# بررسی شاخص‌های مورفوفیزیولوژیکی گندم (*Triticum aestivum* L.) رقم قابوس تحت تأثیر تراکم و کود نیتروژن در منطقه گنبد کاووس

عباس بیابانی [1*]، محمدرضا جنگدوست میناب [2]، رحمت‌اله محمدی گنبد [3] و رضا رضوانی [4]

۱، ۲ و ۴) گروه تولیدات گیاهی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران.
۳) گروه تحقیقات باغبانی و محصولات زراعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان. گرگان، ایران.

**نویسنده مسئول[*]: abas346@yahoo.com**
**این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.**

**تاریخ دریافت:۱۴۰۴/۰۶/۲۴** **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۲۹**

## چکیده

**به‌منظور بررسی اثر تراکم‌های مختلف گندم و سطوح مختلف کود نیتروژن بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گندم؛ آزمایشی به‌صورت اسپیلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات گنبدکاووس طی دو سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ و ۱۴۰۱-۱۴۰۰ اجراء شد. تیمارهای آزمایش شامل مقادیر کاربرد صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌عنوان عامل اصلی و تراکم‌های کاشت ۱۵۰، ۲۲۵، ۳۰۰، ۳۷۵، ۴۵۰ و ۵۲۵ دانه گندم در متر مربع به‌عنوان عامل فرعی بودند. نتایج نشان داد که تمامی صفات مورد بررسی نظیر وزن هزار دانه، عملکرددانه، نشت الکترولیت، کلروفیل به‌صورت معنی‌داری تحت تأثیر کود نیتروژن و تراکم کاشت گندم قرار گرفتند. مقایسه میانگین تراکم کاشت در سال دوم نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۷۱۶۷/۵ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تراکم کاشت ۳۰۰ دانه در متر مربع بود که نسبت به کمترین عملکرد دانه (۵۴۰۵ کیلوگرم در هکتار)، ۳۲/۶۱ درصد افزایش یافت. البته این تیمار با تراکم ۳۷۵ بوته در متر مربع اختلاف معنی‌داری نداشت. همچنین مشخص شد که بیشترین وزن هزاردانه مربوط به تیمار کودی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (۴۷/۱ گرم) و تراکم کاشت ۱۵۰ بوته در متر مربع (۴۶/۶ گرم) بود که به‌ترتیب نسبت به تیمار کودی ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار، ۱۰/۳۱ درصد و تراکم کاشت ۵۲۵ بوته در متر مربع، ۷/۱۳ درصد اختلاف داشتند. در بررسی اثر متقابل کود و تراکم کاشت مشخص شد که بیشترین وزن خشک سنبله (۲/۳۸ گرم) به‌ترتیب مربوط به تیمار کودی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و تراکم کاشت ۴۵۰ بوته در متر مربع بود که نسبت به کمترین آن، ۹۹/۵۷ درصد اختلاف داشت. به‌طور کلی به‌نظر می‌رسد برای رسیدن به تراکم مطلوب اولیه در جهت استفاده حداکثری از منابع و عملکرد بهینه گندم، کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و تراکم بوته ۳۰۰ و ۳۷۵ بوته در متر مربع مناسب باشد.**

**واژه‌های کلیدی:** تراکم مطلوب، عملکرد بیولوژیکی، کلروفیل و وزن خشک.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01 ]

**مقدمه**

گندم (*Triticum aestivum* L.) یکی از مهم‌ترین غلات جهان محسوب می‌شود که به‌دلیل سازگاری با طیف وسیعی از شرایط آب‌وهوایی (مناطق معتدل تا گرمسیری) در سبد کشت بسیاری از کشورها جای دارد. بر اساس آمارهای جهانی، بیش از ۵۰ درصد از اراضی قابل کشت به تولید غلات و حدود ۶۶ درصد از این سطح زیر کشت گندم قرار می‌گیرد (Tan *et al.*, 2019). این محصول استراتژیک، نقش حیاتی در تأمین امنیت غذایی دارد و حدود ۲۰ درصد از کالری و پروتئین موردنیار روزانه بیش از ۴۰ درصد جمعیت جهان را پوشش می‌دهد (Gupta *et al.*, 2015). تراکم مطلوب بوته گندم، یکی از عوامل تعیین‌کننده در دستیابی به عملکرد بهینه محسوب می‌شود. با توجه به اثرپذیری شرایط رشد از محیط و نیز وجود سازوکارهای ترمیمی در غلات، دامنه مناسبی برای تعیین میزان بذر در واحد سطح وجود دارد. با این حال، بسیاری از کشاورزان منطقه به‌دلیل مشاهده ظاهر متراکم‌تر و پربارتر مزرعه در زمان سنبله‌دهی، به استفاده از مقادیر بالاتر بذر تمایل دارند. این در حالی است که افزایش بیش از حد تراکم بوته، به‌ویژه در سال‌هایی که گیاه با تنش خشکی و گرمای انتهای فصل مواجه می‌شود، می‌تواند خسارت‌های قابل توجه و حتی جبران‌ناپذیری از جمله کاهش کارایی مصرف آب، افزایش هزینه‌های تولید و در نهایت کاهش عملکرد و سودآوری اقتصادی منجر شود (محمدی گنبد، ۱۳۹۵). مطالعات پیشین نشان می‌دهد که در شرایط عادی آب‌وهوایی، در غلات زمستانه حدود ۵۰ درصد بوته‌ها از مرحله کاشت تا برداشت، در اثر رقابت درون‌گونه‌ای و سایر عوامل حذف می‌شوند؛ این میزان در غلات بهاره حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد گزارش شده است. بنابراین، دستیابی به عملکرد بهینه زمانی امکان‌پذیر خواهد بود که تراکم بوته در حد مطلوب و کافی حفظ شود (سارلی و همکاران، ۱۴۰۱). در مطالعه‌ای، با بررسی اثر تراکم بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گندم در ایستگاه عراقی‌محله گرگان، گزارش کردند که افزایش تراکم از ۱۵۰ به ۲۶۲ و ۳۷۵ بوته در مترمربع، عملکرد دانه به میزان ۱۰۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت که علت را در بالاتر بودن تعداد سنبله در تراکم‌های بیشتر نسبت دادند (زاهد و همکاران، ۱۳۹۰). Mahipat و Dhanai (۲۰۱۷) در پژوهشی با ارزیابی اثر سطوح مختلف تراکم بذر (۱۰۰، ۱۲۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) همراه با سطوح مختلف کود نیتروژن (۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار) گزارش کردند که کاربرد ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به همراه ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بذر، بیشترین عملکرد دانه را به دنبال داشت. در این میان نقش عناصر غذایی نیز در افزایش عملکرد در واحد سطح بسیار مهم می‌باشد، به‌گونه‌ای که در بسیاری از مناطق، کاهش عملکرد محصولات زراعی از جمله گندم، بیش از هر چیز به کمبود عناصر غذایی نسبت داده می‌شود (Qadeer *et al.*, 2019). اصولاً افزایش ارتفاع گیاه در اثر کاربرد اوره را می‌توان به نقش نیتروژن در تحریک رشد رویشی و افزایش تقسیمات سلولی در اندام‌های مختلف گیاه، به‌ویژه ساقه، نسبت داد که در نهایت سبب افزایش وزن برگ و ساقه می‌شود

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01 ]

(Guo *et al.,* 2019). نیتروژن یک عنصر پر مصرف ضروری برای رشد و عملکرد گندم است، به‌نحوی که میزان نیتروژن قابل دسترس برای گیاه می‌تواند پروتئین دانه، محتوای کلروفیل برگ، اندازه و حجم پروتوپلاسم سلولی را افزایش دهد و همچنین سطح برگ و فعالیت فتوسنتزی را تحت تأثیر قرار دهد (Azam *et al.,* 2020). اثر اصلی نیتروژن بیشتر از طریق افزایش تراکم سنبله در واحد سطح است، در حالی که تأثیر آن بر افزایش تعداد دانه در هر سنبله معمولاً کمتر است. بنابراین مدیریت مناسب مصرف نیتروژن می‌تواند با افزایش تعداد سنبله‌ها، عملکرد گندم را بهبود دهد (Giovanni *et al.,* 2004). هدف از این پژوهش، ارزیابی اثر افزایش تراکم بذر در سطوح مختلف مصرف کود نیتروژن بر صفات مورفوفیزیولوژیکی و عملکرد رقم جدید گندم (قابوس) بود. این رقم بر اساس آمار سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹، حدود ۳۰ درصد از سطح زیرکشت دیم‌زارهای استان را به خود اختصاص داده و روند توسعه کشت آن نسبت به سایر ارقام قابل توجه است. در حالی که اطلاعات چندانی از خصوصیات زراعی این رقم و رفتارهای این گیاه در برابر مقادیر مختلف بذر و مصرف کود نیتروژن در این استان در دسترس نیست.

**مواد و روش‌ها**

این پژوهش طی دو سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و ۰۱-۱۴۰۰ به‌صورت طرح اسپیلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد کاووس واقع در شرق استان گلستان در طول جغرافیایی ۱۰ دقیقه و ۱۲ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ دقیقه و ۱۶ درجه شمالی با ۴۵ متر ارتفاع از سطح دریای آزاد و متوسط بارش بلندمدت حدود ۴۰۰ میلی‌متر انجام شد. بذر گندم (رقم قابوس از نوع محلی با منشأ سیمیت و تولیدی سال ۱۴۰۱) از ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد بدلیل صفات مطلوبی نظیر زودرسی، ارتفاع بوته و وزن هزاردانه مناسب تهیه شد. تیمارهای آزمایش شامل مقادیر مختلف کود نیتروژن از منبع اوره در چهار سطح صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان عامل اصلی و میزان بذر در شش سطح ۱۵۰، ۲۲۵، ۳۰۰، ۳۷۵، ۴۵۰ و ۵۲۵ بوته در مترمربع به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. در مجموع تعداد ۲۴ تیمار در هر تکرار کشت شد. هر کرت شامل ۶ خط کاشت به‌طول چهار متر و فاصله خطوط کاشت ۲۰ سانتی‌متر بود. فاصله کرت‌ها داخل بلوک از هم یک متر و بین بلوک‌ها از هم دو متر بود. قبل از اجرای آزمایش، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، از چند نقطه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک محل اجرای آزمایش، نمونه‌برداری انجام شد و به آزمایشگاه ارسال گردید (جدول۱). داده‌های هواشناسی محل اجرای آزمایش در طی دو سال زراعی در جدول ۲ ارائه شده است.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01 ]

**جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد کاووس**

| سال | بافت خاک | پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) | فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) | نیتروژن کل (درصد) | هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) | واکنش خاک (pH) | کربن آلی (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۳۹۹-۱۴۰۰ | لومی سیلتی | ۴۰۳ | ۹/۱ | ۰/۱۱ | ۱/۲ | ۷/۷ | ۱/۰۶ |
| ۱۴۰۰-۱۴۰۱ | لومی سیلتی | ۳۸۳ | ۹/۸ | ۰/۰۹ | ۱/۱ | ۷/۸ | ۱/۱ |

**جدول ۲: داده‌های هواشناسی ایستگاه هواشناسی گنبد کاووس در فاصله سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۹۹**

| ماه | متوسط دمای شب و روز (سانتی‌گراد) | | متوسط رطوبت نسبی (درصد) | | مجموع بارندگی (میلی‌متر) | | مجموع ساعات آفتابی | | تبخیر و تعرق (میلی‌متر) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۱۳۹۹ | ۱۴۰۰ | ۱۳۹۹ | ۱۴۰۰ | ۱۳۹۹ | ۱۴۰۰ | ۱۳۹۹ | ۱۴۰۰ | ۱۳۹۹ | ۱۴۰۰ |
| مهر | ۲۰/۳ | ۲۰/۵ | ۵۷/۹ | ۶۷/۷ | ۳۰/۴ | ۵۲/۵ | ۲۴۱/۹ | ۱۸۹/۹ | ۱۱۲/۴ | ۸۹/۵ |
| آبان | ۱۶/۵ | ۱۳/۴ | ۶۶/۷ | ۶۸/۱ | ۱۶/۵ | ۲۳/۵ | ۱۹۲/۹ | ۱۸۲/۴ | ۷۰/۱ | ۵۵/۲ |
| آذر | ۸/۹ | ۱۳/۵ | ۷۶/۷ | ۶۳/۴ | ۳۱/۹ | ۱۲/۸ | ۱۰۷/۳ | ۱۷۶/۱ | ۲۴/۸ | ۵۹/۴ |
| دی | ۸/۳ | ۱۰/۱ | ۷۱/۷ | ۶۶/۵ | ۳۱/۸ | ۳۶/۹ | ۱۷۳/۵ | ۱۶۸/۰ | ۴۰/۲ | ۳۸/۶ |
| بهمن | ۱۰/۲ | ۹/۵ | ۶۹/۴ | ۶۵/۹ | ۲۴/۵ | ۶۱/۱ | ۱۷۸/۸ | ۲۰۱/۰ | ۴۷/۱ | ۴۸/۱ |
| اسفند | ۹/۱ | ۱۲/۱ | ۷۳/۱ | ۷۵/۲ | ۶۶/۲ | ۷۰/۹ | ۱۶۳/۳ | ۱۲۶/۵ | ۴۳/۶ | ۴۹ |
| فروردین | ۱۶/۶ | ۱۵/۵ | ۶۸/۵ | ۶۹/۱ | ۱۶/۶ | ۱۱/۹ | ۲۰۲/۷ | ۱۷۳/۶ | ۹۹/۱ | ۹۳/۵ |
| اردیبهشت | ۲۲/۳ | ۱۹/۹ | ۷۶/۱ | ۷۴/۳ | ۲۰/۰ | ۸۷/۶ | ۲۴۱/۷ | ۱۴۷/۵ | ۱۴۹/۰ | ۱۰۲/۶ |
| خرداد | ۲۸/۲ | ۲۶/۳ | ۵۷/۶ | ۵۳/۱ | ۱۸/۰ | ۲/۲ | ۲۷۹/۰ | ۲۳۴/۰ | ۲۲۵/۹ | ۲۷۳/۹ |
| جمع کل | ۱۴۰/۴ | ۱۴۰/۸ | ۶۱۷/۷ | ۶۰۳/۳ | ۲۵۵/۹ | ۳۵۹/۴ | ۱۷۸۱/۱ | ۱۵۹۸/۹ | ۸۱۲/۲ | ۸۰۹/۸ |

زمین موردنظر در سال قبل، کلزا کشت شده بود که پس از برداشت محصول، بقایای آن با یک شخم توسط گاوآهن به خاک برگردانده شده و قبل از کاشت، در رطوبت مناسب خاک، با دو دیسک عمود بر هم بستر بذر آماده گردید کاشت به‌صورت دیم در آبان ماه ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ به محض حادث شدن اولین بارندگی مؤثر، انجام شد. یک سوم کود نیتروژن مورد نیاز قبل از دیسک آخر به خاک اضافه شد و مابقی آن، طی دو مرحله (شروع پنجه‌زنی و شروع طویل شدن ساقه) به‌صورت سرک به خاک افزوده شد. با توجه به توصیه‌های تحقیقاتی، مقادیر ۲۳ کیلوگرم کود فسفاته خالص از منبع کودی سوپر فسفات تریپل در سال دوم آزمایش، قبل از کاشت به خاک اضافه شد. در طول دوره رشد و نمو گندم، کلیه مراحل داشت شامل وجین علف‌های هرز، مبارزه با آفات و بیماری‌ها برای کرت‌های آزمایش، به‌صورت یکسان صورت گرفت. به‌منظور حذف اثرات حاشیه‌ای، دو ردیف کناری و ۰/۵ متر از دو انتهای کرت به‌عنوان حاشیه درنظر گرفته شدند و در نمونه‌برداری مورد استفاده قرار نگرفتند. به منظور تعیین کارایی انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه‌ها به تفکیک از برگ‌ها، ساقه اصلی (بدون برگ) و اجزای سنبله بدون دانه؛ نمونه‌برداری به‌صورت تخریبی انجام شد. به‌این صورت که قبل از مرحله ۱۳ زادوکس، تعداد حداقل ۳۰ بوته انتخاب و با روبان رنگی در هر کرت مشخص شدند و سپس در دو مرحله (پنج و ده روز بعد از گرده‌افشانی جهت برآورد دقیق‌تر حداکثر وزن بوته‌ها)، تعداد ۱۰ بوته کف‌بر شد و در آون در دمای ۷۰ درجه

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01 ]

سانتی‌گراد خشکانده و توزین شدند. سپس در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی (دهه اول اردیبهشت ماه)، تعداد ۱۰ بوته دیگر بعد از جدا نمودن دانه‌ها به همان صورت فوق الذکر، اندازه گیری شد و میزان و کارایی انتقال مجدد مواد فتوسنتزی با استفاده از رابطه‌های ۱ و ۲ محاسبه گردید.

رابطه ۱: $C = A - B$

رابطه ۲: $D = \left(\frac{C}{A}\right) \times 100$

در روابط فوق؛ A: حداکثر وزن خشک گیاه پس از گرده‌افشانی (گرم در ۱۰ ساقه اصلی)، B: حداکثر وزن خشک گیاه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی(بدون دانه برحسب گرم در ۱۰ ساقه اصلی)، C: میزان انتقال مجدد مواد فتوسنتزی (گرم در ۱۰ ساقه اصلی) و D: کارایی انتقال مجدد مواد فتوسنتزی (درصد) است.

برای محاسبه عملکرد دانه نیز در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی، از سطحی معادل دو متر مربع، تعداد ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی انتخاب و با استفاده از خرمنکوب، دانه از کاه جدا گردید و سپس وزن دانه‌ها با ترازوی دیجیتال تعیین شد. جهت اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیکی، نمونه‌های انتخابی از سطح دو متر مربع را در آون به‌مدت ۴۸ ساعت با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشکانده و وزن هر نمونه با ترازوی دیجیتال تعیین گردید و اعداد به‌دست‌آمده به کیلوگرم در هکتار تبدیل و به‌عنوان عملکرد بیولوژیکی مشخص گردید. برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل، در مرحله ۷۰ زادوکس یا همان آغاز تشکیل دانه، ابتدا تعداد ۱۰ برگ پرچم از هر کرت آزمایشی به‌صورت تصادفی انتخاب و از گیاه جدا و بلافاصله در داخل کیسه‌های پلاستیکی قرار گرفتند و به محفظه حاوی یخ منتقل شدند. به‌منظور استخراج کلروفیل از روش Arnon (۱۹۴۹) و جهت سنجش میزان نشت الکترولیت از روش Sairam و همکاران (۲۰۰۲) استفاده شد.

جهت محاسبات آماری، آزمون یکنواختی واریانس با استفاده از آزمون بارتلت انجام شد و با توجه به غیریکنواختی واریانس خطای آزمایشی بین دو سال آزمایش، هر سال به‌صورت جداگانه به‌وسیله نرم افزار $SAS_{9.4}$ تجزیه و تحلیل شدند. مقایسه میانگین تیمارها به‌روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

## نتایج و بحث

### رنگیزه‌های فتوسنتزی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در سال اول آزمایش، صفات کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئیدها به‌صورت معنی‌داری تحت تأثیر تیمار تراکم قرار گرفتند (جدول ۴). اثرمتقابل تراکم کاشت و کود بر همه صفات ذکر شده در بالا دارای اثر معنی‌داری بود، به‌همین دلیل تنها به بررسی اثر متقابل پرداخته شد (جدول ۳). بررسی اثر متقابل برای میزان کلروفیل a در سال اول آزمایش نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a مربوط به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود و

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01 ]

تراکم کاشت ۱۵۰ بوته در متر مربع (۲/۴۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بود که نسبت به کمترین آن ( تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و تراکم ۳۰۰ بذر در متر مربع) کاهش ۴۱ درصدی را به‌همراه داشت (جدول ۳). بررسی اثر متقابل کود و تراکم کاشت در مورد صفت کلروفیل b در سال اول آزمایش نشان داد که تیمار مصرف ۳۰۰ کیلوگرم کود و تراکم کاشت ۳۰۰ بذر در متر مربع دارای کمترین میزان کلروفیل b (۰/۶۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بود که نسبت به بیشترین میزان آن (۱/۴۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مربوط به تیمار عدم مصرف کود و تراکم کاشت ۳۷۵ بذر در متر مربع)، ۵۳/۰۶ درصد کاهش داشت (جدول ۳). در بررسی میزان کارتنوئیدها مشخص شد که تلفیق کاربرد تیمار۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود و تراکم ۲۲۵ بوته در متر مربع و همچنین تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع دارای بیشترین میزان کارتنوئیدها (۲/۳۵) بودند که نسبت به کمترین میزان آن (تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود و تراکم کشت ۳۰۰ بوته در متر مربع)، افزایش ۴۶/۸۸ درصدی را ثبت نمود. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در سال دوم آزمایش همانند سال اول نشان داد که اثرمتقابل کود و تراکم کاشت در همه صفات کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئیدها معنی‌دار بود (جدول ۴). بررسی اثر متقابل تراکم کاشت و کود در صفت کلروفیل a حاکی از آن بود که بیشترین و کمترین میزان کلروفیل a، به‌ترتیب مربوط به تلفیق کاربرد تیمار عدم مصرف کود و تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع ( ۱/۹۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و بود و تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود و تراکم ۳۰۰ بوته در متر مربع (۰/۶۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بود که اختلاف ۶۷/۸۸ درصدی را ثبت کرد (جدول ۳). بررسی اثرمتقابل صفت کلروفیل b، حاکی از آن بود که بیشترین و کمترین میزان کلروفیل b، به‌ترتیب مربوط به تلفیق کاربرد تیمار عدم مصرف کود و تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع ( ۰/۷۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و تراکم ۴۵۰ بوته در متر مربع و همچنین تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و ۳۰۰ بوته در متر مربع (۰/۴۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بود که اختلاف ۴۲/۴۷ درصدی را ثبت نمودند (جدول ۳). در بررسی میزان کارتنوئیدها مشخص شد که بیشترین میزان کارتنوئید مربوط به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود و تراکم ۲۲۵ بوته در متر مربع و همچنین تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود و تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع، (۱/۵۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کمترین آن مربوط به تیمار عدم مصرف کود و تراکم کاشت ۵۲۵ بوته در متر مربع (۰/۷۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، بود که با یکدیگر اختلاف ۵۲/۸۳ درصدی داشتند (جدول ۳). در سیستم‌های نوری کلروپلاست، کلروفیل به‌عنوان اصلی‌ترین رنگیزه جاذب نور عمل می‌کند. علاوه بر این، تیلاکوئیدها حاوی گروه دیگری از رنگدانه‌ها به نام کاروتنوئیدها هستند که نقش کمکی در جذب نور دارند. این ترکیبات قادرند طول‌موج‌هایی از نور را جذب کنند که توسط کلروفیل‌ها قابل دریافت نیستند (اصفهانی و همکاران، ۱۳۸۷). تحت شرایط تنش‌زا، غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی شامل کلروفیل، کاروتنوئیدها و آنتوسیانین‌ها در گیاهان کاهش می‌یابد. جالب توجه اینکه در مراحل اولیه مواجهه با تنش،

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01 ]

سنتز کاروتنوئیدها به دلیل عملکرد محافظتی آن‌ها در برابر گونه‌های فعال اکسیژن افزایش می‌یابد، اما این روند در فاز سازگاری گیاه با تنش رو به کاهش می‌گذارد (Groppa and Benavides, 2008).

**جدول ۳: مقایسه میانگین اثر متقابل کود و تراکم کاشت بر کارایی انتقال مجدد سنبله و گیاه گندم در دو سال زراعی**

| تیمارها | | نشت الکترولیت (درصد) | | کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) | | کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) | | کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| کود (کیلوگرم در هکتار) | تراکم (بوته در متر مربع) | ۱۳۹۹ | ۱۴۰۰ | ۱۳۹۹ | ۱۴۰۰ | ۱۳۹۹ | ۱۴۰۰ | ۱۳۹۹ | ۱۴۰۰ |
| ۰ | ۱۵۰ | ۱۹/۷dh | ۱۴/۹af | ۲/۰۷af | ۱/۹۳a | ۰/۸۵bf | ۰/۷۳a | ۲/۰۵af | ۱/۷۵a |
| | ۲۲۵ | ۱۳/۷hi | ۱۵/۱ae | ۱/۹۸cf | ۱/۶۹abc | ۰/۷۸cf | ۰/۶۲ad | ۱/۸۴dg | ۱/۴۷af |
| | ۳۰۰ | ۱۱/۶i | ۹/۳sfg | ۱/۹۵cf | ۱/۵۸bcd | ۰/۷۷cf | ۰/۵۹ae | ۱/۷۹efg | ۱/۴۸af |
| | ۳۷۵ | ۱۵/۸ghi | ۱۱/۸bg | ۲/۲۵abc | ۱/۵۰bg | ۱/۴۷a | ۰/۵۶ae | ۲/۱۵ae | ۱/۳۶bf |
| | ۴۵۰ | ۱۹/۱eh | ۱۲/۴ag | ۲/۰۴bf | ۱/۴۷ch | ۰/۸۰cf | ۰/۵۶ae | ۱/۹۴bg | ۱/۴۶af |
| | ۵۲۵ | ۲۹/۱bc | ۱۷/۵ab | ۲/۱۹ad | ۱/۵۰bh | ۰/۹۴bcd | ۰/۵۶ae | ۲/۲۴abc | ۰/۷۵g |
| ۱۰۰ | ۱۵۰ | ۱۴/۷hi | ۸/۶fg | ۲/۰۵bf | ۱/۱۹fgh | ۰/۸۳cf | ۰/۴۵de | ۱/۹۸af | ۱/۲۰def |
| | ۲۲۵ | ۱۵/۹ghi | ۱۱/۹bg | ۲/۱۲ae | ۱/۵۰bg | ۰/۸۹bf | ۰/۵۴be | ۲/۳۵a | ۱/۳۵bf |
| | ۳۰۰ | ۲۴/۲bf | ۱۳/۹ag | ۱/۷۶ef | ۰/۶۲i | ۰/۷۰ef | ۰/۴۲e | ۱/۶۸fg | ۱/۱۸f |
| | ۳۷۵ | ۱۶/۷fh | ۱۳/۴ag | ۱/۹۷cf | ۱/۶۰ad | ۰/۷۷cf | ۰/۶۰ae | ۱/۸۳dg | ۱/۴۶af |
| | ۴۵۰ | ۱۹/۹dh | ۱۴/۷af | ۱/۹۱cf | ۱/۶۱ad | ۰/۷۴def | ۰/۶۰ae | ۱/۸۴dg | ۱/۴۴fa |
| | ۵۲۵ | ۱۵/۸ghi | ۱۶/۰ad | ۲/۳۷ab | ۱/۴۷ch | ۰/۹۹bc | ۰/۵۵be | ۲/۳۱ab | ۱/۳۸bf |
| ۲۰۰ | ۱۵۰ | ۱۷/۴fh | ۱۴/۶af | ۲/۴۴a | ۱/۲۲eh | ۱/۰۶b | ۰/۴۵de | ۲/۳۵a | ۱/۲۶bf |
| | ۲۲۵ | ۱۸/۴fh | ۱۴/۰ag | ۲/۰۴bf | ۱/۸۰ab | ۰/۸۰cf | ۰/۶۷ab | ۱/۹۲cg | ۱/۵۹ab |
| | ۳۰۰ | ۱۸/۴fh | ۸/۷efg | ۲/۰۴bf | ۱/۱۷gh | ۰/۸۱cf | ۰/۶۵abc | ۱/۹۰cg | ۱/۲۰ef |
| | ۳۷۵ | ۱۸/۳fh | ۷/۹g | ۲/۰۷bf | ۱/۲۳efg | ۰/۸۲cf | ۰/۴۷cde | ۱/۹۹af | ۱/۲۹bf |
| | ۴۵۰ | ۱۷/۳fh | ۱۶/۴abc | ۲/۱۸ad | ۱/۱۵h | ۰/۸۸bf | ۰/۴۲e | ۲/۰۹ae | ۱/۱۵f |
| | ۵۲۵ | ۱۹/۵a | ۱۳/۰ag | ۱/۷۴f | ۱/۵۴be | ۰/۶۹ef | ۰/۵۷ae | ۱/۸۷cg | ۱/۴۴af |
| ۳۰۰ | ۱۵۰ | ۲۷/۴bcd | ۱۰/۳cg | ۲/۰۷bf | ۱/۷۳abc | ۰/۸۶bf | ۰/۶۵abc | ۲/۱۲ae | ۱/۵۹abc |
| | ۲۲۵ | ۳۱/۰b | ۱۲/۶ag | ۲/۲۱ad | ۱/۳۰dg | ۰/۹۱bf | ۰/۵۱be | ۲/۱۰ae | ۱/۲۵cf |
| | ۳۰۰ | ۲۳/۹bf | ۱۸/۶a | ۱/۷۳f | ۱/۴۳ch | ۰/۶۷f | ۰/۵۴be | ۱/۶۰g | ۱/۳۳bf |
| | ۳۷۵ | ۲۸/۴bc | ۹/۹dg | ۱/۸۵def | ۱/۵۱bf | ۰/۷۴def | ۰/۶۵abc | ۱/۸۵dg | ۱/۵۴ad |
| | ۴۵۰ | ۲۲/۸cg | ۹/۹dg | ۲/۱۲ae | ۱/۷۱abc | ۰/۸۶bf | ۰/۶۳ad | ۲/۰۷ae | ۱/۵۳ae |
| | ۵۲۵ | ۲۶/۹be | ۱۰/۰cg | ۲/۲۱ad | ۱/۴۴ch | ۰/۹۲be | ۰/۵۵ae | ۲/۱۸ad | ۱/۳۹bf |

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01 ]

**جدول ۴: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مطالعه شده گندم در دو سال زراعی**

| | منابع تغییر | درجه آزادی | وزن هزار دانه | عملکرد دانه | عملکرد بیولوژیکی | نشت الکترولیت | کلروفیل a | کلروفیل b | کاروتنوئید |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۳۹۹ | تکرار | ۲ | ۴/۲ | ۱۲۹۸۵۹۷۲/۲ | ۶۲۷۴۱۱/۲ | ۲۵۴/۶ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۰۴ |
| | کود | ۳ | ۳/۹ns | ۱۸۲۰۵۰۹/۳ns | ۵۸۴۳۹۹/۲ns | ۳۲۹/۲** | ۰/۰۲ns | ۰/۰۵ns | ۰/۰۰۳ns |
| | خطای کرت اصلی | ۶ | ۱۸/۴ | ۳۵۹۳۵۶۴/۸ | ۹۶۹۵۴۷/۰ | ۲/۸۵۲/۴ | ۰/۱۰ | ۰/۰۶ | ۰/۰۷۶ |
| | تراکم | ۵ | ۳/۶ns | ۲۶۵۵۸۸۸/۹ns | ۳۲۷۸۸۸/۲ns | ۲۲۵/۲** | ۰/۱۲* | ۰/۰۷** | ۰/۲۶۱** |
| | کود × تراکم | ۱۵ | ۵/۴ns | ۳۶۲۷۴۸۱/۵ns | ۴۲۳۴۳۷/۵ns | ۱۵۱/۴** | ۰/۱۱* | ۰/۰۷** | ۰/۰۹۸* |
| | خطای کرت فرعی | ۴۰ | ۴/۰۴ | ۲۳۳۲۱۶۶۶/۷ | ۶۲۲۱۲۹/۸ | ۱۹/۷۶ | ۰/۰۴ | ۰/۰۱ | ۰/۰۵۰ |
| | ضریب تغییرات (٪) | - | ۵/۹ | ۱۳/۴ | ۱۶/۲ | ۱۵/۱ | ۱۱ | ۱۰/۶ | ۱۳/۳ |
| ۱۴۰۰ | تکرار | ۲ | ۰/۳ | ۱۳۷۵۲۹۳۸/۹ | ۵۳۰۸۲۹/۲ | ۳۵/۴ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۲ |
| | کود | ۳ | ۶۴/۴** | ۲۳۵۸۱۸۸/۹ns | ۱۲۹۶۲۷۱/۸ns | ۹/۰ns | ۰/۳۲۶** | ۰/۰۲۶ns | ۰/۰۵ns |
| | خطای کرت اصلی | ۶ | ۹/۹ | ۷۱۵۳۳۵۵/۶ | ۱۸۵۸۹۶۰/۷ | ۱۴/۰ | ۰/۰۵۴ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۳ |
| | تراکم | ۵ | ۱۵/۶* | ۱۸۴۸۹۲۲۲/۲** | ۵۳۰۰۸۳۹/۲** | ۱۷/۱* | ۰/۲۰۵** | ۰/۰۰۲ns | ۰/۰۸ns |
| | کود × تراکم | ۱۵ | ۱۱/۹ns | ۹۹۱۴۴۳۳/۳ns | ۱۲۸۴۴۱۴/۰ns | ۳۳/۰* | ۰/۲۰۵** | ۰/۰۲۴* | ۰/۱۴** |
| | خطای کرت فرعی | ۴۰ | ۶/۸ | ۴۱۷۲۳۷۸/۱ | ۷۶۷۶۰۱/۱ | ۱۵/۵ | ۰/۰۴۰ | ۰/۰۱۱ | ۰/۰۴ |
| | ضریب تغییرات (٪) | - | ۵/۸ | ۱۴/۲ | ۱۴/۱ | ۱۴/۸ | ۱۰/۵ | ۹/۹ | ۱۲ |

ns، * و** به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد و یک‌درصد.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01 ]

**نشت الکترولیت**

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر متقابل تراکم کاشت و کود در سال اول و دوم بر صفت نشت الکترولیت به‌ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بودند از این رو تنها به بررسی اثرات متقابل اکتفا شد (جدول ۴). در سال اول آزمایش، مقایسه میانگین اثر متقابل کود و تراکم کاشت نشان داد که در تیمار عدم مصرف کود و تراکم ۳۰۰ بذر در متر مربع با میزان نشت الکترولیت برابر با ۱۱/۶ درصد دارای کمترین و تیمار کودی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و تراکم کاشت ۵۲۵ بذر در متر مربع با ۱۹/۵ درصد دارای بیشترین میزان نشت الکترولیت بودند (جدول ۳). در صورت عدم مصرف کود نیتروژن ابتدا با افزایش تراکم کاشت میزان نشت الکترولیت کاهش یافت و در تراکم کاشت ۳۰۰ بذر در متر مربع به کمترین مقدار رسید و سپس مجدداً با افزایش تراکم کاشت بر این میزان افزوده شد (جدول ۳). در سال دوم آزمایش، بیشترین و کمترین میزان نشت الکترولیت به‌ترتیب مربوط به تیمار کودی ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار و تراکم کاشت ۳۰۰ بوته در متر مربع (۱۸/۶ درصد) و تیمار کودی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و تراکم کاشت ۳۷۵ بوته در متر مربع (۷/۹ درصد) بود که اختلاف ۵۷/۸۳ درصدی را ثبت نمودند (جدول ۳). نتایج نشان می‌دهد که در سال‌هایی که بارندگی کمتر است با مدیریت بهینه مصرف کود نیتروژن و کاهش دادن مقدار کود مصرفی و استفاده از تراکم ۳۰۰ بذر در متر مربع می‌توان اثرات تنش‌ها را تعدیل کرد. مصرف کود نیتروژن بیشتر باعث افزایش رشد رویشی و تخلیه رطوبتی بیشتر می‌شود (جدول ۳). برخی محققان در مطالعه‌ای گزارش کردند که تراکم‌های بالا همراه با سطوح زیاد کود نیتروژنه در غلات، به‌دلیل افزایش رقابت برای آب و مواد غذایی، موجب افزایش شاخص‌های تنش، از جمله نشت الکترولیت شدند، در حالی که تراکم متوسط سبب حفظ پایداری غشاء گردید. (Zhang *et al.*, 2018).

**حداکثر وزن خشک گیاه پس از گرده‌افشانی**

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹، سطوح مختلف کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک برگ‌ها و ساقه‌ها داشت و در سال زراعی ۰۱-۱۴۰۰، اثر متقابل تراکم و کود در سطح احتمال یک درصد بر وزن خشک گیاه و سنبله تأثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که کمترین وزن خشک برگ و ساقه مربوط به تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بود که کاهش ۱۶/۱ و ۱۸/۳ درصدی را نسبت به کمترین آن (تیمار ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتاربه‌ترتیب برای برگ و ساقه)، به‌همراه داشت و در بین سایر سطوح کودی، تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). مشاهده شد که وزن خشک برگ و ساقه تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار روند صعودی و پس از آن روند نزولی داشت. برخی محققان در مطالعه‌ای نشان دادند که با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی، شاخص سطح برگ گندم، ابتدا افزایش یافت و سپس با افزایش مصرف کود کاهش یافت (یوسفی‌داز و همکاران، ۱۳۹۳).

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01 ]

Asif و همکاران. (۲۰۱۲) نیز بیان کردند که مقدار شاخص سطح برگ گندم با افزایش سطوح نیتروژن کودی افزایش می‌یابد.

در بررسی اثر متقابل کود و تراکم مشخص شد که در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و تراکم ۴۵۰ بوته در متر مربع بیشترین وزن خشک گیاه (۴/۱۴ گرم در بوته) و سنبله (۲/۳۸ گرم در بوته) داشتند (جدول ۷). به‌نظر می‌رسد با افزایش تراکم کاشت با کاهش نیتروژن و مواد غذایی دریافتی، برگ و سنبله در گیاه کوتاه می‌شود، در نتیجه از وزن خشک برگ و سنبله کم می‌شود؛ ولی با افزایش مصرف کود نیتروژن، به‌دلیل دسترسی به نیتروژن بیشتر در گیاه باعث افزایش طول برگ و سنبله در گیاه می‌شود، در نتیجه وزن خشک کلی آن‌ها پس از گرده‌افشانی افزایش می‌یابد. چگنی (۱۳۹۳) در پژوهشی اظهار داشت که افزایش تراکم، باعث کاهش معنی‌دار در ارتفاع بوته و افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ و عملکرد بیولوژیکی گندم شد. نتایج مطالعه Ren و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که با افزایش مصرف نیتروژن میزان تولید ماده خشک گندم افزایش یافت اما با مصرف بیش از ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تولید ماده خشک اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. کودهای نیتروژنه موجب افزایش سطح برگ و بهبود غلظت کلروفیل برگ در گیاهان می‌شوند که به موجب آن میزان جذب نور و کارایی فتوسنتز افزایش می‌یابد. بنابراین افزایش تولید ماده خشک با افزایش مصرف کود نیتروژن را می‌توان به افزایش میزان فتوسنتز و راندمان بیشتر نسبت داد (Ciampitti et al., 2013).

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01 ]

**جدول ۵: تجزیه واریانس صفات مطالعه شده گندم در دو سال زراعی**

| | منابع تغییر | میانگین مربعات | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | حداکثر وزن خشک پس از گرده‌افشانی | | | | کارایی انتقال مجدد | | | |
| | | درجه آزادی | ساقه | برگ | سنبله | گیاه | ساقه | برگ | سنبله | گیاه |
| ۱۳۹۹ | تکرار | ۲ | ۱/۹ns | ۰/۲ns | ۰/۱ns | ۳/۵ns | ۳/۷۷ns | ۱۲/۷۵ns | ۴/۳۶ns | ۱/۶۶ns |
| | کود | ۳ | ۵/۳* | ۰/۶* | ۰/۲ns | ۶/۵ns | ۸۰/۵۹ns | ۵۱/۸۵ns | ۲۴/۲۶ns | ۳۷/۴۰* |
| | خطای کرت اصلی | ۶ | ۱/۹ | ۰/۲ | ۰/۱ | ۲/۸ | ۳۷/۸۲ | ۴۴/۸۶ | ۷۲/۷۷ | ۱۳/۲۲ |
| | تراکم | ۵ | ۰/۸ns | ۰/۱ns | ۰/۲ns | ۱/۵ns | ۶۷/۱۶ns | ۷۷/۱۴* | ۴۱/۵۲* | ۵۵/۳۱* |
| | کود × تراکم | ۱۵ | ۲/۰ns | ۰/۲ns | ۰/۲ns | ۲/۹ns | ۸۹/۶۹ns | ۶۷/۴۵ns | ۲۵/۱۱ns | ۳۳/۰۷ns |
| | خطای کرت فرعی | ۴۰ | ۱/۷ | ۰/۱۸ | ۰/۲۸ | ۳/۲ | ۹۳/۱۶ | ۵۸/۷۴ | ۴۰/۹۰ | ۴۰/۸۸ |
| | ضریب تغییرات (٪) | - | ۲۳/۱ | ۱۸/۲ | ۱۶/۴ | ۱۶ | ۱۵/۳ | ۱۵/۰ | ۱۶/۱ | ۱۴/۵ |
| ۱۴۰۰ | تکرار | ۲ | ۰/۰۲ns | ۰/۶۲ns | ۰/۳۳ns | ۰/۰۶ns | ۲/۲۷ns | ۶۱/۳۷ns | ۱۶۷/۴۵ns | ۲۷/۱۶ns |
| | کود | ۳ | ۰/۲۱ns | ۰/۷۱ns | ۰/۷۴ns | ۳/۱۲ns | ۱۲/۰۲ns | ۶۴۴/۴۸* | ۱۲۸۱/۴۷** | ۱۲۷/۴۹* |
| | خطای کرت اصلی | ۶ | ۰/۱۹ | ۰/۴۳ | ۰/۲۸ | ۲/۳۳ | ۱۶/۷۸ | ۱۶۶/۴۰ | ۱۰۰/۴۳ | ۳۸/۰۴ |
| | تراکم | ۵ | ۰/۱۵ns | ۰/۲۳ns | ۰/۷۰ns | ۲/۸۸ns | ۷/۳۸ns | ۱۳۰/۲۰ns | ۳۳۰/۰۷* | ۳۰/۱۸ns |
| | کود × تراکم | ۱۵ | ۰/۳۲ns | ۰/۶۹ns | ۱/۳۸** | ۳/۷۵** | ۱۲/۰۹ns | ۱۴۴/۰۶ns | ۲۸۶/۲۸ns | ۴۸/۸۶ns |
| | خطای کرت فرعی | ۴۰ | ۰/۱۷ | ۰/۴ | ۰/۳۴ | ۲/۷۱ | ۱۱/۹۱ | ۱۷۵/۰۲ | ۲۷۷/۶۸ | ۳۹/۳۹ |
| | ضریب تغییرات (٪) | ۲ | ۱۸/۴ | ۱۶/۶ | ۱۵/۷ | ۱۵/۴ | ۱۴/۰ | ۱۴/۲ | ۱۵/۱ | ۱۳/۴ |

ns، * و** به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد و یک‌درصد.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01 ]

**جدول ۶: مقایسه میانگین اثر اصلی کود و تراکم کاشت بر صفات مطالعه شده گندم در دو سال زراعی**

| تیمارها | حداکثر وزن خشک پس از گرده‌افشانی | | کارایی انتقال مجدد | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ساقه (گرم در بوته) | برگ (گرم در بوته) | برگ (درصد) | | سنبله (درصد) | | گیاه (درصد) | |
| | ۱۳۹۹ | ۱۴۰۰ | ۱۳۹۹ | ۱۴۰۰ | ۱۳۹۹ | ۱۴۰۰ | ۱۳۹۹ | ۱۴۰۰ |
| کود (کیلوگرم در هکتار) | | | | | | | | |
| ۰ | ۵/۲۵ab | ۲/۳۹ab | – | ۲۹/۴۸ab | – | ۱۳/۶۰b | ۱۸/۲۳ab | ۶/۶۰ab |
| ۱۰۰ | ۵/۶۲a | ۲/۶۱a | – | ۳۶/۱۷a | – | ۲۲/۱۵a | ۱۸/۵۳ab | ۹/۱۵a |
| ۲۰۰ | ۶/۳۸a | ۲/۲۹ab | – | ۲۲/۱۶b | – | ۲/۸۰c | ۱۵/۶۹b | ۲/۸۲b |
| ۳۰۰ | ۵/۲۱b | ۲/۱۹b | – | ۲۵/۷۷ab | – | ۷/۰۲bc | ۱۸/۸۴a | ۵/۰۶ab |
| تراکم (بوته در متر مربع) | | | | | | | | |
| ۱۵۰ | – | – | ۱۶/۱۰b | – | ۱۲/۰۷b | ۱۱/۹۷ab | ۱۵/۶۱b | – |
| ۲۲۵ | – | – | ۱۸/۹۸ab | – | ۱۴/۶۵ab | ۱۴/۳۹ab | ۱۸/۶۰ab | – |
| ۳۰۰ | – | – | ۲۳/۱۴a | – | ۱۷/۳۹a | ۱۶/۶۵a | ۲۱/۶۴a | – |
| ۳۷۵ | – | – | ۱۷/۹۹ab | – | ۱۳/۸۷ab | ۱۴/۸۳ab | ۱۷/۵۲ab | – |
| ۴۵۰ | – | – | ۱۹/۵۷ab | – | ۱۵/۱۱ab | ۲/۶۶b | ۱۷/۳۸ab | – |
| ۵۲۵ | – | – | ۱۶/۶۲b | – | ۱۲/۹۵ab | ۷/۸۵ab | ۱۶/۱۹b | – |

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01 ]

**جدول ۷: مقایسه میانگین اثر متقابل کود و تراکم کاشت بر وزن خشک سنبله و گیاه گندم در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰**

| تیمارها | | وزن خشک (گرم) | |
|---|---|---|---|
| کود (کیلوگرم در هکتار) | تراکم (بوته در متر مربع) | سنبله | گیاه |
| | | ۱۴۰۰ | ۱۴۰۰ |
| ۰ | ۱۵۰ | ۱.۹۴ab | ۳.۲۹ab |
| | ۲۲۵ | ۰.۵۲cd | ۱.۱۱ce |
| | ۳۰۰ | ۱.۵۹ac | ۲.۴۰ac |
| | ۳۷۵ | ۰.۵۲cd | ۰.۳۱e |
| | ۴۵۰ | ۰.۰۱d | ۰.۰۵e |
| | ۵۲۵ | ۰.۳۱d | ۰.۸۷ce |
| ۱۰۰ | ۱۵۰ | ۰.۴۷cd | ۱.۳۸be |
| | ۲۲۵ | ۰.۴۷cd | ۲.۵۲ac |
| | ۳۰۰ | ۰.۶۰cd | ۱.۴۲be |
| | ۳۷۵ | ۰.۰۸d | ۰.۳۳e |
| | ۴۵۰ | ۲.۳۸a | ۴.۱۴a |
| | ۵۲۵ | ۰.۲۰d | ۰.۶۹ce |
| ۲۰۰ | ۱۵۰ | ۰.۳۵d | ۱.۷۰be |
| | ۲۲۵ | ۰.۰۱d | ۰.۰۱e |
| | ۳۰۰ | ۰.۵۹cd | ۰.۱۵e |
| | ۳۷۵ | ۰.۱۲d | ۰.۴۴de |
| | ۴۵۰ | ۰.۰۶d | ۰.۲۷e |
| | ۵۲۵ | ۰.۹۲bcd | ۱.۸۲be |
| ۳۰۰ | ۱۵۰ | ۱.۱۵ad | ۲.۳۲ad |
| | ۲۲۵ | ۰.۹۷bd | ۱.۵۹be |
| | ۳۰۰ | ۰.۱۶d | ۰.۹۹ce |
| | ۳۷۵ | ۰.۶۶cd | ۱.۶۵be |
| | ۴۵۰ | ۰.۳۶d | ۰.۱۹e |
| | ۵۲۵ | ۰.۱۵d | ۱.۰۶ce |

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند.

### کارایی انتقال مجدد

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در سال اول آزمایش عامل اصلی کود بر کارایی انتقال مجدد گیاه در سطح پنج درصد تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۵). همچنین عامل تراکم کاشت در سال اول آزمایش دارای تأثیر معنی‌داری بر کارایی انتقال مجدد از گیاه، سنبله و برگ در سطح احتمال پنج درصد داشت (جدول ۵)، اما در سال دوم آزمایش عامل

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01 ]

اصلی کود بر کارایی انتقال مجدد از برگ و گیاه (در سطح پنج درصد) و کارایی انتقال مجدد سنبله (در سطح احتمال یک درصد) و کارایی انتقال مجدد برگ (در سطح احتمال پنج درصد) دارای تأثیر معنی‌داری بود (جدول ۵). همچنین تراکم کشت در سال دوم آزمایش بر کارایی انتقال مجدد از سنبله در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین تیمارها مؤید آن بود که در سال اول آزمایش، با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن، بیشترین کارایی انتقال مجدد از گیاه (۱۸/۸۴ درصد) حاصل شد که نسبت به کمترین کارایی آن (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) افزایش ۲۰/۰۸ درصدی به‌همراه داشت، اما بین سطوح کودی صفر و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). در سال دوم آزمایش نیز بیشترین و کمترین کارایی انتقال مجدد از گیاه به‌ترتیب مربوط به تیمار ۱۰۰ (۹/۱۵ درصد) و ۲۰۰ (۲/۸۲ درصد) کیلوگرم در هکتار بود که اختلاف ۶۹/۱۸ درصدی را ثبت نمودند (جدول ۶). همچنین در سال اول آزمایش، بیشترین و کمترین کارایی انتقال مجدد از سنبله به‌ترتیب مربوط به تیمار ۳۰۰ بوته در متر مربع بود که نسبت به کمترین تراکم (۱۵۰ بوته در متر مربع) ۴۳/۷۳ درصد افزایش یافت، البته بین سطوح ۲۲۵، ۳۰۰، ۳۷۵ و ۴۵۰ بوته در متر مربع اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد. در سال دوم آزمایش، کمترین کارایی انتقال مجدد از سنبله مربوط به به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود که نسبت به بیشترین میزان انتقال مجدد از سنبله (تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، ۸۴/۰۲ درصد کاهش یافت (جدول ۶). همچنین مشخص شد که در سال اول آزمایش، بیشترین کارایی انتقال مجدد از برگ مربوط به تراکم ۳۰۰ بوته در متر مربع بود که نسبت به تراکم ۱۵۰ بوته در متر مربع، ۴۳/۷۳ درصد افزایش یافت، اما با سطوح تراکمی ۲۲۵، ۳۰۰، ۳۷۵ و ۴۵۰ بوته در متر مربع اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۶). در سال دوم آزمایش تیمار کودی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، بیشترین میزان کارایی انتقال مجدد از برگ (۳۶/۱۷ درصد) را به خود اختصاص داد که نسبت به کمترین آن (تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار)، ۶۳/۲۲ درصد افزایش یافت، البته با تیمارهای صفر و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). کاربرد کم نیتروژن موجب افزایش کارایی انتقال مجدد نیتروژن می‌شود (Chen *et al.*, 2016). محققان دیگری نیز گزارش کردند که با افزایش میزان نیتروژن، تمام کارایی‌های داخل گیاه بهبود می‌یابد؛ اما با افزایش تراکم گیاه کاهش می‌یابد (Ciampitti *et al.*, 2013). پژوهشگران پیشنهاد کرده‌اند که از طریق ترکیبی از جذب نیتروژن پس از اعمال تراکم مناسب کاشت و انتقال مجدد از اندام‌های رویشی می‌توان به کیفیت بالای غذایی دانه دست یافت (Chen *et al.*, 2016). Mi و همکاران (۲۰۰۳) در پژوهشی بیان کردند که واریته‌های با طول دوره رشد بیشتر، می‌توانند به بازدهی بالاتری ازنظر کارایی انتقال مجدد برسند. مطالعات Ren و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که هماهنگی کارایی انتقال مجدد نیتروژن و جذب نیتروژن در مراحل پس از کاشت برای عملکرد دانه بالا و کارایی بالا استفاده از نیتروژن مهم است و به عبارت دیگر، می‌توان با افزایش

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01 ]

تراکم کاشت و افزایش نسبت جذب نیتروژن به دلیل افزایش میزان کاربرد نیتروژن، بازده انتقال مواد مغذی را افزایش داد. بهره‌وری محصول بسیار متکی به کود نیتروژن است. تولید و استفاده از کودهای نیتروژن مقدار زیادی انرژی مصرف می‌کند و مقدار اضافی آن برای محیط زیست مضر است؛ بنابراین، افزایش کارایی استفاده گیاه از مواد فتوسنتزی برای توسعه کشاورزی پایدار و کاهش استفاده از کودهای شیمیایی ضروری است. استفاده از نیتروژن در داخل گیاه ذاتاً پیچیده است، زیرا هر مرحله از جمله جذب نیتروژن، انتقال، جذب و انتقال مجدد، توسط چندین عامل تعامل ژنتیکی و محیطی مدیریت می‌شود. عوامل محدود کننده در متابولیسم گیاه برای به حداکثر رساندن کارایی انتقال مجدد در منابع کم و زیاد نیتروژن متفاوت است که نشان دهنده پتانسیل زیادی برای بهبود کارایی انتقال مجدد ارقام فعلی است که اصلاح شده‌اند. کاهش تلفات زیست‌محیطی و افزایش بهره‌وری نیتروژن حاصل از محصول نیاز به هماهنگی متابولیسم کربوهیدرات و نیتروژن برای تولید بازده بالا و نیز کارایی مطلوب انتقال مجدد دارد. بهبود شاخص کارایی انتقال مجدد برای به‌دست آوردن جذب و استفاده از مواد مغذی، می‌تواند روش مهمی برای تولید ارقام با عملکرد بالا در آینده باشند.

**وزن هزاردانه**

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در سال اول آزمایش هیچ‌کدام از عوامل مورد بررسی بر وزن هزاردانه تأثیر معنی‌داری نداشتند، اما در سال دوم آزمایش که میزان وقوع بارندگی‌ها بیشتر بود، اثر کود و تراکم کاشت به‌ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۸). در سال دوم آزمایش بین میزان مصرف ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد و به‌ترتیب با ۴۷/۱ و ۴۴/۷ گرم بیشترین وزن هزاردانه را داشتند (جدول ۹). همچنین کمترین تراکم کاشت (۱۵۰ دانه در متر مربع) در بین سطوح تراکم کاشت با ۴۶/۶ گرم دارای بیشترین وزن هزاردانه بود (جدول ۷). Han و همکاران (۲۰۲۰) عنوان کردند که در تراکم‌های پایین، افزایش توان فتوسنتزی احتمالاً به‌دلیل سایه‌اندازی کمتر و جذب بیشتر تشعشع خورشیدی در گیاه ایجاد می‌شود که در نهایت منجر به افزایش وزن هزاردانه می‌شود. لذا به‌نظر می‌رسد که کاهش وزن هزاردانه متناسب با افزایش تراکم می‌تواند به‌دلیل کاهش نفوذ تشعشع خورشیدی در اثر سایه‌اندازی بیشتر و به‌دنبال آن کاهش تولید مواد فتوسنتزی برای پرکردن دانه باشد.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01 ]

**جدول ۸: مقایسه میانگین اثر اصلی کود و تراکم کاشت بر صفات مطالعه شده گندم در دو سال زراعی**

| تیمارها | وزن هزار دانه (گرم) | | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | | عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ۱۳۹۹ | ۱۴۰۰ | ۱۳۹۹ | ۱۴۰۰ | ۱۳۹۹ | ۱۴۰۰ |
| کود (کیلوگرم در هکتار) | | | | | | |
| ۰ | - | ۴۳/۴b | - | - | - | - |
| ۱۰۰ | - | ۴۲/۷b | - | - | - | - |
| ۲۰۰ | - | ۴۷/۱a | - | - | - | - |
| ۳۰۰ | - | ۴۴/۷ab | - | - | - | - |
| تراکم (بوته در متر مربع) | | | | | | |
| ۱۵۰ | - | ۴۶/۶a | - | ۵۷۴۷/۵cd | - | ۱۳۰۸۵/۸b |
| ۲۲۵ | - | ۴۴/۴b | - | ۶۲۷۱/۷bc | - | ۱۳۹۱۳/۳b |
| ۳۰۰ | - | ۴۳/۹b | - | ۷۱۶۷/۵a | - | ۱۶۰۰۱/۷a |
| ۳۷۵ | - | ۴۳/۶b | - | ۶۷۹۴/۲ab | - | ۱۵۶۲۰/۸a |
| ۴۵۰ | - | ۴۴/۸ab | - | ۵۹۱۵/۸cd | - | ۱۴۵۱۵/۸ab |
| ۵۲۵ | - | ۴۳/۵b | - | ۵۴۰۵/۸d | - | ۱۳۱۰۵/۸b |

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

### عملکرد دانه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در سال اول اثر کود، تراکم کشت و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود. در سال دوم آزمایش تراکم کاشت در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین سطوح مختلف تراکم کاشت حاکی از آن بود که بیشترین عملکرد دانه (۷۱۶۷/۵ کیلوگرم در هکتار) از تراکم کشت ۳۰۰ دانه در متر مربع به‌دست آمد که با عملکرد حاصل از تراکم ۳۷۵ بوته در متر مربع (۶۷۹۴/۲ کیلوگرم در هکتار) اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۸). بررسی نتایج نشان داد که بهترین تراکم جهت کاشت تراکم‌های ۳۰۰ و ۳۷۵ دانه در متر مربع است و با افزایش و یا کاهش تراکم از عملکرد دانه کاسته شد به‌گونه‌ای که کمترین عملکرد دانه از تراکم‌های ۵۲۵ و ۱۵۰ بوته در متر مربع به ترتیب با عملکرد ۵۴۰۵/۸ و ۵۷۴۷/۵ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول ۸۸). اختلاف عملکرد دانه در دو سال آزمایش و افزایش عملکرد دانه در سال دوم (۶۲۱۷ کیلوگرم در هکتار) نسبت به سال اول آزمایش (۴۸۷۲ کیلوگرم در هکتار) می‌تواند به‌علت میزان بارندگی بیشتر و توزیع مناسب‌تر آن در سال دوم آزمایش به‌ویژه در مرحله زایشی و دوره پر شدن دانه باشد که منجر به افزایش وزن هزاردانه گردید (جدول ۸). افزایش عملکرد دانه می‌تواند به‌واسطه تأثیر نیتروژن بر فرایندهای رشد و نمو گیاه باشد، در نتیجه تعداد سنبله در متر مربع و وزن هزاردانه بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه دارد (سارلی و همکاران، ۱۴۰۱). زاهد و همکاران (۱۳۹۰) اعلام کردند با افزایش تراکم بوته عملکرد دانه گندم افزایش یافت، این افزایش عملکرد را می‌توان به‌دلیل افزایش تعداد سنبله در واحد سطح

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01 ]

دانست. در پژوهش حاضر چنین استنباط گردید که افزایش تراکم و به تبع آن افزایش سنبله در واحد سطح تا حدی می‌تواند باعث افزایش عملکرد دانه شود؛ ولی بعد از آن به‌دلیل رقابت درون‌گونه‌ای باعث کاهش عملکرد می‌گردد. دست‌یابی به عملکرد بالا و مناسب، مستلزم انطباق مراحل رشدی گیاه با شرایط جوی مساعد و افزایش کارایی استفاده ازعوامل تولید به واسطه تراکم مطلوب می‌باشد (Hiltbrunner *et al.,* 2007). Zheng و همکاران (۲۰۲۰) گزارش نمودند در سال اول آزمایش بیشترین عملکرد دانه گندم در سطوح کودی ۱۳۸ و تراکم ۳۰۰ و ۳۷۵ دانه در متر مربع و در سال دوم آزمایش در سطح کودی ۹۲ و تراکم ۳۷۵ دانه در متر مربع بدست آمد. در پژوهشی که در شهرستان گرگان انجام شد گزارش گردید مدیریت مقدار و زمان مصرف کود نیتروژن بر عملکرد زیست توده، عملکرد دانه و شاخص سطح برگ در مرحله گرده افشانی معنی‌دار بود. حداکثر عملکرد دانه (۵۵۳۰ کیلوگرم در هکتار) با مصرف ۷۸ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار حاصل شد (Yousef *et al.,* 2015). در مطالعه‌ای که در کشور پاکستان انجام شد گزارش گردید با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم بذر در هکتار بیشترین عملکرد دانه و اجزای عملکرد گندم حاصل شد و مشخص شد با افزایش مصرف بذر به‌دلیل رقابت بیشتر درون گونه‌ای عملکرد دانه کاهش یافت (Ranazai *et al.,* 2024).

**عملکرد بیولوژیکی**

نتایج تجزیه واریانس عملکرد بیولوژیکی به تفکیک دو سال زراعی نشان داد که در سال اول هیچ‌یک از عوامل مورد بررسی بر عملکرد بیولوژیکی دارای تأثیر معنی‌داری نبود، اما در سال دوم تراکم کشت بر عملکرد بیولوژیکی، دارای تأثیر معنی‌داری بود (جدول ۷). مقایسه میانگین اثر اصلی تراکم کاشت در سال دوم آزمایش، نشان داد که تراکم کاشت ۳۰۰ دانه در متر مربع با ۱۶۰۰۱/۷ تن در هکتار، دارای بیشترین عملکرد بیولوژیکی بود که با تراکم‌های کاشت ۳۷۵ و ۴۵۰ بوته در متر مربع به‌ترتیب با ۱۵۶۲۰/۸ و ۱۴۵۱۵/۸ تن در هکتار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۸). کمترین عملکرد بیولوژیکی نیز از تراکم کشت ۱۵۰ دانه در متر مربع (۱۳۰۸۵/۸ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد (جدول ۸). تراکم بوته به‌طور مستقیم بر توزیع منابع محیطی مانند نور، رطوبت و مواد مغذی در بین اجزای جمعیت گیاهی تأثیر می‌گذارد و در نتیجه، تعادل بین رقابت داخلی و بهره‌وری منابع را دستخوش تغییر می‌سازد. بهینه‌سازی تراکم بوته می‌تواند به حداکثر رساندن بهره‌وری منابع و کاهش اثرات منفی رقابت بین گیاهان منجر شود. با افزایش تراکم بوته، عملکرد بیولوژیکی به‌صورت خطی افزایش می‌یابد (ظفری قلعه‌رودخانی و همکاران، ۱۳۹۶). چگنی (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای با بررسی اثر تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم اعلام کردند که با افزایش تراکم کشت؛ شاخص سطح برگ، تعداد سنبله در واحد سطح، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت افزایش معنی‌داری یافت. نتایج خانجانی و بحرانی (۱۳۹۶) نشان داد که برهمکنش مقدار و تقسیط کود نیتروژن بر عملکرد بیولوژیکی، میزان و کارایی انتقال مجدد ماده خشک و

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01 ]

میزان و کارایی فتوسنتز جاری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. در مطالعه‌ای دیگر محققان گزارش نمودند که عملکرد بیولوژیکی با مصرف کود نیتروژن بهبود یافت و بیشترین عملکرد بیولوژیکی در شرایط بدون رقابت و با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۱۷/۸۵ تن در هکتار) بدست آمد (اسدی و همکاران، ۱۳۹۲).

## نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که تیمارهای تراکم کاشت و سطوح مختلف کود نیتروژن تأثیر معناداری بر عملکرد کمی گندم داشتند، به‌طوری که در بررسی اثر متقابل کود و تراکم کاشت مشاهده شد که بیشترین وزن خشک گیاه (۴/۱۴ گرم) و سنبله (۲/۳۸ گرم) به‌ترتیب مربوط به تیمار کودی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و تراکم کاشت ۴۵۰ بوته در متر مربع بود که نسبت به کمترین آن، به‌ترتیب ۹۹/۷۵ و ۹۹/۵۷ درصد اختلاف داشتند. محتمل است با افزایش تراکم کاشت با کاهش نیتروژن و مواد غذایی دریافتی، برگ و سنبله در گیاه کوتاه شده و در نتیجه وزن خشک برگ و سنبله کاهش یافته است. از طرفی با افزایش مصرف کود نیتروژن، به‌دلیل دسترسی به نیتروژن بیشتر در گیاه باعث افزایش طول برگ و سنبله در گیاه شد و در نهایت وزن خشک کلی آن‌ها پس از گرده‌افشانی افزایش یافت. به‌طور کلی یافته‌های این پژوهش نشان داد که در میان تیمارهای مختلف بررسی شده، استفاده همزمان از ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (تأمین شده از کود اوره) با تراکم‌های ۳۰۰ و ۳۷۵ بوته در متر مربع، بهینه‌ترین الگوی کشت را از منظر تأثیر بر شاخص‌های رشدی و عملکردی ارائه می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که مدیریت صحیح کوددهی نیتروژنه، قادر است به طور قابل توجهی کارایی بازتوزیع عناصر غذایی در بخش‌های مختلف گیاه گندم را تحت تأثیر قرار داده و بهبود بخشد. بنابراین مدیریت صحیح و علمی این عوامل زراعی برای دستیابی به عملکرد مطلوب ضروری است و پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده، اثر سایر عوامل محیطی و مدیریتی نیز برای بهینه‌سازی بیشتر تولید گندم مورد بررسی قرار گیرد.

## منابع

**اسدی، س.، آینه‌بند، ا.، راهنما، ق. و فرخی، ا. (۱۳۹۲)** مطالعه واکنش عملکرد گندم به تنش رقابت و سطوح مختلف نیتروژن. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، دوره ۱۱ شماره ۲. ص ۳۶۵-۳۷۶.

**اصفهانی، م.، عباسی، ح.ر.ا، رابیعی، ب. و کاووسی، م. (۱۳۸۷).** بهبود مدیریت نیتروژن در مزارع برنج با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری کلروفیل (SPAD). نشریه محیط زیست برنج و آب، دوره ۶. ص ۱۸۱-۱۸۸.

**چگنی، ه. (۱۳۹۳).** بررسی اثر تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی)، دوره ۱۰۴. ص ۹-۱۶.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01 ]

**خانجانی، م. و بحرانی، ع. (۱۳۹۶).** اثر مقادیر مصرف و تقسیط کود نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد، انتقال مجدد ماده خشک و میزان فتوسنتز جاری در گندم رقم چمران. نشریه علوم به‌زراعی گیاهی، دوره ۷ شماره ۲. ص ۸۹-۱۰۲.

**زاهد، م.، گالشی، س.، لطیفی، ن.، سلطانی، ا. و کلاته، م. (۱۳۹۰).** اثر تراکم بر عملکرد و اجزای عملکرد در ارقام جدید و قدیم گندم. نشریه الکترونیک تولید گیاهان زراعی، دوره ۴ شماره ۱، ص ۲۰۱- ۲۱۵.

**سارلی، ح.، بیابانی، ع.، صبوری، ح. و محمدی گنبد، ر. (۱۴۰۱).** تأثیر تراکم کاشت و مقادیرکود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم. نشریه زراعت دیم ایران، دوره ۱۱ شماره ۱. ص ۵۵-۷۷.

**سلطانی، ا.، سلطانی، ا.، زینلی، ا. ودستمالچی، ع. (۱۳۹۲).** شبیه‌سازی تلفات نیتروژن از مزارع گندم با استفاده از مدلCropSyst در گرگان. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، دوره ۲۰ شماره ۴، ص ۱۴۵-۱۶۳.

**ظفری قلعه‌رودخانی، ب.، سلطانی، ا.، زینعلی، ا.، کامکار، ب. و فیروزفرد، م. (۱۳۹۶).** تأثیر تراکم گیاه بر روابط آلومتریک بین ارتفاع گیاه و صفات زراعی گندم. نشریه تحقیقات زراعی ایران. دوره ۱۵ شملره ۲، ص ۲۸۶-۲۹۷.

**محمدی گنبد، ر. (۱۳۹۵).** اثر تغییر در زمان کاشت بر خصوصیات فنولوژیک، مورفوفیزیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط دیم منطقه گنبد. رساله دکتری، دانشگاه گیلان.

**یوسفی‌داز، م.، سلطانی، ا.، گالشی، س. و زینلی، ا. (۱۳۹۳).** بهینه سازی مدیریت نیتروژن کودی گندم در گرگان: مقدار و زمان مصرف کود نیتروژن. نشریه تولید گیاهان زراعی، دوره ۷ شماره ۴، ص ۸۱-۱۰۲.

**Arnon, D. L. 1949.** A copper enzyme is isolated chloroplast polyphenol oxidase in *Beta Vulgaries*. Plant Physiology, 24: 1-15.

**Asif, M., Maqsood, M., Ali, A., Hassan, S.W., Hussain, A., Ahmad, Sh., Arshid Javed, M.** 2012. Growth, yield components and harvest index of wheat (*Triticum aestivume*) affected different irrigation regimes and nitrogen management strategy. Science International-Lahore, 24: 215-218.

**Azam, B., Mir, A. M. S., and Ali, E. 2020.** Effects of salt and nitrogen on physiological indices and carbon isotope discrimination of wheat cultivars in the northeast of Iran. Journal of integrative Agriculture, 19(3): 656-667.

**Bustos, D. V., Hasan, A. K., Reynolds, M. P., and Calderini, D. F. 2013.** Combining high grain number and weight through a DH-population to improve grain yield potential of wheat in high-yielding environments. Field Crops Research, 145: 106-115.

**Chen, Q., Mu, X., Chen, F., Yuan, L., Mi, G. 2016.** Dynamic change of mineral nutrient content in different plant organs during the grain filling stage in maize grown under contrasting nitrogen supply. European Journal of Agronomy, 80: 137-153. https://doi.org/10.1016/j.eja.2014.09.008.

**Ciampitti, I.A., Murrell, S.T., Camberato, J.J., Tuinstra, M., Xia, Y., Friedemann, P., Vyn, T.J. 2013.** Physiological dynamics of maize nitrogen uptake and partitioning in response to

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01 ]

plant density and N stress factors: I. Vegetative phase. Crop Science, 53(5): 2105-2119. https://doi.org/10.2135/cropsci2013.01.0040.

**Giovanni, G., Silvano, P., and Giovanni, D. 2004.** Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian breed-wheat cultivars grown at different nitrogen Levels. European Journal of Agronomu. 34: 321-332

**Groppa, M. D., Benavides, M.P. 2008.** Polyamines and a biotic stress: recent advances. Amino Acids, 34: 35-45

**Guo, Z. P., Dong, K.., Zhu, J. H., and Dong, Y., 2019**. Effects of Nitrogen Fertilizer and Intercropping on Faba Bean Rust Occurrence and Field Microclimate. Journal of Nuclear Agriculture Science, 33, 2294-2302.

**Gupta, O.P., Mishra, V., Singh, N. K., Tiwari, R., Sharma, P., Gupta, R. K., and Sharma, I. 2015.** Deciphering the dynamics of changing proteins of tolerant and intolerant wheat seedlings subjected to heat stress. Molecular Biology Reports, 42: 43-51.

**Giamblow, D, Ruisi, P.G, Di-Miccli, M. 2010.** Nitrogen use efficiency and nitrogen fertilizer recovery of durum wheat genotypes as affected by interspesific competition. Agronomy journal, 102(2): 707-715.

**Han, K., Yin, F., and Liu, P. 2020.** Planting density and N application rate balance maize agronomic and environmental effect. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 117(3): 337-349.

**Hiltbrunner, J., Streit, B., Lidgens, M. 2007.** Are seeding densities an opportunity to increase grain yield of winter wheat in living mulch of white clover? Field Crop Research, 102(3): 163-171.

**Mahipat. S.Y and Dhanai, C.S. 2017.** Effect of different doses of nitrogen and seed rate on various characters and seed yield of wheat. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 6(2): 1- 5

**Mi, G., Liu, J.A., Chen, F., Zhang, F., Cui, Z., and Liu, X. 2003.** Nitrogen uptake and remobilization in maize hybrids differing in leaf senescence. Journal of plant nutrition, 26(1): 237-247.

**Qadeer, U., Ahmed, M., Fayyaz, U.H., and Akmal, M., 2019.** Impact of nitrogen addition on physiological, crop total nitrogen, enzyme activities and agronomic traits of the wheat crop under rainfed conditions. Sustainability, 11: 6486.

**Ranazai, S.K., Sadiq, M., Baloch, M.S., Qureshi, H., Anwar, T., Alarfaj, A.A., and Ansari, M.J. 2024.** Impact of different priming and sowing techniques in combination with different seed rates on wheat growth and yield. International Journal of Scientific Reports, 14(1): 26726.

**Ren, H., Cheng, Y., Li, R., Yang, Q., Liu, P., Dong, S., and Zhao, B. 2020.** Integrating density and fertilizer management to optimize the accumulation, remobilization, and distribution of biomass and nutrients in summer maize. Scientific Reports, 10(1): 1-12.

**Sairam, R.K, Rao, K.V., and Srivastava, G.C. 2002.** Differential response of wheat genotypes to long-term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Journal of Plant Science, 163: 1037-1046.

**Tan, K., Huang, Z., J, R., Qiu, Y., Wang, Z. and Liu, J. 2019.** A review of allelopathy on microalgae. Journal of Microbiology, 165(6): 587-592.

**Yang, D., Cai, T., Luo, Y., Wang, Z. 2019.** Optimizing plant density and nitrogen application to manipulate tiller growth and increase grain yield and nitrogen-use efficiency in winter wheat. Journal of Peer-Reviewed, Open, 7: p.e6484. https://doi.org/10.7717/peerj.6484

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01 ]

**Yousef, M., Shaaban, M., Suliman, A., Ibrahim, A., Fahad, S., and Jamil, K. M. 2015.** The effect of nitrogen application rates and timings of first irrigation on wheat growth and yield. International Journal of Agricultural Innovations and Research, 2(4): 645- 653.

**Zheng, B., Fang, Q., Zhang, C., Mahmood, H., Zhou, Q., Li, W., Li, X., Cai, J., Wang, X., Zhong, Y. and Huang, M. 2020.** Reducing nitrogen rate and increasing plant density benefit processing quality by modifying the spatial distribution of protein bodies and gluten proteins in endosperm of a soft wheat cultivar. Field Crops Research. 253: 107831.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01 ]

# Investigation of Morphophysiological Indices of Wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Qaboos) Under the Effect of Density and Nitrogen Fertilizer in Gonbad Kavous Region

A. Biabani[1*], M. Jangdoost Minab[2], R. Mohamadi Gonbad[3] and R. Rezvani[4]

1 ,2 & 4) Department of Plant Production, University of Gonbad Kavous, Gonbad Kavous, Iran.
3) Horticulture-Crops Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center. AREEO, Gorgan, Iran.

**Corresponding Author*: abas346@yahoo.com**

**This article is taken from a doctoral dissertation**

**Received date: 2025.09.15** **Accepted date: 2025.12.20**

## Abstract

**In order to study the effects of different planting densities and nitrogen fertilizer levels on wheat morpho-physiological traits, a split-plot experiment based on a randomized complete block design with three replications was conducted at the Gonbad Kavus Research Station during two cropping seasons (2020–2021 and 2021–2022). The experimental treatments included nitrogen fertilizer rates of 0, 100, 200, and 300 kg ha$^{-1}$ as the main factor, and wheat planting densities of 150, 225, 300, 375, 450, and 525 plants per m$^{-2}$ as the subfactor. The results indicated that all investigated traits including thousand-grain weight, grain yield, electrolyte leakage, and chlorophyll content were significantly affected by both nitrogen fertilizer level and planting density. The investigated traits, including thousand-grain weight, grain yield, electrolyte leakage, and chlorophyll content, were significantly influenced by nitrogen fertilizer application and plant density in wheat. Mean comparisons for plant density in the second year showed that the highest grain yield (7167.5 kg ha$^{-1}$) was achieved at a density of 300 plants m$^{-2}$, representing a 32.61% increase compared with the lowest grain yield (5405 kg ha$^{-1}$). Notably, this treatment did not differ significantly from the density of 375 plants m$^{-2}$. The highest thousand-grain weight was obtained with a nitrogen application rate of 200 kg ha$^{-1}$ (47.1 g) and a plant density of 150 plants m$^{-2}$ (46.6 g). Relative to the 100 kg ha$^{-1}$ nitrogen treatment, the increase was 10.31%, and compared with the density of 525 plants m$^{-2}$, the difference was 7.13%. Considering the interaction between nitrogen fertilizer and plant density, the greatest spike dry weight (2.38 g) was recorded under 100 kg ha$^{-1}$ nitrogen combined with a density of 450 plants m$^{-2}$. This value differed by 99.57% from the lowest treatment combination. Overall, the results suggest that optimal initial crop density for maximizing resource utilization and attaining superior wheat performance may be achieved by applying 300 kg ha$^{-1}$ of nitrogen fertilizer in combination with plant densities ranging from 300 to 375 plants m$^{-2}$.**

**Key words:** Optimum density, Biological yield, Chlorophyll and Dry weight.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01 ]