دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"
دوره سوم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۹۵
http://arpe.gonbad.ac.ir

اثر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بوته بر صفات مورفولوژیکی و عملکرد دانه سورگوم دانه‌ای

سید غلامرضا موسوی[1*]، رضا عارفی[2]، محمدجواد ثقه‌الاسلامی[3]
[3،1]دانشیار گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بیرجند
[2]دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بیرجند
تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۸/۲۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۱۳

چکیده

به‌منظور مطالعه اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد، صفات مورفولوژیکی، درصد و عملکرد پروتئین دانه سورگوم دانه‌ای (رقم سیستان) آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زهک در سال ۱۳۹۲ انجام گردید. تیمارهای آزمایشی شامل: چهار سطح نیتروژن (صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) به‌عنوان فاکتور اصلی و چهار تراکم (۱۲، ۱۵، ۲۵ و ۵۰ بوته در مترمربع) به‌عنوان فاکتور فرعی بودند. نتایج نشان داد که ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته، قطر ساقه، طول و عرض پانیکول، مساحت برگ پرچم، درصد و عملکرد پروتئین دانه و عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح کود نیتروژن و تراکم بوته قرار گرفت. هم‌چنین اثر متقابل نیتروژن و تراکم بوته بر تمامی صفات به‌جز ارتفاع بوته و تعداد برگ در ساقه اصلی معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که، با افزایش مقدار کود مصرفی از صفر به ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته، قطر ساقه، تعداد برگ در ساقه اصلی و طول و عرض پانیکول به‌ترتیب ۸/۹، ۴۵/۶، ۶۷/۱، ۱۰/۳، ۵۸/۶ و ۱۱۷ درصد و مساحت برگ پرچم، عملکرد دانه و پروتئین به‌ترتیب ۲/۱۳، ۳/۲۱ و ۴/۳ برابر افزایش یافت. هم‌چنین نتایج نشان داد که، با افزایش تراکم از ۱۲ به ۵۰ بوته در مترمربع ارتفاع بوته، عملکرد دانه و پروتئین دانه به‌ترتیب ۲۳/۵، ۷۶/۷ و ۶۹/۴ درصد افزایش یافت؛ اما تعداد پنجه در بوته، قطر ساقه، طول و عرض پانیکول و مساحت برگ پرچم به‌ترتیب ۶۲/۹، ۳۷/۵، ۲۰/۷، ۲۳/۶ و ۳۲/۵ درصد

*نویسنده مسئول: s_reza1350@yahoo.com

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-22]

کاهش پیدا کرد. به‌طورکلی براساس نتایج این تحقیق تیمار مصرف ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تراکم ۵۰ بوته در مترمربع به‌علت داشتن بیشترین عملکرد دانه و پروتئین دانه در واحد سطح برای کشت سورگوم دانه‌ای رقم سیستان در منطقه زابل پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: **تراکم، پروتئین، سورگوم، صفات مورفولوژیکی، نیتروژن**

مقدمه

سورگوم در زمره گیاهانی است که با داشتن پتانسیل بالای تولید می‌تواند نقش مهمی در تأمین بخشی از نیازهای غذایی انسان و دام ایفا نماید. این غله به‌عنوان منبع انرژی در جیره طیور مورد استفاده قرار می‌گیرد و ارزش غذایی آن تنها ۳ تا ۵ درصد کمتر از ذرت می‌باشد و از نظر زراعی به آب، کود و مراقبت کمتری نیاز داشته و در مناطق خشک و نیمه‌خشک چون آسیا و آفریقا، ارزان‌تر از ذرت در جیره طیور قابل استفاده است (Douglas *et al.*, 1990). با اعمال مدیریت‌های زراعی مناسب از قبیل تغذیه و تراکم مطلوب بوته می‌توان در جهت تغییر صفات زراعی مؤثر بر عملکرد و در نتیجه افزایش عملکرد اقدام نمود (Rezvanimhoghadm and Rashed-Mohacel, 2000). یکی از نهاده‌های مهم کشاورزی که بر عملکرد دانه و صفات زراعی گیاه تأثیر عمده‌ای دارد، کود نیتروژن است. نیتروژن به واسطهٔ تحریک بیوسنتز سیتوکینین و صدور آن از ریشه به بخش‌های هوایی گیاه، سبب افزایش تقسیمات سلولی و متعاقب آن افزایش ارتفاع، تعداد پنجه و سطح برگ در گیاه می‌شود (Marschner, 1995).

تربتی‌نژاد و همکاران (Torbatinejad *et al.*, 2002) در بررسی اثر سطوح مختلف کود نیتروژن در سورگوم بیان کردند که، با افزایش مقدار نیتروژن ارتفاع گیاه نیز به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. اصغری و همکاران (Asghari *et al.*, 2006) در مطالعه اثر مقادیر نیتروژن بر عملکرد و درصد پروتئین دانه چهار رقم سورگوم دانه‌ای دریافتند که، تأثیر سطوح نیتروژن بر درصد پروتئین دانه معنی‌دار بود. ریاحی‌نیا و همکاران (Riahinia *et al.*, 2013) در بررسی مقادیر صفر، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سورگوم دانه‌ای گزارش کردند که، بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل و کاربرد ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. در حالی‌که اوکینو و همکاران (Uchino *et al.*, 2013) در بررسی اثر کاربرد نیتروژن بر سورگوم در مناطق نیمه خشک هند نتیجه‌گیری کردند که، با افزایش کاربرد نیتروژن از صفر به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار ارتفاع بوته و میزان کلروفیل به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. هم‌چنین عملکرد دانه نیز در سال اول آزمایش از ۱/۳ به ۲/۶ و در سال دوم از ۱/۱ به ۳/۹ تن در هکتار افزایش یافت.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-22]

سلیمانی و همکاران (Soleymani *et al*., 2012) گزارش کردند که، با افـزایش تـراکم سـورگوم از ۱۰ به ۵۰ بوته در مترمربع طول پانیکول ۲۴/۲ به ۲۱/۱ سانتی‌متر کاهش یافـت؛ امـا عملکـرد دانـه بـه میزان ۲/۴ برابر افزایش یافـت و از ۲/۳۱ بـه ۵/۵۵ تـن در هکتـار رسـید. جـوادی (Javadi, 2004) در بررسی تأثیر تراکم بوته بر صفات مورفولوژیک ارقام سورگوم دانه‌ای گزارش داد کـه، بـالاترین عملکـرد دانه از تراکمی به‌دست آمد که ارتفاع بوته، تعداد گره و انشعابات اصلی پـانیکول در آن بیشـتر و تعـداد پنجه و طول پایک گل آذین از کمترین مقدار برخوردار بود. این محقق هم‌چنین افزایش ۳۷/۶ درصدی عملکرد دانه را با افزایش تراکم از ۱۰ بـه ۲۶ بوتـه در مترمربـع را گـزارش کـرد. البـایراک و همکـاران (Albayrak *et al*., 2011) معتقدند که، افزایش تراکم بوته بیش از حد مطلوب بـه‌علـت رقابـت بـین بوته‌ای شدید برای کسب منابع (آب، نور و فضا) کاهش رشد بوته‌ها و کاهش عملکرد در واحد سـطح را به‌دنبال خواهد داشت. در همین راستا آنافجه و جـاب (Anafjeh and Chaab, 2012) اظهـار داشـتند که، هر چند افزایش تراکم از ۴۰ به ۷۰ هزار بوته در هکتار در ذرت افـزایش عملکـرد دانـه را بـه‌دنبـال دارد؛ اما افزایش تراکم تا ۱۰۰ هزار بوته در هکتار عملکرد دانـه را نسـبت بـه تـراکم ۷۰ هـزار بوتـه در هکتار کاهش داد. علوی و سعید (Alavi and Saeid, 2008) در بررسی اثر تـراکم‌هـای ۵۰، ۷۰، ۹۰ و ۱۱۰ هزار بوته در هکتار در سورگوم دانه‌ای گزارش کردند که، اثر تراکم بـر ارتفـاع گیـاه و قطـر سـاقه معنی‌دار بود. مشخص شده است که، قطر ساقه سورگوم با افزایش تراکم کاهش مـی‌یابـد؛ کـه احتمـالاً به‌دلیل رقابت بین بوته‌ای برای کسب نور، آب و عناصر غذایی می‌باشد (Jeon *et al*., 1992).

در بررسی مقادیر صفر، ۸۰، ۱۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تراکم‌های ۱۰، ۱۸، ۲۰ و ۲۸ بوته در مترمربع در سورگوم دانه‌ای توسـط سـلیمانی و همکـاران (Soleymani *et al*., 2011)، اثـرات ساده و متقابل نیتروژن و تراکم بوته بر عملکرد دانه معنـی‌دار شـد و بیشـترین عملکـرد دانـه و میـزان پروتئین از تراکم ۱۰ بوته در مترمربع حاصل شد. میری (Miri, 2007) در بررسـی اثـر مقـادیر ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و سه تراکم ۲۰، ۳۳/۳ و ۶۶/۶ بوته در مترمربع بر صفات مورفولوژیـک دو رقم سورگوم دانه‌ای گزارش کرد که، بیشترین میانگین ارتفاع بوته و تعداد گره در تراکم ۶۶/۶ بوتـه در مترمربع و با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. در بررسـی اثـر نیتـروژن و تـراکم بوته بر ذرت توسط صادقی و بحرانی (Sadeghi and Bahrani, 2002) مشخص گردید که، بیشـترین عملکرد دانه مربوط به واحدهای آزمایشی بود کـه بیشـترین ارتفـاع بوتـه، قطـر سـاقه و طـول بـلال را داشتند. با توجه به اهمیت کشت سورگوم دانه‌ای در منطقه سیستان این پژوهش با هـدف بررسـی اثـر میزان نیتروژن مصرفی، تراکم بوته و برهم‌کنش آن‌ها بر کمیت، کیفیت دانه و صـفات مورفولـوژیکی در سورگوم دانه‌ای رقم سیستان در منطقه زابل انجام شد.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-22]

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۲ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زهک واقع در ۲۴ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان زابل با طول جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه و ۲۸ ثانیه و عرض جغرافیایی ۶۱ درجه و ۴۰ دقیقه و ۲۸ ثانیه و ۴۹۶ متر ارتفاع از سطح دریا انجام شد. میانگین بارندگی سالیانه ۵۵ میلی‌متر، میزان تبخیر سالیانه بین ۴۵۰۰ تا ۵۰۰۰ میلی‌متر، میانگین درجه حرارت سالیانه آن ۲۱/۷ درجه سانتی‌گراد، حداکثر مطلق ۴۹ و حداقل مطلق ۷- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. دشت سیستان دارای بادهای موسمی معروف به بادهای ۱۲۰ روزه است که از اواخر فروردین ماه شروع و تا پایان شهریور ادامه دارد. براساس طبقه‌بندی اقلیمی کوپن دارای اقلیم خشک و بسیار گرم با تابستان‌های خشک می‌باشد. به‌منظور تعیین برخی از مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش، از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری انجام گرفت. براساس نتایج به‌دست آمده خاک مزرعه دارای بافت لومی شنی، هدایت‌الکتریکی ۴ میلی‌موس بر سانتی‌متر، اسیدیته ۸/۴ و درصد ازت کل ۰/۰۳ بود.

آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. عامل اصلی کود نیتروژن با چهار سطح شامل: صفر (شاهد)، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود که در دو نوبت تقسیط شد. نیمی از کود در مرحله ۵ تا ۶ برگی و نیم دیگر قبل از به خوشه رفتن گیاه به کرت‌ها اضافه شد. عامل فرعی تراکم با چهار سطح شامل: ۱۲، ۱۵، ۲۵ و ۵۰ بوته در مترمربع بود که برای ایجاد این تراکم‌ها فاصله بین بوته‌ها روی ردیف به‌ترتیب ۲۱، ۱۷، ۱۰ و ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله بین ردیف‌های کاشت ۴۰ سانتی‌متر، فاصله بین تکرارها ۲ متر، فاصله بین کرت‌های اصلی ۱/۲ متر و فاصله بین کرت‌های فرعی ۴۰ سانتی‌متر و هر کرت شامل ۶ ردیف کاشت با طول ۴ متر و عرض ۲/۴ متر بود. کاشت بذر در ۲۷ مرداد ماه به روش هیرم‌کاری انجام گرفت و بذور در عمق ۴ تا ۵ سانتی‌متر خاک کشت شدند و آبیاری اول بعد از کاشت برای تمام تیمارها بلافاصله بعد از مرحله استقرار گیاهچه‌ها اعمال گردید. آبیاری‌های بعدی طبق عرف منطقه و با توجه به شرایط اقلیمی و نیاز آبی گیاه هر ۷ تا ۸ روز انجام گرفت. برداشت به‌صورت دستی در تاریخ ۲ آذر با مشاهده علائم ظاهری رسیدگی شامل زردی و خشک شدن برگ‌ها و سفید شدن بذور در پانیکول انجام شد.

جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه، برداشت از ۴ ردیف میانی کرت با رعایت اثر حاشیه‌ای انجام شد و بذور پس از بوجاری در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ ساعت در آون قرار داده شد تا رطوبت آن‌ها کاهش یابد، سپس عملکرد دانه بر مبنای ۱۳ درصد رطوبت تعیین گردید. به‌منظور تعیین ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته، تعداد برگ در ساقه اصلی، طول پانیکول و قطر ساقه تعداد ۸ بوته به‌طور

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-22]

تصادفی از قسمت میانی هر کرت مشخص شد و صفات مذکور اندازه‌گیری گردید. مساحت برگ پرچم، از ضرب حاصل‌ضرب طول و عرض برگ پرچم در عدد ۰/۷۵ و بر حسب سانتی‌متر مربع به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری درصد پروتئین دانه ابتدا میزان نیتروژن دانه به روش کجلدال اندازه‌گیری شد و سپس درصد پروتئین محاسبه گردید. عملکرد پروتئین نیز از حاصل‌ضرب درصد پروتئین و عملکرد دانه به‌دست آمد. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام گرفت و سپس میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیکی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته، قطر ساقه، طول و عرض پانیکول به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح کود نیتروژن و تراکم بوته قرار گرفتند؛ اما تعداد برگ در ساقه اصلی تنها تحت تأثیر نیتروژن قرار گرفت (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که، افزایش مقدار نیتروژن مصرفی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر تمامی صفات مورفولوژیکی اندازه‌گیری شده داشت؛ به‌طوری‌که با افزایش مقدار کود مصرفی از صفر به ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته، قطر ساقه، تعداد برگ در ساقه اصلی و طول و عرض پانیکول به‌ترتیب ۸/۹، ۴۵/۶، ۶۷/۱، ۱۰/۳، ۵۸/۶ و ۱۱۷ درصد افزایش یافتند (جدول ۲).

به‌نظر می‌رسد نیتروژن از طریق فراهم کردن شرایط مناسب برای رشد پوشش گیاهی، شاخص و دوام سطح برگ بیشتر باعث افزایش تولید مواد فتوسنتزی و بنابراین فراهم نمودن شرایط تغذیه‌ای مناسب‌تر برای گیاه در طول دوره رشد شده؛ و تولید بوته‌های با ارتفاع، قطر و تعداد برگ بیشتر و نیز پانیکول‌های بلندتر و قطورتر را امکان‌پذیر کرده باشد. علاوه بر این علت افزایش ارتفاع بوته و تعداد برگ در ساقه اصلی سورگوم در تیمارهای کاربرد نیتروژن نسبت به تیمار عدم کاربرد نیتروژن را می‌توان به‌واسطهٔ نقش نیتروژن در تولید و صدور هورمون سیتوکینین از ریشه به اندام‌های هوایی که موجب افزایش سرعت تقسیم سلولی، رشد و ارتفاع گیاه می‌گردد (Marschner, 1995)، دانست. نتایج به‌دست آمده از این تحقیق با نتایج تربتی‌نژاد و همکاران (Torbatinejad *et al.*, 2002) در سورگوم و انصاری‌نیا (Ansarinia, 2010) در آفتابگردان مطابقت دارد. تحقیقات مارشنر (Marschner, 1995) و تربتی‌نژاد و همکاران (Torbatinejad *et al.*, 2002) نیز بیانگر تأثیر مثبت کاربرد نیتروژن بر افزایش تعداد پنجه در بوته سورگوم می‌باشد. افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته در سورگوم با افزایش کاربرد نیتروژن از صفر به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار توسط افضل و همکاران (Afzal *et al.*, 2012) نیز گزارش شده است.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-22]

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-22]

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بوته روی خصوصیات مورفولوژیکی سورگوم دانه‌ای

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ارتفاع گیاه	تعداد پنجه در بوته	قطر ساقه	تعداد برگ در شاخه اصلی	طول پانیکول	قطر پانیکول
تکرار	۲	۵۸/۰۰۸^{ns}	۰/۰۶۳۳^{ns}	۰/۳۳۶^{ns}	۰/۰۷۸^{ns}	۰/۰۶۳^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}
نیتروژن	۳	۱۸۴/۱۰۳۱*	۰/۴۵۶۷**	۳۰/۳۶**	۱/۰۴**	۳۸/۸۷**	۱۶/۷۵**
خطا a	۶	۲۳/۸۸	۰/۰۲۷	۰/۷۴۵	۰/۰۵۱	۰/۲۵۵	۰/۱۵۱
تراکم	۳	۱۰۶۱/۱۴**	۳/۵۶۶**	۲۱/۹۷**	۰/۰۰۶۷^{ns}	۱۰/۰۴۱*	۲/۲۳*
نیتروژن×تراکم	۹	۱۰/۴۸^{ns}	۰/۰۵۷**	۰/۶۳۵*	۰/۰۱۷^{ns}	۰/۱۸۸*	۰/۱۰۵*
خطا b	۲۴	۱۶/۴۵	۰/۰۱۴	۰/۲۵۳	۰/۰۱۵	۰/۰۷۷	۰/۰۳۹
ضریب تغییرات (درصد)		۳/۸۷	۹/۲۷	۶/۸۸	۱/۸۳	۲/۹۶	۵/۲۹

^{ns}، * و **به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف نیتروژن روی خصوصیات مورفولوژیکی سورگوم دانه‌ای

سطوح نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	ارتفاع گیاه (cm)	تعداد پنجه در بوته	قطر ساقه (mm)	تعداد برگ در شاخه اصلی	طول پانیکول (cm)	قطر پانیکول (cm)
۰	۹۹/۶۶^{b}	۱/۰۳^{c}	۵/۴۵^{d}	۲/۲۴^{a}	۶/۹^{d}	۶/۴۸^{c}
۷۵	۱۰۳/۹^{b}	۱/۲^{b}	۶/۶۶^{c}	۳/۲۹^{c}	۹/۱^{c}	۶/۵۸^{bc}
۱۵۰	۱۰۷^{a}	۱/۳^{b}	۷/۹۸^{b}	۴/۴۳^{b}	۱۰/۴^{b}	۶/۷۸^{b}
۲۲۵	۱۰۸/۵^{a}	۱/۵^{a}	۹/۱۱^{a}	۴/۸۶^{a}	۱۰/۹۴^{a}	۷/۱۵^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تراکم بوته روی خصوصیات مورفولوژیکی سورگوم دانه‌ای

تراکم (بوته در مترمربع)	ارتفاع گیاه (cm)	تعداد پنجه در بوته	قطر ساقه (mm)	تعداد برگ در شاخه اصلی	طول پانیکول (cm)	قطر پانیکول (cm)
۱۲	۹۲/۱۱^{d}	۱/۹۳۳^{a}	۸/۸^{a}	۴/۱۵^{a}	۱۰/۴۳^{a}	۶/۷۱^{a}
۱۵	۱۰۳/۶^{c}	۱/۴۵^{b}	۷/۷^{b}	۳/۹۵^{b}	۹/۶۵^{b}	۶/۷۵^{a}
۲۵	۱۰۹/۶^{b}	۰/۹۳۳^{c}	۷^{c}	۳/۵۸^{c}	۹/۰۳^{c}	۶/۷۶^{a}
۵۰	۱۱۳/۸^{a}	۰/۷۱۶^{d}	۵/۵^{d}	۳/۱۷^{d}	۸/۲۷^{d}	۶/۷۶^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-22]

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بوته روی خصوصیات مورفولوژیکی سورگوم دانه‌ای

سطوح نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	تراکم بوته (بوته در مترمربع)	ارتفاع گیاه (cm)	تعداد پنجه در بوته	قطر ساقه (mm)	تعداد برگ در شاخه اصلی	طول پانیکول (cm)	قطر پانیکول (cm)
۰	۱۲	۸۳/۹۳^{h}	۱/۶^{bc}	۶/۶^{fg}	۴۸/۲^{gh}	۲/۵۶^{f}	۷/۷^{g}
	۱۵	۱۰۱/۶^{def}	۱/۰۷^{de}	۶^{gh}	۴۱/۹۲^{hij}	۲/۳۲^{fg}	۶/۹۶^{h}
	۲۵	۱۰۵/۶^{bcd}	۰/۸^{fg}	۵/۲^{hi}	۳۸/۱^{ij}	۲/۱۶^{gh}	۶/۶۳^{hi}
	۵۰	۱۰۷/۵^{bcd}	۰/۶۶^{g}	۳/۹^{j}	۳۵/۹^{j}	۱/۹۳^{h}	۶/۳^{i}
۷۵	۱۲	۹۱/۹۳^{g}	۱/۷۳^{b}	۷/۹^{de}	۷۲/۰۸^{de}	۳/۹۶^{d}	۱۰/۲^{d}
	۱۵	۱۰۲/۵^{def}	۱/۴^{c}	۷/۳^{ef}	۶۲/۵^{ef}	۳/۶۶^{d}	۹/۶^{e}
	۲۵	۱۰۸/۶^{bcd}	۰/۹۳^{def}	۶/۵^{fg}	۵۴/۸۱^{fg}	۳/۱^{e}	۸/۸۶^{f}
	۵۰	۱۱۲/۴^{ab}	۰/۶۶^{g}	۴/۹^{i}	۴۷/۱۶^{ghi}	۲/۴۳^{fg}	۷/۸۶^{g}
۱۵۰	۱۲	۹۵/۴۶^{fg}	۲/۱۳^{a}	۹/۲^{bc}	۸۷/۵۲^{bc}	۴/۷۳^{b}	۱۱/۵۳^{b}
	۱۵	۱۰۴/۲^{cde}	۱/۵۲^{bc}	۸/۱^{cd}	۸۳/۱^{c}	۴/۷۳^{b}	۱۰/۷۳^{c}
	۲۵	۱۱۱/۲^{abc}	۰/۸۶^{efg}	۷/۹^{de}	۷۱/۹۳^{de}	۴/۳۶^{c}	۱۰/۱^{d}
	۵۰	۱۱۷/۱^{a}	۰/۶۶^{g}	۶/۶^{fg}	۵۹/۵۵^{f}	۳/۹۱^{d}	۹/۲۹^{ef}
۲۲۵	۱۲	۹۷/۱۳^{efg}	۲/۲۶^{a}	۱۱/۴^{a}	۱۰۵/۸^{a}	۵/۳۳^{a}	۱۲/۲۶^{a}
	۱۵	۱۰۶/۱^{bcd}	۱/۷۳^{b}	۹/۷^{b}	۹۶/۱۹^{b}	۵/۰۷^{a}	۱۱/۳۳^{b}
	۲۵	۱۱۲/۹^{ab}	۱/۱۳^{d}	۸/۴^{cd}	۷۸/۴۶^{cd}	۴/۶۶^{bc}	۱۰/۵۳^{cd}
	۵۰	۱۱۷/۹^{a}	۰/۸۶^{efg}	۶/۸^{fg}	۹۶/۰۷^{de}	۴/۴^{bc}	۹/۶۳^{e}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن).

مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن است که، با افزایش تراکم بوته از ۱۲ به ۵۰ بوته در مترمربع ارتفاع گیاه ۲۳/۵ درصد افزایش یافت و حداکثر ارتفاع با میانگین ۱۱۳/۸ سانتی‌متر در تراکم ۵۰ بوته در متر مربع مشاهده گردید (جدول ۳)؛ که دلیل آن را می‌توان افزایش رقابت بر سر نور و نیز کیفیت و کمیت نور در درون کانوپی دانست. هر چه تعداد بوته افزایش یابد نوری که به لایه‌های پائین کانوپی می‌رسد کم شده و رقابت بین اندام‌های گیاه برای جذب بیشتر تشعشع افزایش می‌یابد و از طرفی تخریب نوری اکسین نیز صورت نمی‌پذیرد که مجموعه این عوامل می‌تواند باعث افزایش طول میانگره‌ها و افزایش ارتفاع بوته گردد. نتایج این تحقیق با نتایج علوی و سعید (Alavi and Saeid, 2008) در سورگوم مطابقت دارد.

هم‌چنین نتایج این تحقیق نشان داد که، صفات تعداد پنجه در بوته، قطر ساقه و طول و عرض پانیکول با افزایش تراکم از ۱۲ به ۵۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب ۶۲/۹، ۳۷/۵، ۲۰/۷ و ۲۳/۶ درصد کاهش پیدا کرد (جدول ۳)؛ که احتمالاً علت این امر افزایش رقابت درون و بین بوته‌ای برای مواد غذایی، نور و رطوبت و در نتیجه کاهش توان فتوسنتزی هر بوته در کشت‌های متراکم و کاهش سهم مواد پرورده اختصاص یافته به ساقه و پانیکول می‌باشد. کاهش تعداد پنجه در بوته با افزایش تراکم به‌علت کاهش فضا و رقابت بیشتر برای منابع با نظریات علوی و سعید (Alavi and Saeid, 2008) و ساریخانی و رزمجو (Sarikhani and Razmjo, 2005) در سورگوم مطابقت دارد. هم‌چنین دموتس مینـدار و جفری (Demotes-mainarda and Jeuffroy, 2004) و علوی و سعید (Alavi and Saeid, 2008) در سورگوم و صادقی و بحرانی (Sadeghi and Bahrani, 2002) در ذرت دانه‌ای نیز گزارش کردند که، افزایش تراکم باعث کاهش قطر ساقه می‌گردد. هم‌چنین سلیمانی و همکاران (Soleymani *et al.*, 2012) گزارش کردند که، با افزایش تراکم سورگوم از ۱۰ به ۵۰ بوته در مترمربع طول پانیکول به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که تأییدی بر نتایج این تحقیق می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که، با افزایش تراکم، تعداد برگ تغییر معنی‌داری نداشت (جدول ۳). مطالعات نشان می‌دهد تعداد برگ در غلات بیشتر تحت تأثیر ژنوتیپ قرار دارد. با این وجود از عوامل محیطی دو عامل درجه حرارت و طول روز بیش از دیگر عوامل در تشکیل آغازه‌های برگ و ظهور برگ نقش دارد و تراکم نمی‌تواند تأثیر چندانی در این رابطه داشته باشد. نتایج به‌دست آمده مشابه نتایج ساریخانی و رزمجو (Sarikhani and Razmjo, 2005) در سورگوم می‌باشد.

اثر متقابل نیتروژن و تراکم بر تعداد پنجه در بوته، قطر ساقه و طول و عرض پانیکول معنی‌داری بود، اما ارتفاع و تعداد برگ در ساقه اصلی را تحت تأثیر قرار نداد (جدول ۱). این بدین معناست که هر یک از عوامل به‌طور مستقل بر ارتفاع و تعداد برگ در ساقه اصلی تأثیرگذار بوده‌اند. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل نیتروژن و تراکم نشان داد که، بیشترین ارتفاع بوته با میانگین ۱۱۷/۹

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-22]

سانتی‌متر مربوط به تیمار مصرف ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تراکم ۵۰ بوته در مترمربع بود؛ اما بیشترین تعداد پنجه در بوته با میانگین ۲/۲۶ عدد، قطر ساقه با میانگین ۱۱/۴ میلی‌متر، طول پانیکول با میانگین ۱۲/۲۶ سانتی‌متر و عرض پانیکول با میانگین۵/۳۳ سانتی‌متر مربوط به تیمار مصرف ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تراکم ۱۲ بوته در مترمربع بود (جدول ۴). در سطوح نیتروژن پائین (صفر و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) افزایش تراکم از ۱۲ به ۱۵ بوته در مترمربع نتوانست تغییر معنی‌داری در قطر ساقه ایجاد کند؛ اما با افزایش مصرف نیتروژن در سطوح ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، این افزایش تراکم سبب کاهش معنی‌دار قطر ساقه گردید.

مساحت برگ پرچم: تغییر در مقدار نیتروژن مصرفی و تراکم بوته مساحت برگ پرچم را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که، با افزایش نیتروژن مساحت برگ پرچم نیز افزایش یافت؛ به‌طوری‌که تیمار مصرف ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۸۷/۳۸ سانتی‌مترمربع بیشترین مساحت برگ پرچم را به‌خود اختصاص داد که نسبت به تیمارهای مصرف صفر، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از برتری به‌ترتیب ۱۱۳، ۴۸/۸ و ۱۵/۷ درصدی برخوردار بود (جدول ۶). بدیهی است که افزایش مصرف نیتروژن به‌علت تحریک رشد رویشی و ماده‌سازی و اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر به برگ پرچم باعث افزایش مساحت این برگ گردیده است. علی عباسی و اصفهانی (Aliabasi and Esfehani, 2007) نیز افزایش معنی‌دار مساحت برگ پرچم را با افزایش کاربرد نیتروژن در برنج گزارش کردند؛ که نتایج تحقیق حاضر با نتایج آن‌ها مطابقت دارد.

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بوته روی برخی از خصوصیات سورگوم دانه‌ای

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		مساحت برگ	درصد پروتئین	عملکرد دانه	عملکرد پروتین
تکرار	۲	۸۷/۸۴۸^{ns}	۰/۴۲۸^{ns}	۲۵۵۵۶۴/۱^{ns}	۳۰۷۰/۱^{ns}
نیتروژن	۳	۴۸۷۴/۱۶۴**	۱۸/۱۸۶**	۳۳۵۱۳۷۳/۱**	۴۱۱۹۵/۸۲**
خطا a	۶	۳۶/۶۸۵	۰/۲۰۴	۲۴۰۶۸۶/۲۸	۲۰۸۹/۷۶
تراکم	۳	۱۵۰۳/۴**	۰/۴۱۸*	۱۰۵۳۸۸۵/۲**	۹۰۸۸//۹۹**
نیتروژن×تراکم	۹	۷۵/۵۸*	۰/۲۸۳*	۲۶۷۴۷۰/۹**	۲۱۷۸/۲۸**
خطا b	۲۴	۲۸/۷۶	۰/۰۹۳	۱۸۶۴۷/۳۹	۲۰۶/۳۷
ضریب تغییرات (درصد)		۸/۱۵	۳/۴۵	۱۲/۹۷	۱۴/۸۵

^{ns} و * و **به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-22]

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف نیتروژن روی برخی از خصوصیات سورگوم دانه‌ای

سطوح نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	مقایسه میانگین			
	مساحت برگ (cm^{-2})	درصد پروتئین	عملکرد دانه (kg/ha)	عملکرد پروتین (kg/ha)
۰	۴۱/۰۳^{d}	۷/۳۵^{d}	۵۰۰/۴^{b}	۳۷/۴۹^{b}
۷۵	۵۹/۱۳^{c}	۸/۳۵^{c}	۷۱۵/۸^{b}	۵۹/۴۳^{b}
۱۵۰	۷۵/۵۲^{b}	۹/۴۷^{b}	۱۳۸۹^{a}	۱۳۲/۹^{a}
۲۲۵	۸۷/۳۸^{a}	۱۰/۱۵^{a}	۱۶۰۶/۲۵^{a}	۱۶۱/۱^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن).

با توجه به جدول ۷، با کاهش تراکم بوته در واحد سطح، مساحت برگ پرچم افزایش یافت و حداکثر مساحت برگ پرچمی با میانگین ۷۸/۴ سانتی‌متر مربع در تراکم ۱۲ بوته در مترمربع به‌دست آمد که نسبت به تراکم‌های ۱۵، ۲۵ و ۵۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب ۱۰/۵، ۲۸/۹ و ۴۸/۲ درصد برتری داشت. دلیل این موضوع را می‌توان مربوط به افزایش رقابت بین بوته‌ها در تراکم‌های بالاتر و محدودیت منابع غذایی که به برگ پرچم می‌رسد؛ دانست. گولر و همکاران (Guler *et al*., 2008) اختلاف معنی‌دار بین تراکم‌های مورد مطالعه را در صفت مساحت برگ پرچم سورگوم دانه‌ای گزارش کردند. با این وجود براری تاری و همکاران (Barari Tari *et al*., 2009) در بررسی خود اظهار داشتند که، تغییر تراکم بوته در برنج تأثیر معنی‌داری بر مساحت برگ پرچم ندارد.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر تراکم بوته روی برخی از خصوصیات سورگوم دانه‌ای

تراکم (بوته در مترمربع)	مقایسه میانگین			
	مساحت برگ (cm^{-2})	درصد پروتئین	عملکرد دانه (kg/ha)	عملکرد پروتین (kg/ha)
۱۲	۷۸/۴^{a}	۹/۰۵^{a}	۸۳۹/۱۶^{c}	۷۵/۹۴^{c}
۱۵	۷۰/۹۲^{b}	۸/۹۳^{ab}	۸۷۴/۵۸^{c}	۷۸/۹۱^{c}
۲۵	۶۰/۸۲^{c}	۸/۶۹^{b}	۱۰۱۵^{b}	۸۸/۰۱^{b}
۵۰	۵۲/۹۱^{d}	۸/۶۸^{b}	۱۴۸۲/۵^{a}	۱۲۸/۶۸^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن).

اثر متقابل نیتروژن و تراکم بوته نیز در سطح احتمال ۵ درصد بر مساحت برگ پرچم معنی‌دار بود (جدول ۵). این نتیجه بدان معنی است که در صفت مساحت برگ پرچم، عکس‌العمل سورگوم نسبت به تغییرات تراکم با تغییر میزان مصرف نیتروژن تغییر می‌یابد. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل نیتروژن و تراکم بوته نشان داد که، بیشترین مساحت برگ پرچم با میانگین ۱۰۵/۸ سانتی‌مترمربع در تیمار مصرف ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تراکم ۱۲ بوته در مترمربع مشاهده شد که ۲/۹۵ برابر بیشتر

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-22]

از تیمار دارای حداقل مساحت برگ پرچم (عدم مصرف کود نیتروژن و تراکم ۵۰ بوته در مترمربع) بود (جدول ۸). در کلیه سطوح نیتروژن با کاهش تراکم، مساحت برگ پرچم افزایش پیدا کرد؛ ولی این افزایش در تیمارهای کاربرد نیتروژن نسبت به تیمار عدم کاربرد نیتروژن به‌مراتب از شدت بیشتری برخوردار بود (جدول ۸)؛ که بیانگر اهمیت و نقش نیتروژن در توسعه سطح برگ است. در شرایط کاربرد تنها ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار علیرغم افزایش تراکم تا ۵۰ بوته در مترمربع و وجود رقابت شدید بین بوته‌ای شدید، برگ پرچم مساحتی مشابه با تیمار حداقل تراکم (۱۲ بوته در مترمربع) و عدم مصرف نیتروژن داشته است و تیمارهای کاربرد مقادیر ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با تراکم ۵۰ بوته در مترمربع از برتری معنی‌داری نسبت به تیمار عدم کاربرد نیتروژن و تراکم ۱۲ بوته در مترمربع برخوردار بوده‌اند (جدول ۸).

درصد پروتئین: درصد پروتئین دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح نیتروژن، تراکم بوته و اثر متقابل نیتروژن و تراکم بوته قرار گرفت (جدول ۵). با کاهش مقدار مصرف نیتروژن درصد پروتئین دانه کاهش یافت؛ به‌طوری‌که بیشترین درصد پروتئین دانه به میزان ۱۰/۱۵ درصد از تیمار ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کمترین آن به میزان ۷/۳۵ درصد از تیمار عدم مصرف نیتروژن به‌دست آمد (جدول ۶). نیتروژن علاوه بر تأثیری که بر عملکرد دانه می‌گذارد چون یکی از اجزای اصلی مولکول‌های اسیدهای آمینه می‌باشد؛ سبب بالا رفتن درصد پروتئین دانه نیز می‌شود. کودهای نیتروژنه احتمالاً مقدار واردات نیتروژن از قسمت‌های رویشی به دانه را در مقایسه با کربوهیدرات‌ها افزایش داده و موجب افزایش غلظت نیتروژن دانه و درصد پروتئین آن می‌گردند (مرادی تلاوت و همکاران، ۱۳۸۵). فلاح و تدین (Fallah and Tadayyon, 2009) در ذرت، بحرانی و طهماسبی سروستانی (Bahrani and Tahmasebi Sarwestani, 2007) در گندم و مرشد و همکاران (Morshed *et al*., 2008) در سویا دریافتند که، با افزایش مصرف نیتروژن درصد پروتئین دانه به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. سلطانا و همکاران (Sultana *et al*., 2009) اظهار داشتند که، نیتروژن جذب سایر عناصر غذایی را افزایش داده و موجب بالا رفتن محتوای پروتئین دانه در ماش گردیده است. المدرس و همکاران (Almodares *et al*., 2009) نیز در بررسی تأثیر سطوح نیتروژن گزارش کردند که، افزایش کاربرد نیتروژن از ۵۰ به ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار باعث افزایش معنی‌دار درصد پروتئین و بیوماس ذرت و سورگوم می‌گردد. مجموع این تحقیقات تأییدی بر نتایج حاصل در تحقیق حاضر می‌باشد.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که، افزایش تراکم بوته در واحد سطح اثر منفی بر درصد پروتئین دانه سورگوم داشته است؛ به‌طوری‌که بیشترین درصد پروتئین با میانگین ۹/۰۵ درصد مربوط به تیمار ۱۲ بوته در مترمربع و کمترین آن با میانگین ۸/۶۸ درصد مربوط به تیمار ۵۰ بوته در مترمربع بود (جدول ۷). علت کاهش درصد پروتئین دانه در اثر بالا رفتن تراکم بوته را افزایش سایه‌اندازی بوته‌های مجاور و در نتیجه

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-22]

کاهش میزان نور نفوذ یافته به درون سایه‌انداز و اختلال در احیاء نیتروژن و چرخه اسید آمینه به‌علت کاهش در میزان آنزیم نیترات ریداکتاز دانسته‌اند (Ulger *et al*., 1997). هم‌چنین می‌توان گفت که در تراکم های بالا رقابت جهت مواد پرورده و نیتروژن افزایش یافته و در نتیجه سهم کمتری از نیتروژن به گل‌آذین و دانه اختصاص می‌یابد که باعث کاهش درصد پروتئین دانه می‌گردد. سایر پژوهشگران نیز گزارش نمودند که، با افزایش تراکم بوته درصد پروتئین دانه کاهش می‌یابد (Sadeghi and Bahrani, Ulger *et al*., 1997 ;2002). با این وجود فلاح و تدین (Fallah and Tadayyon, 2009) در بررسی تأثیر تراکم بوته و مقدار نیتروژن بر عملکرد، نیترات و پروتئین ذرت سیلوئی گزارش کردند که، تراکم بوته تأثیر معنی‌داری بر پروتئین خام دانه داشت. با افزایش تراکم بوته میزان پروتئین خام دانه ذرت تا تراکم ۱۲ بوته در مترمربع کاهش و سپس به‌طور غیرمعنی‌داری افزایش یافت.

بیشترین درصد پروتئین دانه در تیمارهای مصرف ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تراکم ۱۲ و ۱۵ بوته در مترمربع به‌دست آمد (جدول ۸)؛ که احتمالاً دلیل آن شرایط تغذیه‌ای بهتر برای گیاه در این تیمارها بوده است. به‌عبارتی به‌نظر می‌رسد، کاهش تراکم بوته همراه با افزایش قابلیت دسترسی و تبدیل نیتروژن به پروتئین در این تیمارها باعث گردیده است تا بر خلاف سطوح دیگر نیتروژن (صفر، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) تراکم‌های پایین‌تر در گروه آماری برتر نسبت به دو تراکم بالا (۲۵ و ۵۰ بوته در مترمربع) قرار گیرند. در واقع حتی کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نتوانسته است پاسخگوی نیاز گیاه به نیتروژن جهت افزایش درصد پروتئین در تراکم‌های بالا باشد (جدول ۸). به‌نظر می‌رسد، در تراکم‌های بالا جهت کسب محصول با درصد پروتئین زیاد، نیاز به کاربرد نیتروژن بیشتر می‌باشد. افزایش معنی‌دار درصد پروتئین در سورگوم با افزایش کاربرد نیتروژن از صفر به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار توسط افضل و همکاران (Afzal *et al*., 2012) نیز گزارش شده است.

عملکرد دانه: عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات ساده و متقابل نیتروژن و تراکم بوته قرار گرفت (جدول ۵). با افزایش مصرف نیتروژن عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت؛ به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه به‌میزان ۱۶۰۶/۲۵ کیلوگرم در هکتار از تیمار کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد (جدول ۶). احتمالاً کاهش ۶۸/۸ و ۵۵/۴ درصدی عملکرد دانه به‌ترتیب در سطوح صفر و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به تیمار کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار می‌تواند به این دلیل باشد که کمبود این عنصر در هر یک از مراحل رشد باعث اختلال در سنتز مواد فتوسنتزی شده و باعث کاهش تعداد گلچه‌ها در پانیکول و وزن صد دانه و در نتیجه کاهش عملکرد در سورگوم می‌شود. به‌عبارتی، افزایش عملکرد دانه ناشی از افزایش مصرف نیتروژن می‌تواند به‌دلیل ایجاد مخزن قوی یعنی تعداد دانه بیشتر و فعالیت منبع یعنی شاخص سطح برگ بیشتر و دوام زیادتر آن باشد؛ که با نتایج اصغری و همکاران (Asghari *et al*., 2006) مطابقت دارد.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-22]

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-22]

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بوته روی برخی از خصوصیات سورگوم دانه‌ای

سطوح نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)	تراکم بوته (بوته در مترمربع)	مقایسه میانگین			
		مساحت برگ (cm^{-2})	درصد پروتئین	عملکرد دانه (kg/ha)	عملکرد پروتین (kg/ha)
۰	۱۲	۴۸/۲^{gh}	۷/۵۶^{d}	۶۶۰^{f}	۴۹/۹^{h}
	۱۵	۴۱/۹۲^{hij}	۷/۴۳^{d}	۵۰۶/۶۶^{fg}	۳۷/۶۴^{i}
	۲۵	۳۸/۱^{ij}	۷/۳^{d}	۴۸۶/۶۶^{fg}	۳۵/۵۳^{i}
	۵۰	۳۵/۹^{j}	۷/۱۳^{d}	۳۴۸/۳^{g}	۲۴/۸۳^{j}
۷۵	۱۲	۷۲/۰۸^{de}	۸/۶^{c}	۵۲۳/۳۳^{fg}	۴۵/۰۱^{h}
	۱۵	۶۲/۵e^{f}	۸/۴۶^{c}	۵۵۰f^{g}	۴۶/۵۳^{h}
	۲۵	۵۴/۸۱^{fg}	۸/۲۶^{c}	۵۷۳/۳۳^{fg}	۴۷/۳۶^{h}
	۵۰	۴۷/۱۶^{ghi}	۸/۱^{c}	۱۲۱۶/۶۶^{de}	۹۸/۵۵^{g}
۱۵۰	۱۲	۸۷/۵۲^{bc}	۹/43^{b}	۱۰۸۶/۶۶^{e}	۱۰۲/۴۷^{g}
	۱۵	۸۳/۱^{c}	۹/۲۳^{b}	۱۱۰۸/۳۳^{e}	۱۰۲/۳^{g}
	۲۵	۷۱/۹۳^{de}	۹/۴۳^{b}	۱۳۸۳/۲۳^{d}	۱۳۰/۳^{e}
	۵۰	۵۹/۵۵^{f}	۹/۸^{b}	۱۹۷۶/۶۶^{b}	۱۹۳/۷۱^{b}
۲۲۵	۱۲	۱۰۵/۸^{a}	۱۰/۶^{a}	۱۰۸۶/۶۶^{e}	۱۱۵/۱۹^{f}
	۱۵	۹۶/۱۹^{b}	۱۰/۶۳^{a}	۱۳۳۳/۲۳^{de}	۱۴۱/۷۳^{d}
	۲۵	۷۸/۴۶^{cd}	۹/۷^{b}	۱۶۱۶/۶۶^{c}	۱۵۶/۸۲^{c}
	۵۰	۹۶/۰۷^{de}	۹/۶۶^{b}	۲۳۸۸/۳۳^{a}	۲۳۰/۷۱^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن).

رضایی سوت‌آباندانی و رمضانی (Rezaei Sokht-Abandani and Ramezani, 2012) در بررسی اثر مقادیر صفر، ۹۶ و ۱۸۴ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در ذرت دانه‌ای و علی (Ali, 2010) نیز در بررسی مقادیر ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در ارزن اظهار داشتند که، با افزایش کاربرد نیتروژن عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که، با افزایش تراکم عملکرد دانه افزایش یافت؛ به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۱۴۸۲/۵ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار ۵۰ بوته در مترمربع بود؛ که نسبت به تراکم‌های ۲۵، ۱۵ و ۱۲ بوته در مترمربع از برتری به‌ترتیب ۴۶، ۶۹/۵ و ۷۶/۷ درصدی برخوردار بود (جدول ۷). به‌نظر می‌رسد، این افزایش عملکرد عمدتاً به‌واسطه افزایش تعداد پانیکول در واحد سطح باشد. به‌عبارتی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که، هر چند با افزایش تراکم تعداد دانه در پانیکول و وزن هزار دانه کاهش می‌یابد؛ اما افزایش تعداد پانیکول در واحد سطح می‌تواند علاوه بر جبران کاهش عملکرد تک بوته، افزایش عملکرد دانه در واحد سطح را نیز به‌دنبال داشته باشد. لک و همکاران (Lack *et al*., 2008) نیز بالاتر بودن عملکرد ذرت در تراکم‌های بالا با وجود کاهش دو جزء دیگر عملکرد دانه یعنی تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه را به تعداد بیشتر بلال در واحد سطح نسبت دادند. برخی از محققین به افزایش عملکرد دانه با افزایش تراکم گیاهی در سورگوم اشاره نموده‌اند (Javadi, 2004; Soleymani *et al*., 2011). در پژوهشی، افزایش ۳۷/۶ درصدی عملکرد دانه با افزایش تراکم از ۱۰ به ۲۶ بوته در مترمربع توسط جوادی (Javadi, 2004) گزارش شده است. افزایش تراکم بوته احتمالاً با بالا بردن شاخص سطح برگ در جامعه گیاهی و افزایش نور دریافتی، توان فتوسنتزی در واحد سطح را افزایش داده و در نتیجه بیشتر شدن عملکرد دانه را باعث شده است.

بیشترین عملکرد دانه در تیمار کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تراکم ۵۰ بوته در مترمربع با میانگین ۲۳۸۸/۳۳ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۸). مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل بیانگر این واقعیت است که، هر چند افزایش تراکم بوته از ۱۲ به ۵۰ بوته در مترمربع در شرایط کاربرد کود نیتروژن می‌تواند تأثیر مثبتی را بر عملکرد دانه سورگوم داشته باشد؛ اما در صورت عدم کاربرد کود نیتروژن این افزایش تراکم به‌طور معنی‌داری باعث کاهش عملکرد دانه می‌گردد. به‌نظر می‌رسد در شرایط عدم کاربرد نیتروژن، افزایش تراکم به‌علت تشدید رقابت بین بوته‌ای و محدودیت دسترسی به منابع سبب کاهش رشد زایشی و عملکرد دانه می‌شود. لک و همکاران (Lack *et al*., 2008) گزارش کردند که، در شرایط مطلوب رطوبتی اثرات توأم افزایش تراکم بوته و مصرف نیتروژن موجب افزایش عملکرد دانه می‌گردد. این محققین اظهار داشتند که، به موازات افزایش تراکم بوته باید نیتروژن در دسترس افزایش یابد.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-22]

عملکرد پروتئین: عملکرد پروتئین دانه سورگوم به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح نیتروژن، تراکم بوته و اثر متقابل نیتروژن و تراکم بوته قرار گرفت (جدول ۵). عملکرد پروتئین دانه در تیمارهای مصرف ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب ۱/۵۹، ۳/۵۴ و ۴/۳۰ برابر تیمار عدم کاربرد نیتروژن بود (جدول ۶). علت افزایش عملکرد پروتئین را در تیمارهای با مصرف بالا کود نیتروژن می‌توان افزایش توأم درصد پروتئین و عملکرد دانه دانست. در بین صفات مورد مطالعه نیز عملکرد پروتئین بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه ($r= ۰/۹۹^{**}$) و درصد پروتئین ($r= ۰/۷۴۵^{**}$) نشان داد (جدول ۹). مامان و همکاران (Maman *et al*., 1999) در آزمایشی با افزایش نیتروژن مصرفی از ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده نمودند که، عملکرد دانه و پروتئین خام ارزن به‌طور خطی افزایش یافت. هم‌چنین صادقی‌پور و منعم (Sadeghipor and Moneam, 2009) بیان کردند که، با افزایش کاربرد نیتروژن از صفر به ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد پروتئین دانه ماش به‌طور معنی‌دار و از ۱۴/۴ به ۳۹/۲ گرم در مترمربع افزایش می‌یابد.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که، با کاهش تراکم بوته در واحد سطح عملکرد پروتئین دانه سورگوم کاهش یافت؛ به‌طوری‌که بیشترین عملکرد پروتئین به‌میزان ۱۲۸/۶۸ کیلوگرم در هکتار مربوط به تراکم ۵۰ بوته در مترمربع بود که از برتری ۶۹/۴ درصدی نسبت به تراکم ۱۲ بوته در مترمربع برخوردار بود (جدول ۷). علت افزایش عملکرد پروتئین دانه در تراکم‌های بالاتر بوته در واحد سطح را می‌توان به بالا بودن عملکرد دانه در این تراکم‌ها نسبت داد. جوادی (Javadi, 2004) نیز اظهار داشته است که، عملکرد پروتئین دانه در نتیجه افزایش تراکم بوته از ۱۰ به ۲۶ بوته در مترمربع به‌میزان ۳۸/۵ درصد افزایش یافت.

بیشترین عملکرد پروتئین دانه با میانگین ۲۳۰/۷۱ کیلوگرم در هکتار در تیمار مصرف ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تراکم ۵۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد که ۹/۲ برابر عملکرد پروتئین دانه در تیمار عدم مصرف نیتروژن و تراکم۵۰ بوته در مترمربع بود (جدول ۸). این به آن معناست که نیتروژن تأثیر بسیار مثبتی بر عملکرد پروتئین دانه سورگوم داشته است. هم‌چنین با توجه به مقایسه میانگین‌ها هر چند افزایش تراکم در تیمارهای کاربرد ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث افزایش عملکرد پروتئین دانه شده است؛ اما در شرایط عدم کاربرد نیتروژن افزایش تراکم از ۱۲ به ۵۰ بوته در مترمربع کاهش معنی‌دار این صفت را به‌دنبال داشته است؛ که علت این امر مربوط به روند تغییرات عملکرد دانه در تیمارهای آزمایشی است. به‌عبارتی، عملکرد پروتئین دانه متأثر از عملکرد دانه سورگوم بوده است.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-22]

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-22]

جدول ۹- ضرایب همبستگی بین صفات سورگوم دانه‌ای

صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱- عملکرد بذر	**۱**									
۲- عملکرد پروتئین	۰/۹۹**	**۱**								
۳- درصد پروتئین	۰/۶۷**	۰/۷۵**	**۱**							
۴- قطر پانیکول	۰/۵۴**	۰/۶۱**	۰/۹**	**۱**						
۵- تعداد برگ در ساقه اصلی	۰/۵۳**	۰/۵۹**	۰/۷۵**	۰/۷**	**۱**					
۶- مساحت برگ	۰/۴**	۰/۴۷**	۰/۸۷**	۰/۹۲**	۰/۶۶**	**۱**				
۷- طول پانیکول	۰/۴**	۰/۴۶**	۰/۸۶**	۰/۹۵**	۰/۶۵**	۰/۹۳**	**۱**			
۸- قطر ساقه	۰/۲۴	۰/۳۲*	۰/۷۸**	۰/۸۵**	۰/۵۹**	۰/۸۹**	۰/۹۱**	**۱**		
۹- تعداد پنجه در بوته	-۰/۱۴	-۰/۰۸	۰/۴۱**	۰/۵۸**	۰/۲۱	۰/۷۱**	۰/۶۶**	۰/۷۶**	**۱**	
۱۰- ارتفاع گیاه	۰/۵۸**	۰/۵۶**	۰/۲۱	۰/۰۷	۰/۳۵*	-۰/۱	-۰/۰۵	-۰/۲۲	-۰/۶۵**	**۱**

ns، * و ** به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با صفات ارتفاع بوته، تعداد برگ ساقه اصلی، طول و عرض پانیکول و مساحت برگ پرچم وجود دارد (جدول ۹). مصرف کود نیتروژن به‌علت تحریک رشد رویشی و افزایش درصد پروتئین دانه و افزایش تراکم بوته در واحد سطح به‌دلیل بهره‌برداری بیشتر گیاه از نور خورشید و سایر منابع تولید باعث افزایش قابل توجه عملکرد دانه و پروتئین در واحد سطح می‌گردد؛ و از اینرو برای داشتن عملکرد مناسب در زراعت سورگوم دانه‌ای رقم سیستان در منطقه زابل تیمار مصرف ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تراکم ۵۰ بوته در مترمربع پیشنهاد می‌شود.

منابع

Afzal M., Ahmad A., Ahmad A.U.H. 2012. Effect of nitrogen on growth and yield of sorghum forage under three cutting system. Cercetari Agronomice in Moldova, 4 (152): 57-64.

Alavi S.M., Saeid M.S.A. 2008. Effect plant densities on forage and seed yield of sorghum in Bam. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 12 (45a): 91-97. (In Persian).

Albayrak S., Turk M., Yuksel O. 2011. Effect of row spacing and seeding rate on *Hungarian vetch* yield and quality. Turkish Journal Field Crops, 16 (1): 54-58.

Ali E.A. 2010. Grain yield and nitrogen use efficiency of pearl millet as affected by plant density, nitrogen rate and splitting in sandy soil. American-Eurasian Journal Agricultural and Environmental Science, 7 (3): 327-335.

Aliabasi H.R., Esfehani M. 2007. Effect of nitrogen fertilizer levels and its split on rate and period filling of seed rice. Journal of Agriculture, 2: 25-38. (In Persian).

Almodares A., Jafarinia M., Hadi M.R. 2009. The effects of nitrogen fertilizer on chemical compositions in corn and sweet sorghum. American-Eurasian Journal Agricultural and Environmental Science, 6 (4): 441-446.

Anafjeh Z., Chaab A. 2012. The effect of various plant densities on competitiveness of corn with natural population of weeds. International Journal of Agronomy and Plant Production, 3 (6): 207-212.

Ansarinia E. 2010. Effect of irrigation and nitrogen levels on yield and agronomical traits of sunflower. M.Sc. Thesis in Agriculture, Department of Agriculture, Azad University of Birjand, Iran. (In Persian).

Asghari A., Razmjoo K., Mazaheri Tehrani M. 2006. Effect of nitrogen rates on yield, yield components and grain protein of grain sorghum (*Sorghum bicolor*). Journal of Agricultural Science and Natural Resources, 13 (1): 49-57. (In Persian).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-22]

Bahrani A., Tahmasebi Sarwestani Z. 2007. Effect of rate and time of nitrogen application on accumulation and nitrogen remobilization efficiency in flag leaf of *Triticum aestivum*. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 11 (40a): 147-154. (In Persian).

Barari Tari D., Gazanchian A., Pirdashti H.A., Nasiri M. 2009. Flag leaf morphophysiological response to different agronomical treatments in a promising line of rice (*Oryza sativa* L.). American-Eurasian Journal Agricultural and Environmental Science, 5 (3): 403-408.

Demotes-mainarda S., Jeuffroy M.H. 2004. Effects of nitrogen and radiation on dry matter and nitrogen accumulation in the pike of winter wheat. Field Crop Research, 87: 221-233.

Douglas J.H., Sullivan T.W., Bond P.L., Struwe F.J. 1990. Nutrient composition and metabolically energy values of selected grain sorghum varieties and yellow corn. Poulty Science, 69: 1147-1155.

Fallah S., Tadayyon A. 2009. Effects of plant density and nitrogen rates on yield, nitrate and protein of silage maize. Electronic Journal of Crop Production, 2 (1): 105-121. (In Persian).

Guler M., Gul I., Yilmaz S., Emeklier H.Y., Akdogsn G. 2008. Nitrogen and plant density effects on sorghum. Journal of Agronomy, 7 (3): 220-228.

Javadi H. 2004. Effect plant density on growth, yield and yield components of four varieties of grain sorghum. M.Sc. Thesis in Agriculture, Department of Agriculture, Azad University of Birjand, Iran. (In Persian).

Jeon B.T., Lee L., Sum D.W., Moon S.H. 1992. Density and planting pattern on the growth characteristics, dry matter yield and feeding value of sorghum- sudan garss hybrid. Journal of the Korean Society of Grass Land Science, 12 (1): 49-58.

Lack S., Naderi A., Siadat S.A., Ayenehband A., Nourmohammadi G.H., Moosavi S.H. 2008. The effects of different levels of irrigation, nitrogen and plant population on yield, yield components and dry matter remobilization of corn at climatical conditions of Khuzestan. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 11 (42): 1-14. (In Persian).

Maman M., Mason S.C., Galusha T., Clegg M.D. 1999. Hybrid and nitrogen influence on pearl millet production in Nebraska: yield, growth, and nitrogen uptake, and nitrogen use efficiency. Agronomy Journal, 91:737-743.

Marschner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press London.

Miri G.R. 2007. Effect of plant density and nitrogen rate on on yield and yield components of two varieties of grain sorghum in Sistan region. M.Sc. Thesis in Agriculture, Department of Agriculture, Azad University of Birjand, Iran. (In Persian).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-22]

Morshed R.M., Rahman M.M., Rahman M.A. 2008. Effect of nitrogen on seed yield, Protein content and nutrient uptake of soybean (*Glycine max* L.). Journal of Agricultural and Rural Development, 6 (1 and 2): 13-17.

Rezaei Sokht-Abandani R., Ramezani M. 2012. The examination of the effect of irrigation interval and nitrogen amount on the yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) in Mazandaran province. International Journal of Biology, 4 (2): 70-78.

Rezvanimhoghadm P., Rashed-Mohacel M.H. 2000. Effect of plant density and row spacing on yield and yield components of mugan bean. Proceeding of 6th Iranian Crop Science Congress, Mazandaran University. (In Persian).

Riahinia S.H., Khazaei H.R., Kafi M., Nezami A. 2013. Effects of water stress and soil nitrogen levels on some biochemical properties in grain sorghum cultivars under greenhouse condition. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, 4(14): 61-71.

Sadeghi H., Bahrani M.J. 2002. Effect of plansity and nitrogen rates on morphological characteristic an kernel protein contents of corn (*Zea mays* L.). Iranian Agriculture Sciences, 33 (3): 403-412. (In Persian).

Sadeghipor A., Moneam R. 2009. Effect nitrogen and phosphorus deficit stress on protein percent and yield of mugan bean. Environmental Stresses Ii Plant Sciences, 1 (2): 159-167. (In Persian).

Sarikhani S., Razmjo K. 2005. Effect intra and inter- row spacing on yield and yield components of three varieties of forage sorghum. Proceeding of First Conference of Forage Crop in Iran, 53 p.

Soleymani A., Almodares A., Shahrajabian M.H. 2012. Changes in seed yield and yield components of two cultivars of sweet sorghum in different plant populations. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4 (4): 175-178.

Soleymani A., Shahrajabian M.H., Naranjani L. 2011. The effect of plant density and nitrogen fertilization on yield, yield components and grain protein of grain sorghum. Journal Food, Agriculture and Environment, 9 (3 and 4): 244-246.

Sultana S., Ullah J., Karim F., Asaduzzaman D. 2009. Response of mungbean to integrated nitrogen and weed managements. American-Eurasian Journal of Agronomy, 2 (2): 104-108.

Torbatinejad N.M., Chaichi M.R., Sharifi S. 2002. Effect of nitrogen level on yield and yield components of three forage sorghum cultivars in Gorgan. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 9 (2): 205-220. (In Persian).

Uchino H., Watanabe T., Ramu., Marmuthu S., Hrawa K.L., Wani S.P., Ito O. 2013. Effects of nitrogen application on sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L.) in the semi-arid tropical zone of India. Japan Agricultural Research Quarterly, 47 (1): 65–73.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-22]

Ulger A.C., Ibrikci H., Cakir B., Guzel N. 1997. Influence of nitrogen rates and row spacing on corn yield, protein content, and other plant parameters. Journal Plant Nutrition, 20: 1697-1709.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-06-22]