ویژگی‌های کمی و کیفی عملکرد دانه سورگوم تحت تأثیر نیتروژن و تراکم بوته

امیرهوشنگ جلالی[۱] و محمدجعفر بحرانی[۱]

چکیده

به منظور بررسی تأثیر سطوح گوناگون کود نیتروژن و تراکم بوته بر ویژگی‌های کمی و کیفی عملکرد دانه در سورگوم دانه‌ای (Sorghum bicolor L. Moench) رقم کیمیا، آزمایشی در تابستان ۱۳۷۷ در مرکز تحقیقات کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در کوشکک انجام شد. چهار سطح تراکم ۷/۷، ۱۰، ۱۵/۴ و ۲۰ بوته در متر مربع به عنوان کرت‌های اصلی و چهار میزان نیتروژن صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان کرت‌های فرعی، در یک طرح آماری کرت‌های یک بار خرد شده، در چارچوب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار بررسی گردید.

میزان ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار عملکرد دانه را افزایش داد (۷۲۴۰ کیلوگرم در هکتار)، ولی در اثر افزایش تراکم، بیشترین میزان عملکرد دانه (۵۳۳۶ کیلوگرم در هکتار) در تراکم‌های ۱۵/۴ بوته در متر مربع حاصل شد. برهمکنش نیتروژن و تراکم بوته نیز معنی‌دار بود. افزودن ۸۰ کیلوگرم نیتروژن و بالاترین سطح تراکم بوته، بیشترین مقدار دانه را تولید کرد (۸۷۰۲ کیلوگرم در هکتار). اختلاف عملکرد میان سطوح مختلف نیتروژن و تراکم، به دلیل افزایش شمار دانه در شاخه‌های اصلی خوشه و افزایش شمار خوشه در متر مربع بود. روند تغییرات آهنگ رشد گیاه نیز با روند تغییرات عملکرد دانه هماهنگی داشت. در همهٔ تیمارها، میزان پروتئین دانه با افزایش نیتروژن افزایش یافت، ولی تراکم بوته تأثیر معنی‌داری بر میزان پروتئین دانه نداشت. ترکیبات فنلی (تانن‌ها) دانه با افزایش نیتروژن و کاهش تراکم بوته کاهش یافت. میان افزایش نیتروژن و ترکیبات فنلی هم‌بستگی منفی دیده شد.

واژه‌های کلیدی: *سورگوم دانه‌ای (Sorghum bicolor L. Moench)، ترکیبات فنلیک، آهنگ رشد گیاه*

مقدمه

با تولید ارقام بدون پنجه (تک ساقه) سورگوم و برطرف شدن مشکل پنجه‌زنی بی‌رویه در این گیاه، افق‌های تازه‌ای در تولید این محصول در کشور فراهم گشته است (۲). ویژگی‌های کمی و کیفی عملکرد دانه، و نیز ویژگی‌های فیزیولوژیک این محصول به نحو چشم‌گیری تحت تأثیر نیتروژن و تراکم بوته قرار می‌گیرد (۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۷). گزارش‌های بسیاری (۶، ۱۲، ۲۱ و ۲۴) مبنی

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.3.9.3]

بر تولید حداکثر عملکرد دانه در سورگوم دانه‌ای، با ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و حتی کمتر از این مقدار (۲۴) وجود دارد.

راسولم و همکاران (۱۵) تراکم بهینه برای تولید حداکثر دانه در این گیاه را ۲۱۳ هزار بوته در هکتار گزارش کردند، در حالی که داشورا و همکاران (۷) با ارزیابی چهار رقم سورگوم دانه‌ای، ۸۰ هزار بوته در هکتار را تراکم بهینه دانستند. شرایط محیطی، عملیات زراعی و تأثیر این عوامل بر توان تولید پنجه‌های بارور در گیاه، از دلایل اصلی تفاوت‌های موجود در پژوهش‌های گوناگون است.

مهم‌ترین جنبه‌های تغذیه‌ای در سورگوم دانه‌ای را میزان پروتئین دانه و ترکیبات فنلی موجود در دانه (به ویژه تانن‌ها) تشکیل می‌دهند، که هر دو سازه با تغییر در شرایط زراعی دچار نوسان می‌شوند. دامنهٔ تغییر پروتئین دانه در میان ارقام مختلف سورگوم ۸-۱۵ درصد است و با افزایش نیتروژن از صفر به ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار، مقدار آن افزایش می‌یابد (۳).

ترکیبات فنلی از ترکیبات ثانویه تشکیل دهندهٔ بافت گیاهی هستند که در بیشتر گیاهان دو لپه‌ای مانند یونجه (*Medicago sativa* L.)، لسپدوز (*Lespedoza cuneata* L.)، اسپرس (*Onobrychis sativa* L.)، شبدر پای پرنده (*Trifolium arvense* L.)، لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و باقلا (*Vicia faba*) یافت می‌شود (۱۴). اگرچه محاسن بسیاری همچون حفاظت گیاه در برابر نورهای شدید، ویژگی‌های ضد اکسیدانی، پایداری در شرایط تنش آب، جلوگیری از جوانه‌زنی پیش از برداشت، جلوگیری از تجزیه سریع بقایا در خاک، ایجاد پایداری در گیاهان در برابر عوامل بیماری‌زا و حشرات (۱۶)، برای این ترکیبات عنوان شده است، ولی مهم‌ترین آثار منفی این ترکیبات در کاهش جذب مواد غذایی، طعم ناخوشایند در دهان حیوان، کاهش هضم الیاف، و به ویژه تأثیر منفی بر هضم پروتئین می‌باشد. انواع سورگوم (اعم از دانه‌ای و علوفه‌ای) در تمام قسمت‌های خود، به ویژه دانه، دارای ترکیبات فنلیک (۲/۳ گرم در کیلوگرم ماده خشک) هستند (۱۴).

با توجه به این که پژوهش‌های گذشته بیشتر در ارقام با ویژگی پنجه‌زنی در سورگوم دانه‌ای انجام شده، و اطلاعات پیرامون تأثیر شرایط زراعی بر ویژگی‌های کمی و کیفی در ارقام تک ساقه بسیار اندک است، پژوهش حاضر در زمینهٔ تغییر الگوی کشت بهاره، و بررسی امکان جانشین کردن سورگوم دانه‌ای به جای ذرت دانه‌ای در منطقه کوشکک استان فارس (که با توجه به نیاز آبی کمتر سورگوم، افزایش سطح زیر کشت منطقه را به دنبال خواهد داشت) صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تراکم بوته و مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد و ویژگی‌های کیفی دانه در سورگوم دانه‌ای رقم کیمیا، آزمایشی در تابستان ۱۳۷۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در کوشکک، واقع در اراضی زیر سد درودزن (طول جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۲ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۴ دقیقه و ارتفاع ۱۶۵۰ متر، در ۷۵ کیلومتری شمال شرق شیراز) انجام گرفت.

آزمایش با استفاده از طرح کرت‌های خرد شده در چارچوب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. تیمارهای تراکم بوته و کود نیتروژن هر یک در چهار میزان در نظر گرفته شد، به گونه‌ای که تراکم بوته کرت اصلی، و کود نیتروژن کرت فرعی را تشکیل می داد.

روش کاشت به صورت جوی و پشته، با فواصل بین و روی ردیف ۲۰×۶۵، ۲۰×۵۰، ۱۰×۶۵ و ۱۰×۵۰ بود، که به ترتیب تراکم‌های ۷۶۹۲۳، ۱۰۰۰۰۰، ۱۵۳۸۴۶، و ۲۰۰۰۰۰ بوته در هکتار را ایجاد نمودند. فاصله میان دو کرت فرعی یک متر (معادل دو پشته ۵۰ سانتی‌متری به منظور جلوگیری از نفوذ آب به کرت‌های مجاور) و میان هر دو کرت اصلی دو متر در نظر گرفته شد. در هر کرت فرعی ۱۳ ردیف سورگوم برای فواصل ۵۰ سانتی‌متری و ۱۰ ردیف سورگوم برای فواصل ردیفی ۶۵ سانتی‌متری، هر یک به طول پنج‌متر کشت گردید. به این صورت کرت‌های فرعی ۵×۶۵ مترمربع و کرت‌های اصلی ۵×۲۶ متر مربع به وجود آمد. زمین آزمایش قبل از کشت به

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.3.9.3]

صورت آیش بود، که در پاییز شخم خورده، و با توجه به شرایط آب و هوایی ، عملیات تکمیلی شامل دیسک و تسطیح و اضافه کردن ۲۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریبل در هر هکتار، در اواخر اردیبهشت انجام شد، و پس از عملیات کشت، نخستین آبیاری در ۱۱ خرداد ماه صورت پذیرفت.

بافت خاک رسی و از رده Ramjredy fine, mixed mesic Calcixerollic xerocherepts بود که در آن مقادیر نیتروژن، مواد آلی و pH به ترتیب، ۰/۱۱ درصد، ۱/۲۶ درصد و ۷/۳ برآورد شد. مقادیر صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به شکل اوره (۴۶٪ نیتروژن) حدود ۴۰ روز پس از کشت و مقارن با حداکثر نیاز گیاه (۲۳) به کرت‌ها اضافه شد. مساحت کل آزمایش با احتساب حواشی و جوی‌ها بالغ بر ۴۰۰۰ متر مربع گردید.

بذر سورگوم به کار رفته در این آزمایش رقم کیمیا بود، که رقمی تک ساقه بوده و از مؤسسه اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر کرج تهیه گردید. بذرها قبل از کشت با قارچ‌کش ویتاواکس (به نسبت ۱/۵ در هزار) ضدعفونی شده، و به منظور دست‌یابی به تراکم‌های مطلوب در هر محل دو بذر در عمق ۲-۳ سانتی‌متری قرار گرفته، و در مرحلهٔ ۲-۳ برگی، پس از استقرار کامل، عملیات تنک کردن به صورت دستی انجام شد، و بوته‌های اضافی حذف گردید. برای کنترل علف‌های هرز، پیش از کشت ۳-۴ کیلوگرم در هکتار مخلوط آترازین و لاسو به خاک افزوده شد، و با دیسک در عمق ۱۰ سانتی‌متری مخلوط گردید (۱). آبیاری از هنگام کاشت تا ۵۰٪ سبز شدن هر سه روز یک بار، و از آن به بعد تا مرحلهٔ گل‌دهی هر ۷-۸ روز یک بار انجام شد. از مرحلهٔ گل دهی به بعد فواصل آبیاری به پنج روز کاهش یافت. در طول آزمایش موارد زیر مورد ارزیابی قرار گرفت:

عملکرد دانه (پس از حذف حاشیه برابر ۰/۵ متر مربع از اطراف هر کرت)، چهار متر مربع از خطوط وسط هر کرت برداشت و براساس ۰/۰۱۴ رطوبت تنظیم شد. آهنگ رشد گیاه (CGR[1]) بر حسب درجه دمای روز ـ رشد (GDD[2]) محاسبه شد، که در آن دمای پایه ۵/۷ درجه سانتی‌گراد و دمای حداکثر ۳۸ درجه سانتی گراد در نظر گرفته شد (۱۸).

به منظور بررسی ویژگی‌های کیفی، درصد پروتئین دانه‌ها نیز در پایان آزمایش با روش میکروکلدال[3] (۵) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری ترکیبات فنلی و تانن در دانه‌ها، منحنی‌های استاندارد اسید کافئیک در غلظت‌های گوناگون با روش سیورز و دالی (۱۹) تهیه، و با بهره‌گیری از دستگاه اسپکترونیک ۲۰ دی[4]، مقدار فنل کل دانه اندازه‌گیری گردید.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری ام.استات. سی[5] انجام گرفت و منحنی‌ها به کمک نرم‌افزار هاروارد گرافیک[6] رسم شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۰/۰۵ مقایسه گردید.

نتایج و بحث

تأثیر تراکم بوته و نیتروژن بر عملکرد دانه

با افزایش مصرف نیتروژن، عملکرد دانه نیز به گونه‌ای خطی افزایش یافت، و حداکثر عملکرد دانه (۷۲۴۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۲۰ کیلوگرم به دست آمد (جدول ۱). نتایج این آزمایش در زمینهٔ تعیین میزان نیتروژن بر خلاف نتایج پژوهشگران دیگر است، که ۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (۶، ۱۲، ۲۱ و ۲۴) و یا کمتر از آن (۲۲) را مقادیر بهینه برای تولید حداکثر عملکرد دانه گزارش کرده‌اند. این مطلب قابل توجیه است، زیرا رقم به کار گرفته شده در این آزمایش رقمی تک ساقه و فاقد پنجه بود، در حالی که در آزمایش‌های دیگر پژوهشگران، به کارگیری نیتروژن بیش از اندازه و یا کمتر از حد لازم، به ترتیب باعث افزایش پنجه‌های نابارور و عدم به کارگیری کامل از توان بالقوه گیاه شده است.

مهم‌ترین اجزای عملکرد که تحت تأثیر به کارگیری نیتروژن قرار گرفتند، شمار شاخه‌های اصلی خوشه، و مقدار دانه در

1. Crop Growth Rate
2. Growth Degree Day
3. Micro-kjeldahl
4. Spectronic 20 D
5. M STAT C
6. HARVARD GRAPHIC Ver. 2

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.3.9.3]

جدول ۱. مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه، درصد پروتئین، مقدار ترکیبات فنلیک، وزن هزار دانه، شمار شاخه‌های اصلی خوشه و شمار دانه در شاخه‌های اصلی خوشه

تیمار	عملکرد دانه ($kg\ ha^{-1}$)	پروتئین دانه (%)	ترکیبات فنلیک ($\mu g\ ml^{-1}$)	وزن هزار دانه (g)	شمار شاخه‌های اصلی خوشه	شمار دانه در شاخه‌های اصلی خوشه
نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)						
۰	۷۲۶/۹^{d}	۷/۲^{d}	۰/۱۱۷^{a}	۳۲/۲^{a}	۵۱/۷^{c}	۲۹/۴^{d}
۴۰	۴۲۳۲/۰^{c}	۸/۴^{c}	۰/۱۱۷^{a}	۳۲/۰^{a}	۵۲/۱^{b}	۳۲/۵^{b}
۸۰	۶۷۶۸/۰^{b}	۹/۴^{b}	۰/۱۱۳^{b}	۳۱/۶^{a}	۵۴/۵^{a}	۳۱/۷^{c}
۱۲۰	۷۲۴۰/۰^{a}	۱۰^{a}	۰/۱۰۹^{c}	۳۲/۵^{a}	۵۵/۱^{a}	۴۱/۶^{a}
تراکم (بوته در مترمربع)						
۷/۷	۴۲۰۷/۵^{b}	۸/۷^{a}	۰/۱۱۰^{b}	۳۳/۶^{a}	۵۳/۵^{a}	۴۰/۶^{a}
۱۰	۴۰۴۶/۰^{b}	۸/۶^{a}	۰/۱۱۰^{b}	۳۲/۷^{a}	۵۴/۵^{a}	۳۲/۳^{c}
۱۵/۴	۵۳۳۶/۰^{a}	۸/۶^{a}	۰/۱۱۸^{a}	۳۲/۵^{a}	۵۱/۷^{a}	۳۵/۸^{b}
۲۰	۵۰۴۸/۰^{a}	۹/۱^{a}	۰/۱۱۸^{a}	۲۹/۵^{b}	۵۳/۳^{a}	۳۱/۰^{d}

میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک هستند با هم اختلاف معنی‌داری ندارند.

شاخه‌های اصلی بودند، که با توجه به ثابت بودن وزن دانه، افزایش این دو جزء موجب افزایش وزن کل خوشه و عملکرد دانه شد (جدول ۱). تراکم بوته تأثیر معنی‌داری بر افزایش عملکرد دانه در تراکم‌های ۱۵/۴ و ۲۰ بوته در مترمربع داشت، ولی میان سطوح ۷/۷ و ۱۰ بوته در مترمربع، و هم‌چنین ۱۵/۴ و ۲۰ بوته در مترمربع تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. حداکثر عملکرد به دست آمده ناشی از افزایش تراکم ۵۳۳۶ کیلوگرم دانه در هکتار بود، که در مقایسه با افزایش عملکرد حاصل از افزایش نیتروژن به مراتب کمتر است (جدول ۱)، زیرا اجزای عملکرد یا تحت تأثیر افزایش تراکم قرار نگرفتند (مانند شمار شاخه‌های اصلی خوشه) و یا در برخی حالت‌ها در جهت منفی از تراکم بوته متأثر شدند (مانند شمار دانه در شاخه‌های اصلی خوشه در تراکم ۷/۷ بوته در مترمربع، که بیشترین مقدار را در مقایسه با دیگر تراکم‌ها داشته و با افزایش تراکم مقدار آن کاسته شده است. هم‌چنین، در تراکم ۱۵/۴ بوته در مترمربع با تراکم ۲۰ بوته در مترمربع همین حالت دیده می‌شود) (جدول ۱).

عامل کاهش شمار دانه در انشعابات اصلی خوشه با افزایش تراکم را می‌توان به ریختن گلچه‌ها نسبت داد، که گزارش‌های پژوهشگران دیگر نیز با نتایج به دست آمده در این زمینه هم خوانی دارد (۲، ۸ و ۱۱). کاهش وزن هزار دانه مشاهده شده در تراکم‌های بالا (۲۰ بوته در مترمربع) نیز به افزایش تنفس و کاهش دوام سطح برگ نسبت داده شده است (۹). بنابراین، افزایش عملکرد ناشی از افزایش تراکم تا سطح ۱۵/۴ بوته در متر مربع را تنها می‌توان به افزایش شمار خوشه در واحد سطح نسبت داد.

برهمکنش تراکم و نیتروژن بر عملکرد دانه در این آزمایش معنی‌دار بود. حداکثر عملکرد دانه (۸۷۰۲ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و تراکم ۲۰ بوته در متر مربع بود، که با تیمارهای ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در تراکم

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.3.9.3]

۲۰ بوته در مترمربع اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲). بنابراین، آمیزش مناسبی از تراکم و نیتروژن اهمیتی به مراتب بیشتر از توجه به هر یک از این عوامل به تنهایی دارد.

آهنگ رشد گیاه (CGR) نیز هماهنگی مطلوبی با نتایج به دست آمده در مورد عملکرد دانه نشان داد. همان گونه که در شکل ۱ دیده می‌شود، حداکثر آهنگ رشد در تراکم ۱۵/۴ بوته در مترمربع و مقادیر بالای نیتروژن (۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) به دست آمده است ($gr\ m^{-2}10GDD^{-1}$ ۳۰ معادل $gr\ m^{-2}\ day^{-1}$ ۴۲)، که با نتایج دیگر پژوهشگران (۹)، که حداکثر آهنگ رشد را در سورگوم دانه‌ای $grm^{-2}\ day^{-1}$ ۴۳/۶ گزارش کرده‌اند، هم‌خوانی دارد. در بیشتر تراکم‌ها (۷/۷، ۱۵/۴ بوته در مترمربع)، اگرچه نقطهٔ فراز منحنی آهنگ رشد در تیمار ۱۲۰ کیلوگرم است، ولی این نقطهٔ فراز زمان کمتری دوام داشته و به سرعت و با شیب زیاد کاهش می‌یابد. در حالی‌که فراز منحنی آهنگ رشد در تیمار ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن از دوام بیشتری برخوردار است. این امر می‌تواند دلیلی بر افزایش عملکرد این تیمار نسبت به تیمار ۸۰ کیلوگرم نیتروژن باشد (جدول ۱).

تأثیر تراکم بوته و نیتروژن بر ویژگی‌های کیفی دانه

پروتئین دانه

یکی از موارد مهم در تغذیه طیور با سورگوم دانه‌ای مقدار پروتئین دانه است. در پژوهش حاضر با افزایش میزان نیتروژن، مقدار پروتئین دانه نیز به گونه‌ای خطی افزایش یافت، به طوری که مصرف ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به شاهد، پروتئین دانه را ۳۸/۵٪ افزایش داد (جدول ۱). این امر با نتایج پژوهشگران دیگر هم‌خوانی دارد (۳ و ۲۰).

با توجه به پژوهش رامش و هودا (۱۳) در مورد تقسیم‌بندی ارقام سورگوم دانه‌ای از نظر میزان پروتئین دانه، رقم مورد آزمایش را می‌توان در مقادیر صفر و ۴۰ کیلوگرم نیتروژن جزو ارقام با پروتئین متوسط، و در مقادیر زیاد نیتروژن (۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) جزو ارقام با پروتئین زیاد به حساب آورد. این پژوهشگران ارقامی را که بیش از ۱۰٪، ۷-۱۰ درصد و کمتر از ۷٪ پروتئین داشته باشند به ترتیب ارقام با پروتئین زیاد، پروتئین متوسط و پروتئین کم معرفی می‌کنند.

اگر چه تأثیر تراکم بوته بر میزان پروتئین دانه از نظر آماری معنی‌دار نبود، ولی برهمکنش تراکم بوته و نیتروژن در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار بود (جدول ۲)، و حداکثر درصد پروتئین دانه (۱۰/۷٪) در تراکم ۱۰ بوته در مترمربع و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن به دست آمد، که خودگویای این است که حداکثر درصد پروتئین دانه در تراکم‌های به مراتب کمتری، نسبت به تراکم‌هایی که حداکثر مقدار عملکرد دانه را تولید می‌کنند، حاصل می‌گردد. اگر چه در تراکم ۱۰ بوته در مترمربع و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حداکثر درصد پروتئین دانه (۱۰/۷) به دست می‌آید، ولی این امر به آن معنی نیست که بهترین تیمارها از نظر مقدار پروتئین نیز همین تیمار است. زیرا مقدار کل پروتئین حاصل از این تیمار ۶۷۸/۴ کیلوگرم در هکتار است، در حالی که در تیمارهایی مانند تراکم ۲۰ بوته در مترمربع به همراه مقادیر ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن (با وجود درصد پروتئین مشابه ۱۰/۷) مقدار پروتئین در هکتار به ترتیب به ۹۳۱/۱ و ۹۱۱/۹ کیلوگرم رسیده است (یعنی از نظر مقدار کل پروتئین در هکتار، در این دو تیمار به ترتیب افزایشی برابر ۳۷/۲۵ و ۳۴/۴۲ درصد نسبت به تیمار ۱۰ بوته در مترمربع و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار دیده می‌شود). این افزایش در مقدار کل پروتئین به دلیل عملکردهای دانه بیشتر در این تیمار است. به دلیل همین عملکردهای زیاد، در برخی از تیمارها، با وجود این که درصد پروتئین با مقادیر حداکثر آن فاصله نسبتاً زیادی دارد، مقدار پروتئین تولید شده در هکتار شایان توجه است (به عنوان مثال در تراکم ۱۵/۴ بوته در مترمربع و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مقدار پروتئین به ۷۱۰/۳ کیلوگرم در هکتار رسیده است).

اصولاً مقدار پروتئین دانه در سورگوم تحت تأثیر طول مدت آیش، حاصل‌خیزی خاک و محصول پیشین قرار می‌گیرد، و تراکم در این زمینه تأثیر کمی دارد (۴).

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.3.9.3]

جدول ۲. مقایسه میانگین‌های برهمکنش نیتروژن و تراکم بر عملکرد دانه، پروتئین دانه، ترکیبات فنلیک، وزن هزار دانه، شمار شاخه‌های اصلی خوشه و شمار دانه در شاخه‌های اصلی خوشه

تیمار	عملکرد دانه ($kg\ ha^{-1}$)	پروتئین دانه (%)	ترکیبات فنلیک ($\mu g\ ml^{-1}$)	وزن هزار دانه (g)	شمار شاخه‌های اصلی خوشه	شمار دانه در شاخه‌های اصلی خوشه
D_1N_1	۷۴۳/۰^{e}	۷/۴^{e}	۰/۱۲۱^{a}	۳۲/۸^{a}	۵۰/۸^{a}	۳۰/۹^{b}
D_1N_2	۴۰۹۱/۰^{d}	۸/۵^{cd}	۰/۱۱۹^{b}	۳۴/۳^{a}	۵۳/۷^{a}	۳۵/۷^{a}
D_1N_3	۵۸۵۰/۰^{c}	۹/۶^{b}	۰/۰۹۷^{a}	۳۳/۳^{a}	۵۵/۴^{a}	۳۸/۹^{a}
D_1N_4	۶۱۴۶/۰^{bc}	۹/۹^{b}	۰/۱۱۳^{c}	۳۴/۱^{a}	۵۴/۲^{a}	۴۷/۷^{a}
D_2N_1	۷۱۶/۷^{e}	۷/۳^{e}	۰/۱۲۳^{a}	۳۳/۰^{a}	۵۵/۴^{a}	۲۵/۳^{c}
D_2N_2	۳۴۱۳/۰^{d}	۷/۵^{e}	۰/۱۰۸^{d}	۳۳/۲^{a}	۵۳/۷^{a}	۳۲/۴^{b}
D_2N_3	۵۷۱۳/۰^{c}	۸/۱^{cde}	۰/۱۱۱^{c}	۳۲/۰^{a}	۵۴/۶^{a}	۳۲/۴^{b}
D_2N_4	۶۳۴۰/۰^{bc}	۱۰/۷^{a}	۰/۰۹۹^{d}	۳۲/۵^{a}	۵۴/۶^{a}	۳۹/۲^{a}
D_3N_1	۶۵۲/۰^{d}	۷/۲^{b}	۰/۱۲۰^{a}	۳۲/۹^{a}	۴۷/۵^{a}	۲۶/۴^{c}
D_3N_2	۵۸۱۲/۰^{c}	۸/۴^{e}	۰/۱۱۹^{b}	۳۱/۲^{a}	۴۹/۸^{a}	۳۵/۱^{b}
D_3N_3	۶۸۰۸/۰^{b}	۹/۳^{b}	۰/۱۱۳^{c}	۳۲/۲^{a}	۵۳/۵^{a}	۴۰/۲^{a}
D_3N_4	۸۰۷۲/۰^{a}	۸/۸^{bc}	۰/۱۰۹^{c}	۳۳/۴^{a}	۵۶/۱^{a}	۴۱/۷^{a}
D_4N_1	۷۹۵/۷^{e}	۷/۱^{e}	۰/۱۲۲^{a}	۲۹/۸^{a}	۵۲/۱^{a}	۲۶/۲^{c}
D_4N_2	۳۶۱۳/۰^{d}	۹/۱^{bc}	۰/۱۲۲^{a}	۲۹/۳^{a}	۵۱/۱^{a}	۲۶/۹^{c}
D_4N_3	۸۷۰۲/۰^{a}	۱۰/۷^{a}	۰/۱۱۹^{b}	۲۸/۸^{a}	۵۴/۳^{a}	۳۳/۱^{b}
D_4N_4	۸۵۲۲/۰^{a}	۱۰/۷^{a}	۰/۱۱۷^{b}	۳۰/۱^{a}	۵۵/۷^{a}	۳۷/۸^{a}

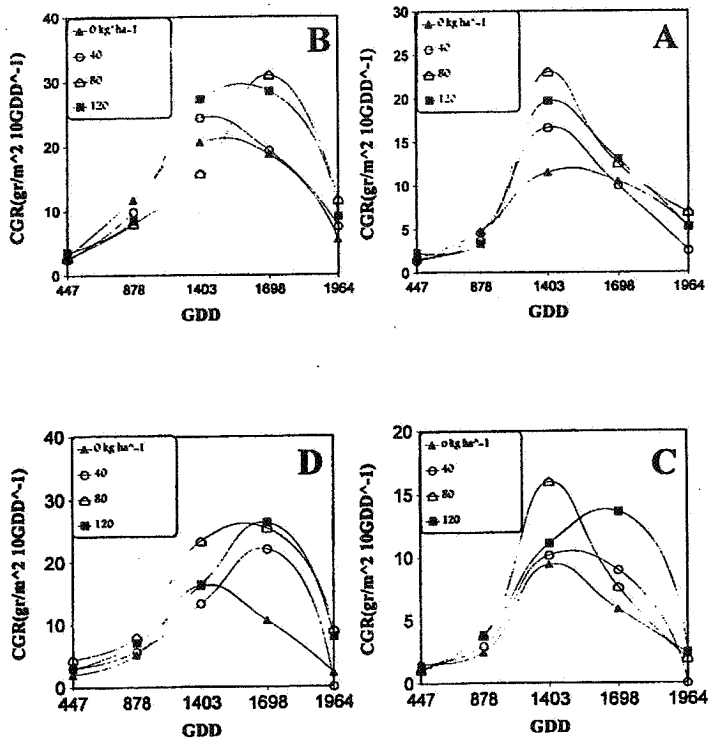
میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک هستند با هم اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن ۵%).
D_1، D_2، D_3 و D_4 به ترتیب ۷/۷، ۱۰، ۱۵/۴ و ۲۰ بوته در مترمربع و N_1، N_2، N_3 و N_4 به ترتیب مقادیر صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار است.

ترکیبات فنلیک

با افزایش مقادیر نیتروژن، میزان ترکیبات فنلی در دانه‌ها به طور مؤثری کاهش یافت (جدول ۱). به گونه‌ای که تیمارهای ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن کمترین، و تیمارهای شاهد و ۴۰ کیلوگرم بیشترین مقدار فنل را در دانه داشتند. راُکس و همکاران (۱۴) علت این امر را بیشتر ناشی از رابطهٔ منفی میان مقدار پروتئین دانه و میزان ترکیبات فنلی موجود در دانه می‌دانند (در پژوهش حاضر ضریب هم‌بستگی میان پروتئین دانه و مقدار ترکیبات فنلی **۰/۶۷- بود). در مقادیر کم پروتئین دانه، ترکیبات فنلیک (به‌طور عمده تانن‌ها) یک لایه روی پروتئین به وجود می‌آورند که خاصیت آب‌گریزی کمتری نسبت به پروتئین داشته و همین امر سبب رسوب پروتئین‌ها به صورت کمپلکس پروتئین-تانن می‌شود، در حالی که در مقادیر زیاد پروتئین دانه وجود یک لایهٔ نسبتاً آب گریز میان پیوند پروتئین-تانن از رسوب پروتئین جلوگیری می‌کند (۱۴).

نتایج حاصل از تأثیر تراکم بوته بر مقدار ترکیبات فنلیک برخلاف نتایج عنوان شده در زمینهٔ نیتروژن بود. به طوری که در تراکم‌های ۱۵/۴ و ۲۰ بوته در مترمربع بیشترین مقدار ترکیبات

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-21]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.3.9.3]



شکل ۱. روند تغییرات آهنگ رشد گیاه در مقادیر گوناگون تراکم و نیتروژن
A، B، C و D به ترتیب عبارتند از ۱۰، ۱۵/۴، ۷/۷ و ۲۰ بوته در مترمربع

فنلیک، و در تراکم‌های ۸ و ۱۰ بوته در مترمربع کمترین میزان این ترکیبات مشاهده شد (جدول ۱).

با توجه به معنی‌دار بودن برهمکنش تراکم و نیتروژن بر مقدار پروتئین دانه، و حصول حداکثر مقدار پروتئین دانه در تراکم‌های کمتر (۱۰ بوته در هر مترمربع) و مقدار نیتروژن بیشتر (۱۲۰ کیلوگرم در هکتار)، به نظر می‌رسد در تراکم‌های بیشتر (۱۵/۴ و ۲۰ بوته در مترمربع) مقدار نیتروژن دریافتی، و در نتیجه پروتئین تولید شده توسط هر بوته کاهش یافته، و با توجه به رابطه منفی بین میزان پروتئین و ترکیبات فنلیک، مقدار این ترکیبات در دانه افزایش یافته است.

برهمکنش تراکم بوته و نیتروژن بر مقدار ترکیبات فنلیک دانه در این پژوهش معنی‌دار بود. توضیح برهمکنش تراکم و نیتروژن بر مقدار ترکیبات فنلیک کمی مشکل به نظر می‌رسد، زیرا هر یک از این دو عامل به تنهایی تأثیر متفاوتی بر مقدار ترکیبات فنلیک دارند (افزایش تراکم و نیتروژن به ترتیب باعث افزایش و کاهش ترکیبات فنلیک می‌شود). اما می‌توان گفت در سطوح بالای نیتروژن (۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) در کلیه تراکم‌ها کاهش آشکاری در مقدار ترکیبات فنلیک دیده می‌شود، و این کاهش در تراکم‌های کمتر (۷/۷ و ۱۰ بوته در مترمربع) مشهودتر است.

با توجه به این که مقادیر ترکیبات فنلیک عنوان شده در جدول ۲ عموماً کمتر از ۰/۰۱ ماده خشک را شامل می‌شوند، رقم سورگوم مورد بررسی از نظر مصرف در صنایع پرورش دام و طیور کاملاً بی‌خطر است.

منابع مورد استفاده

۱. راس، ام. ا. و س. ا. لیمبی. ۱۳۷۱. *علفهای هرز و کنترل آنها*. (ترجمهٔ م. ح. راشد محصل، ح. رحیمیان و م. بنایان). چاپ اول. انتشارات جهاد دانشگاهی، دانشگاه مشهد.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.3.9.3]

۲. مختارزاده، ح. ا. و غ. ر. رضایی. ۱۳۷۶. بررسی اثرات تراکم و نحوهٔ کاشت بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد لاین سورگوم دانه‌ای KGS-5 در شرایط آب و هوایی اصفهان. گزارش سالیانهٔ مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیهٔ بذر و نهال اصفهان.

3. Ajakaiye, C. O. 1984. Changes in sorghum grain protein content with maturity of four levels of nitrogen. Can. J. Plant Sci. 46: 797-804.

4. Anten, N. P. R., F. Schieving, E. Medina, J. A. Werger and P. Schufflen. 1995. Optimal leaf area indices in C3 and C4 mono-and dicotyledonous species at low and high nitrogen availability. Physiol. Plant. 95: 541-550.

5. AOAC. 1990. Official Method of Analysis. 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Arlington, USA.

6. Bhan, S., S. K. Uttam and S. Radhey. 1995. Effect of conservation of rainfed sorghum. Indian J. Soil. Conserv. 23: 24-29.

7. Dashora, L. N., M. S. Shaktawat and B. L. Porwal. 1992. Effect of sowing time, plant population and nitrogen on yield of sorghum genotypes. Indian J. Agron. 37: 821-823.

8. Fisher, K. S. and G. L. Wilson. 1975. Studies of grain production in *Sorghum bicolor* L. Moench on growth. V. Effect of planting density and yield. Aust. J. Agric. Res. 26: 31-41.

9. Fisher, K. S. and G. L. Wilson. 1975. Studies of grain production in *Sorghum bicolor* L. Moench. VII. Contribution of plant parts to canopy photosynthesis and grain yield in field situations. Aust. J. Agric. Res. 27: 235-242.

10. Gardner, J. C., J. W. Maranville, and E. T. Paparozzi. 1994. Nitrogen use efficiency among diverse sorghum cultivars. Crop Sci. 34: 728-733.

11. Khaitri, Y. O. and R. L. Vanderlip. 1992. Grain sorghum and pearl millet response to date and rate of planting. Agron. J. 84: 579-582.

12. Pal, M. S., O. P. Singh and H. P. S. Malik. 1996. Nutrient uptake pattern and quality of sorghum L. *Sorghum bicolor* Moench genotypes as influenced by fertility levels under rainfed condition. Tropical Agric. 73: 6-9.

13. Ramesh, B. and M. P. S. Hudda. 1994. Study on variability and associations involving protein content, aminoacids and grain yield in sorghum. Indian J. Genetic Plant Breed. 54: 37-44.

14. Raux, D. G., D. Ferrerid and J. Botha. 1980. Structural consideration in predicting the utilization of tannins. J. Agric. Food Chem. 28: 216-222.

15. Rosolem, C. A., S. M. Kato, J. R. Nachado and S. J. Bicudo. 1993. Nitrogen redistribution to sorghum grain as affected by plant competition. Plant Soil 155: 199-202.

16. Salanto, A., W. R. Monteiro and N. Bomtempi. 1987. Histochemical localization of common species of Asteraceae. Ann. Bot. 61: 557-559.

17. Sasha, A. and K. Bhatia. 1997. Effect of weather on response of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) to long term fertilizer application through cluster analysis. Indian J. Agron. Sci. 67: 184-188.

18. Scott, A. S. and R. L. Vanderlip. 1996. Sorghum grain yield reductions caused by duration timing of freezing temperatures. Agron. J. 88: 473-477.

19. Seevers, P. M. and J. M. Daly. 1970. Studies on wheat stem rust resistance controlled at the Srb locus. The role of phenolic compounds. Phytopathol. 60: 1322-1328.

20. Shalk, M. and M. V. Hasan. 1995. Influence of change in genotype-input management on production and

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.3.9.3]

profitability of rainfed sorghum. Indian J. Agric. Sci. 65: 202-204.

21. Shalk, M., M. V. Hasan and B. Bajlan. 1995. Genotype responses of sorghum to fertility variation in a scarce rainfall shallow soil ecosystem. Ann. Agron. Res. 16: 369-373.
22. Touchton, J. T. and P. M. Martin. 1981. Response of ratooning grain sorghum to nitrogen fertilizer and insecticides. Agron. J. 73: 289-300.
23. Vanderlip, L. P. and H. E. Reeves. 1972. Growth stages of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). Agron. J. 64: 13-16.
24. Wanjari, S. S., B. V. Mahakulkar and V. B. Shekar. 1995. Response of kharif sorghum genotypes to applied nitrogen. Agric. Sci. Digest. (karnal) 15: 207-208.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-21]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1380.5.3.9.3]