شدن دانه و عملکرد دانه افزایش می‌یابد. به همین دلیل اطلاع از روند جذب ازت در مراحل مورفولوژیکی رشد گیاه، برای مدیریت مناسب استفاده از آن بسیار مهم است. با اطلاع از این روندها، یک تولیدکننده می‌تواند زمان مناسب استفاده از ازت را تعیین کند (۱۰).

پروتئین دانه یک عامل مهم تعیین کیفیت دانه و ارتباط با اقتصاد معرف ازت در غلات می‌باشد. میزان پروتئین دانه در رقم‌های مختلف سورگوم دانه‌ای بسیار متفاوت است (۴/۴ تا ۲۱/۱ درصد براساس ماده خشک) و شامل چهار نوع اصلی پروتئین اصلی یعنی آلبومین، گلوبولین، پرولامین و گلوتلین می‌باشد (۹، ۱۶ و ۱۸). پروتئین‌ها ترکیباتی هستند که از اسید آمینه‌های ضروری و غیرضروری ساخته شده‌اند (۳ و ۴). اسید آمینه لیزین با نام شیمیایی اسید آلفا اسیلون دی‌آمینو کاپرونیک یکی از انواع ضروری است (۴). میزان لیزین دانه سورگوم دانه‌ای کم و مقدار آن حدود ۳/۶۴-۱/۰۶ گرم در ۱۶ گرم ازت می‌باشد (۱۶). همبستگی میزان پروتئین و لیزین موجود در دانه سورگوم دانه‌ای منفی است (۲۱).

در بین غلات، سورگوم پنجمین غله مهم و یکی از مهمترین گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا محسوب می‌شود. این گیاه به دلیل سازگاری با شرایط خشک و زیاد بودن کارایی مصرف آب می‌تواند در مناطق کم آب تولید خوبی داشته باشد (۱). امروزه علاوه بر ارقام بومی متداول، کشت ارقام هیبرید پرمحصول سورگوم نیز در ایران رو به افزایش است. اگر با انجام تحقیقات به‌زراعی و به‌نژادی امکان بهره‌برداری بهینه از ظرفیت‌های ارزشمند این گیاه زراعی فراهم شود در کاهش مشکلات موجود در تغذیه دام و طیور و تأمین پروتئین حیوانی مورد نیاز جامعه مؤثر است (۱، ۲ و ۶). در سال‌های اخیر ارقام زیادی از سورگوم دانه‌ای توسط متخصصین اصلاح نبات معرفی شده است. ولی عملکرد این ارقام نیازمند مصرف زیاد نهاده‌های کشاورزی (نظیر کودهای معدنی، علف‌کش‌ها و قارچ‌کش‌های شیمیایی) می‌باشد که تمام این موارد منجر به افزایش هزینه تولید و خطر بیشتر آلودگی محیط زیست شده است (۱۳).

ازت مهمترین و پرمصرف‌ترین عنصر غذایی برای سورگوم می‌باشد. استفاده از ازت به میزان و در زمان مناسب به چند دلیل مفید است.

- رشد رویشی زیاد گیاه در اوایل فصل متعادل می‌شود. زیرا زیاد بودن رشد رویشی باعث افزایش مصرف روزانه آب و کاهش ذخیره آب در خاک می‌شود.

لذا هدف متخصصین اصلاح نبات برای بهبود اسید آمینه‌ها، تولید سورگوم دانه‌ای با پروتئین زیاد و پرولامین کم می‌باشد. ارتباط بین عملکرد سورگوم دانه‌ای و کود ازته مطالعه شده است و در خاک‌های چرنوزوم، افزایش عملکرد دانه به ازای هر کیلوگرم در هکتار ازت اضافی ۲۳ کیلوگرم بوده است (۲۳). افزایش عملکرد دانه سورگوم با مصرف کود ازته تا سطح ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار معنی‌دار است (۱۴). با افزایش مقدار ازت تا ۳۶۰ کیلوگرم در هکتار ماده خشک سورگوم بدون کاهش قابلیت هضم آلی تا چهار تن در هکتار و پروتئین تا ۱۸ درصد افزایش یافته است (۱۹). در یک تحقیق، بیشترین عملکرد دانه سورگوم دانه‌ای به ترتیب در مقادیر ۱۳۴، ۱۳۵ و ۱۰۶ کیلوگرم ازت در هکتار در مرحله هشت برگی حاصل شد (۱۱).

در شرایط مزرعه‌ای بررسی سطح مطلوب و مناسب‌ترین مرحله استفاده از ازت برای تأمین بیشترین عملکرد و پروتئین دانه مشکل است. لذا در این تحقیق روند رشد گیاه و جذب ازت و سطح مطلوب ازت برای تأمین بیشترین رشد، عملکرد دانه، میزان و کیفیت پروتئین دانه با روش آب‌کشت بررسی شد.

مواد و روشها

برای بررسی روند رشد گیاه سورگوم و جذب ازت و تعیین سطح مطلوب آن برای افزایش رشد، عملکرد دانه، میزان و کیفیت پروتئین دانه، دو آزمایش در سال ۱۳۸۲ در

شهرستان پاکدشت تهران (با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۴ دقیقه شرقی) اجرا شد. در این دو آزمایش سورگوم دانه‌ای (رقم هیبرید H-726) توسط دستگاه آب‌کشت معمولی مجهز به سیستم هوادهی تحت شرایط گلخانه‌ای رشد و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار مطالعه شد. در ۱۲ اردیبهشت ۱۳۸۲ بذور سورگوم دانه‌ای در شن‌های مرطوب کشت شد. سپس گیاهچه‌های حاصل در مرحله سه برگی در جعبه‌های پلاستیکی (۵۰ سانتی‌متر طول، ۴۰ سانتی‌متر عرض و ۳۰ سانتی‌متر عمق) محتوی ۴۰ لیتر محلول کشت نشاء شدند. هر لیتر آب موجود در جعبه‌ها حاوی ۲۵۰ میلی‌گرم NH_4NO_3 ، ۲۳۰ میلی‌گرم $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ، ۴۷/۵ میلی‌گرم KH_2PO_4 ، ۱۵۵ میلی‌گرم K_2SO_4 ، ۲۹۲/۵ میلی‌گرم $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ، ۲۴/۵ میلی‌گرم EDTA-Fe، ۰/۷۸ میلی‌گرم $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ، ۰/۱۱ میلی‌گرم $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ، ۱/۲۲ میلی‌گرم H_3BO_3 و ۰/۱۱ میلی‌گرم $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ بود. محلول کشت موجود در جعبه‌ها هر دو هفته یک نوبت تجدید (باقیمانده محلول قبلی دور ریخته شده و مجدداً با محلول جدید پر می‌شد) و pH آن به طور هفتگی با استفاده از NaOH در حدود شش تنظیم می‌شد. در ۱۵ تیر خوشه‌های بوته‌ها ظاهر شد و در ۲۶ مرداد برداشت انجام شد.

در آزمایش اول که برای بررسی روند رشد گیاه و جذب ازت انجام شد، از محلول کشت

دانه بدون چربی با استفاده از روش اصلاح شده کلدال تعیین شد (۵ و ۱۷). میزان پروتئین از حاصل ضرب ۶/۲۵ در کل مقدار ازت محاسبه شد. سایر ترکیبات شیمیایی (نظیر چربی خام، خاکستر خام و نشاسته خام) نیز با روشهای مناسب تعیین شد (۵، ۱۵ و ۱۷). برای محاسبات آماری (تجزیه واریانس داده‌ها، مقایسه میانگین‌ها به وسیله آزمون استیودنت - نیومن - کلز (SNK) در سطح احتمال یک درصد و تعیین ضرایب همبستگی ساده صفات) از نرم‌افزار SAS 6.12 و برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

روند رشد و جذب ازت

چون در این آزمایش گیاهچه‌ها در ۲۱ اردیبهشت نشاء شد، دمای محلول کشت برای رشد اولیه بلافاصله بعد از نشاکاری به طور قابل توجهی کم بود که تا حدودی موجب زردی گیاهچه‌ها و همچنین محدود شدن جذب عناصر معدنی به دلیل دمای کم محلول کشت بود (۸). بوته‌ها ۲۰ روز بعد از نشاء شدن به طور سریع شروع به رشد کردند و به مرور پنجه‌ها از گره‌های پایین‌تر ظاهر شد. در این آزمایش، تا حد امکان این پنجه‌ها قطع شدند.

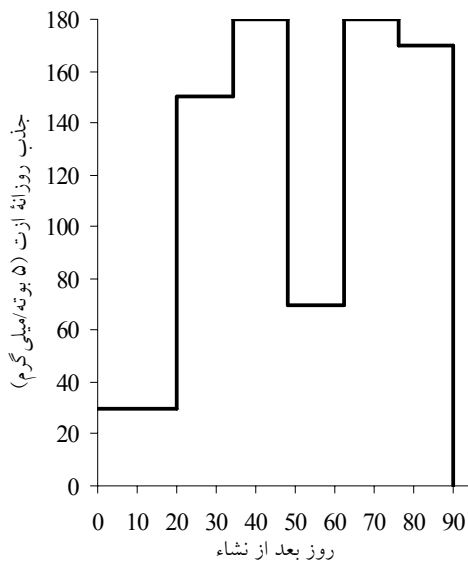
وزن تازه کل بوته به طور خطی تا مرحله خمیری سخت افزایش و از آن به بعد به دلیل خشک شدن بوته و رسیدن گیاه کاهش یافت. روند جذب ازت مطابق با افزایش وزن تازه گیاه و مقدار ازت در کل گیاه افزایش و در مرحله

استاندارد محتوی ۸۸ پی‌پی‌ام ازت استفاده شد. از ۲۰ روز پس از نشاء بوته‌ها و تا زمان برداشت از هر تکرار به طور جداگانه پنج بوته در هر دو هفته یک نوبت نمونه‌گیری شد. این بوته‌ها بعد از انتقال به آزمایشگاه به قسمت‌های مختلف (شامل برگ، پهنک، ساقه، غلاف، خوشه و ریشه) تقسیم شدند. بعد از اندازه‌گیری وزن تازه هر قسمت، نمونه‌ها خشک شدند و برای تعیین ترکیب شیمیایی آسیاب شدند.

در آزمایش دوم محلول‌های کشت استاندارد شامل سطوح مختلف ازت (۱۷/۵، ۴۴، ۸۸، ۲۲۰ پی‌پی‌ام) بود. نمونه‌گیری از گیاه در طول مدت رشد مانند آزمایش اول بود. همچنین برای تعیین میزان و کیفیت پروتئین دانه، از بذور خوشه‌های بوته‌های رسیده نمونه‌گیری و جمع‌آوری شد.

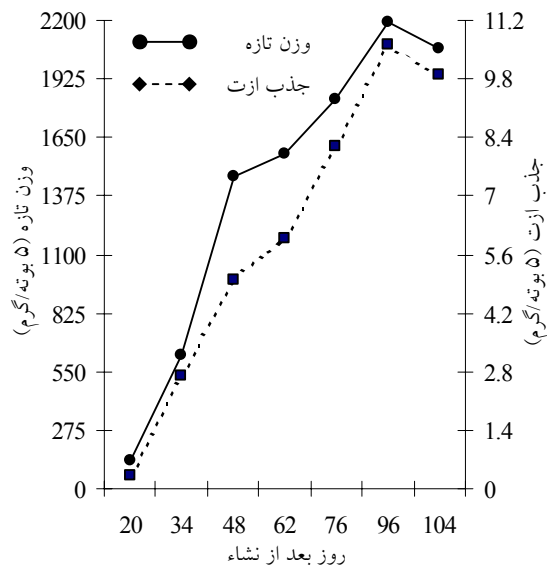
برای تعیین میزان انواع پروتئین دانه از روش جدا کردن جزء به جزء حلالیت رسوب به شرح زیر استفاده شد. بعد از آسیاب دانه‌ها، چربی آنها توسط دستگاه سوکسله و با استفاده از اتر جدا شد. سپس برای تعیین هر نوع پروتئین یک نمونه ۱۵۰ میلی‌گرمی با سه میلی‌لیتر حلال استخراج تهیه و به مدت دو ساعت در دمای آزمایشگاه (برای پرولامین در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد) روی دستگاه شیکر قرار گرفتند. حلال‌های استخراج عبارت از: آب مقطر برای آلومین، NaCl یک درصد برای گلوبولین، اتانول آبدار برای پرولامین و ۰/۴ NaOH درصد برای گلوئین بودند. ازت موجود در عصاره و پودر

بعد از سبز شدن) و اواسط گلدهی (۶۵ روز بعد از سبز شدن) گزارش شده است (۲۴). همچنین حداکثر مقدار جذب ازت در زمان رشد سریع سورگوم دانه‌ای (حدود ششمین هفته رشد) و نیز در زمان رسیدن بذر گزارش شده است (۷). زیاد بودن جذب ازت در دوره رویشی ممکن است به دلیل نمو سریع قسمت‌های مختلف گیاه نظیر ساقه و برگ‌ها و در دوره زایشی به دلیل نمو دانه‌ها باشد.



شکل ۲ - تغییرات روزانه جذب ازت در کل گیاه سورگوم در طی دوره رشد

خمیری سخت (۹۶ روز بعد از نشاء) به بیشترین مقدار رسید (شکل ۱). جذب روزانه ازت یکنواخت نبود و سرعت آن در طی چهار هفته قبل و بعد از مرحله خوشه رفتن خیلی زیاد بود (شکل ۲). درضمن، سرعت جذب روزانه ازت در مرحله خوشه رفتن و اوایل مرحله پر شدن دانه بسیار کاهش یافت. درحقیقت جذب ازت در دو مرحله رشد رویشی و زایشی بیشترین مقدار بود. بیشترین و سریع‌ترین دوره رشد و جذب ازت در سورگوم دانه‌ای در مرحله هشت برگی (۳۵ روز



شکل ۱ - وزن تازه و جذب ازت در کل گیاه سورگوم طی روزهای بعد از نشاء

اثر سطوح مختلف ازت

بوته‌ها حدود یک هفته دیرتر به مرحله خوشه رسیدند. در سطح ازت ۴۴ پی‌پی‌ام وزن تازه کل

بیشترین سطح ازت مورد استفاده (۴۴۰ پی پی ام) سبب طولانی شدن دوره رویشی شد و

درصد بیشتر بود. این امر نشان می‌دهد که در این روش آنالیز ممکن است بعضی از انواع دیگر پروتئین به مقدار کم در حلال‌های مختلف استخراج تفکیک شوند. از این نوع پروتئین‌ها می‌توان پرولامین پیوندی (مانند بتا - پرولامین، شبه گلوئلین و ...) را نام برد (۱۶).

با زیاد شدن مقدار ازت، میزان پروتئین خام دانه افزایش یافت ($P < 0/05$). همبستگی پروتئین خام و پرولامین مثبت بود (جدول ۳) که مطابق نتایج سایر گزارشات است (۹ و ۱۶). در کلیه سطوح ازت مورد استفاده، نوع پروتئین عمده در دانه شامل گلوئلین و سپس پرولامین بود (جدول ۲).

بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین آلومین و گلوبولین و بین گلوئلین و کل پروتئین قابل استخراج ($r = 0/99$) و بیشترین همبستگی منفی و معنی‌دار بین میزان پروتئین خام و ماده خشک دانه ($r = -0/73$) بود (جدول ۳).

چون در مقادیر بیشتر ازت مورد استفاده همبستگی بین افزایش عملکرد دانه و درصد پروتئین دانه منفی است. لذا ضروری است که روشهای استفاده از ازت برای حصول هم‌زمان حداکثر عملکرد دانه و حداکثر درصد پروتئین دانه بررسی شوند و رقم‌هایی با پروتئین زیاد و پرولامین کم و رقم‌هایی که در شرایط استفاده از مقادیر بیشتر ازت حساسیت کمتری به افزایش میزان پرولامین دارند تولید شوند.

گیاه دارای بیشترین مقدار بود و با افزایش سطح ازت این وزن کاهش یافت. میزان ازت کل در هر قسمت گیاه با زیاد شدن سطح ازت افزایش یافت. در میان قسمت‌های مختلف گیاه، بیشترین میزان ازت کل در پهنک برگ‌های زنده و سپس به ترتیب دانه، ساقه، ریشه، برگ‌های مرده (پهنک‌ها + غلاف‌ها) و بقایای سنبله خرمن‌کوبی شده قرار داشت (جدول ۱). استفاده از ازت بیشتر ضمن تولید بیوماس بیشتر منجر به افزایش میزان ازت برگ سورگوم می‌شود (۲۲). همچنین عدم تأمین ازت به مقدار کافی سبب کاهش غلظت ازت در برگ سورگوم دانه‌ای شده و بوته‌های کانوبی قادر به تهیه ازت کافی برای رشد خوشه نیستند (۲۰).

اگرچه جذب ازت توسط گیاه با زیاد شدن آن تا ۲۲۰ پی‌پی‌ام افزایش یافت، ولی عملکرد دانه و وزن خشک گیاه در سطح ازت ۴۴ پی‌پی‌ام حداکثر بود (جدول ۱). در یک تحقیق درصد ازت دانه به ازت کل گیاه و وزن خشک دانه به وزن خشک کل گیاه با افزایش مقدار ازت از ۱۷/۵ تا ۸۸ پی‌پی‌ام به طور نسبی افزایش یافت و با استفاده از ازت بیشتر، به تدریج کاهش یافت (۲۵).

با افزایش سطوح ازت، مقدار نشاسته خام تا حدودی کاهش یافت ولی تأثیر آن بر درصد چربی خام و خاکستر خام معنی‌دار نبود ($> 0/05$) (جدول ۲). نسبت کل مقدار پروتئین قابل استخراج به مقدار پروتئین خام موجود در دانه در بین تیمارها متفاوت بود و در بعضی موارد از ۱۰۰

جدول ۱ - میانگین وزن تازه، ازت کل، ماده خشک و جذب ازت

مقدار ازت (پی پی ام)					قسمت‌های مختلف گیاه**	صفات
۴۴۰	۲۲۰	۸۸	۴۴	۱۷/۵		
۱۸۵۱ ^e	۲۲۸۹ ^c	۲۵۲۳ ^b	۲۸۱۹ ^a	۱۹۷۰ ^d	کل گیاه (به غیر از دانه)	وزن تازه (گرم در پنج بوته)
۴۱ ^e	۸۳ ^d	۱۲۹ ^b	۱۳۴ ^a	۱۲۵ ^c	G	ماده خشک
۳۵۸ ^e	۴۵۲ ^d	۵۴۱ ^b	۶۲۰ ^a	۵۳۲ ^c	کل گیاه	(گرم در پنج بوته)
۲۸/۱ ^a	۲۷/۳ ^b	۲۲/۴ ^c	۱۹/۷ ^d	۱۴/۴ ^e	G	میزان ازت کل (میلی‌گرم در یک گرم وزن خشک)
۲۰/۰ ^a	۱۷/۰ ^b	۱۳/۹ ^c	۱۱/۰ ^d	۷/۵ ^e	T	
۳۳/۷ ^a	۳۳/۵ ^a	۳۰/۵ ^b	۲۶/۲ ^c	۱۹/۲ ^d	L	میزان ازت کل (میلی‌گرم در یک گرم وزن خشک)
۲۰/۱ ^b	۲۴/۲ ^a	۱۷/۴ ^c	۱۲/۴ ^d	۷/۴ ^e	D	
۳۳/۳ ^a	۳۲/۶ ^b	۲۴/۷ ^c	۱۷/۴ ^d	۸/۳ ^e	S	
۳۰/۳ ^a	۲۴/۹ ^b	۲۲/۵ ^c	۱۶/۷ ^d	۸/۵ ^e	R	
۱۱۶۱ ^e	۲۲۷۱ ^c	۲۸۹۶ ^a	۲۶۴۰ ^b	۱۷۹۳ ^d	G	جذب ازت
۱۰۹۳۱ ^d	۱۳۰۴۱ ^a	۱۲۷۳۸ ^b	۱۱۴۷۶ ^c	۵۷۶۲ ^e	کل گیاه	(میلی‌گرم در پنج بوته)

*: در هر ردیف تفاوت میانگین‌های دارای حروف مشابه معنی‌دار نیست ($P > 0.05$).

** H: خوشه، G: دانه، T: بقایای سنبله خرمن‌کوبی شده، L: پهنک برگ‌های زنده، D: برگ‌های مرده (غلاف‌ها +

پهنک‌ها)، S: ساقه + غلاف برگ‌های زنده، R: ریشه

جدول ۲ - میانگین انواع پروتئین و ترکیبات شیمیایی در دانه سورگوم دانه‌ای*

میزان ازت در محیط کشت (ppm)	میزان پروتئین خام (درصد)	نوع پروتئین قابل استخراج (درصد)				کل پروتئین قابل استخراج (درصد)	کارآیی استخراج (درصد)	چربی خام (درصد)	نشاسته خام (درصد)	خاکستر خام (درصد)
		آلبومین	گلوبولین	پرولامین	گلوآلبومین					
۱۷/۵	۱۰/۳ ^b	۱/۸ ^b	۲/۱ ^b	۲/۹ ^d	۵/۸ ^b	۱۲/۶ ^b	۱۲۲ ^a	۳/۷ ^a	۶۴/۸ ^a	۲/۰ ^a
۴۴	۱۱/۶ ^b	۱/۵ ^c	۱/۹ ^c	۲/۹ ^d	۴/۹ ^d	۱۱/۲ ^e	۹۶ ^b	۳/۲ ^b	۵۹/۶ ^c	۱/۷ ^a
۸۸	۱۴/۱ ^a	۲/۳ ^a	۲/۹ ^a	۴/۹ ^a	۷/۸ ^a	۱۸/۰ ^a	۱۲۷ ^a	۳/۶ ^a	۵۸/۴ ^e	۱/۹ ^a
۲۲۰	۱۴/۶ ^a	۰/۹ ^d	۱/۳ ^d	۴/۵ ^b	۵/۰ ^c	۱۱/۸ ^c	۸۱ ^{bc}	۳/۶ ^a	۶۰/۸ ^b	۱/۸ ^a
۴۴۰	۱۵/۶ ^a	۰/۹ ^e	۱/۳ ^e	۴/۴ ^c	۴/۸ ^e	۱۱/۴ ^d	۷۳ ^c	۳/۱ ^b	۵۹/۱ ^d	۱/۹ ^a

*: در هر ستون تفاوت میانگین‌های دارای حروف مشابه معنی‌دار نیست ($P > 0.01$).

جدول ۳ - ضرایب همبستگی ساده تعدادی از صفات در سورگوم دانه‌ای

صفت	Y ₁₂	Y ₁₁	Y ₁₀	Y ₉	Y ₈	Y ₇	Y ₆	Y ₅	Y ₄	Y ₃	Y ₂
Y ₁	-۰/۰۷	-۰/۶۹**	-۰/۳۱	-۰/۷۲**	-۰/۷۳**	-۰/۶۰*	۰/۱۲	-۰/۰۱	۰/۸۶**	-۰/۳۷	-۰/۴۲
Y ₂	۰/۲۷	۰/۰۵	۰/۴۹	۰/۶۳*	۰/۷۸**	۰/۹۴**	۰/۸۳**	۰/۸۹**	-۰/۰۳	۰/۹۹**	
Y ₃	۰/۱۹	-۰/۰۶	۰/۴۳	۰/۶۶**	۰/۷۹**	۰/۹۱**	۰/۸۵**	۰/۹۰**	۰/۰۱		
Y ₄	۰/۰۹	-۰/۶۳*	۰/۰۷	-۰/۵۵*	-۰/۴۵	-۰/۱۶	۰/۵۳*	۰/۴۲			
Y ₅	۰/۳۲	-۰/۱۸	۰/۵۱	۰/۳۰	۰/۴۹	۰/۸۰**	۰/۹۹**				
Y ₆	۰/۲۸	-۰/۳۰	۰/۴۶	۰/۲۳	۰/۴۲	۰/۷۱**					
Y ₇	۰/۳۵	۰/۲۹	۰/۶۱*	۰/۶۲*	۰/۷۹**						
Y ₈	-۰/۰۸	۰/۲۳	۰/۴۵	۰/۹۶**							
Y ₉	-۰/۲۷	۰/۱۳	۰/۲۴								
Y ₁₀	۰/۵۵*	۰/۵۴*									
Y ₁₁	۰/۴۲										

Y₁ - میزان پروتئین خام، Y₂ - آلبومین، Y₃ - گلوبولین، Y₄ - پرولامین، Y₅ - گلوآلبومین، Y₆ - کل پروتئین قابل استخراج، Y₇ - کارآیی استخراج، Y₈ - ماده خشک دانه، Y₉ - ماده خشک کل گیاه، Y₁₀ - چربی خام، Y₁₁ - نشاسته خام، Y₁₂ - خاکستر خام

* و ** - به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد

- منابع مورد استفاده
- ۱ - آقا علی خانی، م. و مظاهری. د. ۱۳۷۲. بررسی تأثیر مقادیر مختلف و شیوه توزیع کود ازت بر منحنی رشد و خصوصیات کمی و کیفی سورگوم علوفه‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس، تهران. ۲۶۲ صفحه.
- ۲ - امام، ی. ۱۳۸۲. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شیراز، شیراز. ۱۷۳ صفحه.
- ۳ - دهقانیان، س. و نصیری مقدم. ح. ۱۳۷۶. تغذیه دام (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد. ۶۴۴ صفحه.
- ۴ - صفری، م. ۱۳۸۰. مبانی بیوشیمی کشاورزی. انتشارات دانشگاه تهران، تهران. ۶۰۷ صفحه.
- ۵ - غازان‌شاهی، ج. ۱۳۷۶. آنالیز خاک و گیاه. هما، تهران. ۳۱۱ صفحه.
- ۶ - کهن‌موسو، م. ا. و مظاهری. د. ۱۳۷۴. بررسی اثر فواصل آبیاری و شیوه توزیع کود ازت بر روند رشد و عملکرد سورگوم علوفه‌ای در منطقه کرج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس، تهران. ۱۵۰ صفحه.
- ۷ - ملکوتی، م. ج. و نفیسی. م. ۱۳۷۳. مصرف کود در اراضی فاریاب و دیم (ترجمه). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران. ۳۴۲ صفحه.
- ۸ - نورمحمدی، ق.، سیادت، ع. و کاشانی. ع. ۱۳۸۰. زراعت غلات (جلد اول). انتشارات دانشگاه شهید چمران، اهواز. ۴۴۶ صفحه.
- 9 . Anonymous. Protein content and quality. Available on the URL: <http://www.fao.org/DOCREP/t0818e/t0818e00.htm#contents>.
- 10 . Bennett WF, Tucker BB and Maunder AB (1990) Modern grain sorghum production. Iowa State University Press. 169 pp.
- 11 . Eckert DJ (1995) Nitrogen management key in conservation tillage crop production. Fluid Journal Vol. 3, No. 1, issue 8.
- 12 . Farnworth J and Ruxton IB (1973) The response of sorghum to applications of nitrogen and iron chelate. University College of North Wales Publication. No: 17.
- 13 . Guarda G, Padovan S and Delogu G (2004) Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. Europ. J. Agronomy 21: 181-192.
- 14 . Gupta ML and Singh RM (1988) Effects of intercropping of legumes in sorghum at different levels of nitrogen under rainfed condition on sorghum equivalent and monetary return. Indian J. Agric. Sci. 58: 20-25.
- 15 . Holm J, Björck I, Drews A and Lund NGA (1986) A rapid method for the analysis of starch. Starch/Staerke 38: 224-226.

- 16 . Jambunathan R, Singh U and Subramanian V (1984) Grain quality of sorghum, pearl millet, pigeon-pea and chick-pea. Available on the URL: <http://www.unu.edu/unupress/unupbooks/80478e/80478E07.htm>.
- 17 . Jayaraman J (1988) Laboratory manual in biochemistry. 3rd Ed. New Delhi: Wiley Eastern Limited. 180 pp.
- 18 . Jones CA (1983) A survey of the variability in tissue nitrogen and phosphorus concentrations in maize and grain sorghum. Field Crops Res. 6: 133-142.
- 19 . Jung GA, Lilly B, Shih SC and Reid RL (1964) Studies with sudangrass 1. Effect of growth stage and level of nitrogen fertilizer upon yield of dry matter, estimated digestibility of energy, dry matter and protein. A. Composition and prussic acid potential. Agron. J. 56: 533-536.
- 20 . Lafitte HR and Loomis RS (1988) Growth and composition of grain sorghum with limited nitrogen. Agron. J. 80: 492-498.
- 21 . Lamond RE and Whitney DA (1991) Evaluation of starter fertilizer for grain sorghum production. J. Fert. Issues. 8: 20-24.
- 22 . Lehmann J, Feilner T, Gebauer G and Zech W (1999) Nitrogen uptake of sorghum from tree mulch and mineral fertilizer under high leaching conditions estimated by nitrogen-15 enrichment. Biol. Fertile Soils 30: 90-95.
- 23 . Mihaila V and Hera T (1989) Relation of some maize and sorghum hybrids to fertilizer on the chernozems of southern Romania. Field crop Abs. 37: 418.
- 24 . Vanderlip RL (1993) How a sorghum plant develops. Cooperative extension service. Contribution No. 1203, Kansas Agricultural Experiment Station, Manhattan, Kansas.
- 25 . Varval GE (2000) Crop rotation and nitrogen effects on normalized grain yield in a long-term study. Agron. J. 92: 938-941.

Effect of levels of nitrogen on growth, nitrogen uptake patterns and grain protein fractions of sorghum

M. J. Mirhadi * and A. Mokhtassi Bidgoli **

Abstract

The effect of levels of nitrogen on growth and nitrogen uptake patterns and grain protein quality of grain sorghum was investigated by two experiments which were conducted at Pakdasht-Tehran in 2003. In a completely randomized design with three replications, grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) hybrid H-726 was grown under greenhouse conditions using water culture technique. The first experiment included a standard culture solution with 88 ppm nitrogen level and the second experiment consisted of various nitrogen levels (17.5, 44, 88, 220 and 440 ppm) in culture solution. The total fresh weight of plant and nitrogen uptake pattern increased linearly until plants reached the hard dough stage and then decreased. Sorghum plant had two peaks of absorbing nitrogen in vegetative and in reproductive period of growth (four weeks before and after heading stage). Fresh weight, dry matter of plant, grain yield and crude starch decreased significantly and total nitrogen content in the plant parts, nitrogen uptake, crude protein and prolamin increased significantly by increment of nitrogen application. The major protein in grain constituted of glutelin followed by prolamin at any level of applied nitrogen. Effect of different levels of nitrogen was not significant on crude fat and crude ash of grain. The significant positive correlation coefficient of albumin with globulin and glutelin with total extractable protein were the highest ($r = 0.99$). The correlation between crude protein and grain dry matter was negative and high ($r = -0.73$).

Key words: Grain sorghum, Growth and development, Hydroponics, Nitrogen, Protein, Yield

* - Professor, Department of Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran - Iran

** - MSc., Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran - Iran