

Study of fertilizer acceptability and compressibility of new wheat cultivars under non-irrigated (rainy) conditions

Abbas Biabani^{*1}, Mohammadreza Jangdoost Minab¹, Rahmatollah Mohammadi², Hossein Sabouri¹, Ali Nakhzari Moghaddam¹, Ebrahim Gholamalipour Alamdari¹

¹Department of Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad, Golestan, Iran.

² Center for research and education of agriculture and natural resources of Golestan province, Golestan, Iran.

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	Objective: In rainfed farming, planting density and nitrogen supply are key factors determining wheat yield. Low plant density reduces the number of plants per unit area, while high density decreases the amount of light, moisture, and nutrients received by each plant. This research aimed to investigate the effects of different nitrogen levels and planting densities on the yield components of rainfed wheat.
Article history: Received 09 April 2026 Revised 12 June 2026 Accepted 19 June 2026 Published online 23 September 2026	Methods: A split-plot experiment arranged in a randomized complete block design with three replications was conducted over three cropping years (2018–2021) at the Gonbad Kavous Rainfed Research Station. The main factor consisted of four nitrogen levels (0, 46, 92, and 138 kg ha ⁻¹), and the sub-factor consisted of six planting density levels (150, 225, 300, 375, 450, and 525 plants m ⁻²).
Keywords: planting density Spike Number weight of 1000 seeds yield components	Results: Results showed that in the first two years, grain yield was affected by nitrogen, planting density, and their interaction, while in the third year, only planting density affected yield. Spike number per unit area was identified as the most important yield component. Thousand-grain weight was also affected by the treatments. The highest grain yield (4957 kg ha ⁻¹) was observed with 138 kg N ha ⁻¹ and a planting density of 300 plants m ⁻² .
	Conclusion: In rainfed farming systems, optimizing planting density (300–375 plants m ⁻²) along with adequate nitrogen supply (92–138 kg ha ⁻¹) improves rainfed wheat yield by increasing spike number per unit area and improving thousand-grain weight. Adjustment of treatments based on seasonal rainfall forecasts is recommended.

* Corresponding author, Email: abs346@yahoo.com

Cite this article: A Biabania, A., Jangdoost Minabb, M., Mohammadi, R., Sabouria, H., Nakhzari Moghaddam, A., and Gholamalipour Alamdarid, E. (2026). Study of fertilizer acceptability and compressibility of new wheat cultivars under non-irrigated (rainy) conditions. Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment. <https://doi.org/10.22034/nawee.2025.530673.1165>.



© The Author(s).

DOI: <http://doi.org/10.22034/nawee.2025.530673.1165>

Publisher: Gonbad Kavous University.

Introduction

Low plant densities reduce the number of plants per unit area, while increasing planting density leads to a decrease in the amount of light, moisture, and nutrients received by each plant. These factors reduce the number of spikes per plant. However, as planting density increases, the number of spikes per square meter rises because higher density increases the number of plants per unit area. With increased planting density, the number of spikelets per spike decreases. At low densities, due to favorable environmental conditions and reduced competition between neighboring plants, better conditions are provided for spike formation and grain filling. Additionally, since nitrogen availability is a key factor in plant tillering, an increase in fertile spikes is expected. Nitrogen helps sustain the produced tillers and, by increasing the number of spikes and grains, enhances yield. In particular, applying all nitrogen fertilizer at planting increases tillering due to nitrogen's role as an essential element for crop growth. Given the importance of nitrogen as a vital element for crop growth, the impact of planting density on wheat yield, and the necessity of achieving self-sufficiency, this research was conducted.

Materials and Methods

This study investigated the effects of different nitrogen levels and planting densities on yield components, including spikes per square meter, grains per spike, grain weight per spike, and thousand-grain weight, to improve rainfed wheat yield. The experiment was conducted as a split-plot based on a randomized complete block design with three replications during the 2018–2021 cropping seasons at the Gonbad Kavous Rainfed Research Station. Prior to cultivation, to determine fertilizer requirements and assess some physical and chemical properties of the soil, three soil samples were randomly collected from each replicate at a depth of 0–30 cm. In this experiment, the Qaboos rainfed wheat cultivar, a popular local variety, was used. Seeds were sown on November 6, 2018 (15 Aban 1397), November 9, 2019 (18 Aban 1398), and November 7, 2020 (16 Aban 1399). Planting density and different nitrogen levels were considered as experimental treatments. The main factor consisted of fertilizer treatments including 0, 46, 92, and 138 kg ha⁻¹ of nitrogen from a urea source, and the sub-factor consisted of six planting density levels: 150, 225, 300, 375, 450, and 525 plants m⁻², based on thousand-grain weight and seed consumption value.

Results

The results of the analysis of variance showed that grain yield in the first two years of the experiment was influenced by different nitrogen levels, planting density, and the interaction of these treatments. However, the results of the analysis of variance for the third year indicated that grain yield was affected only by planting density. According to the observations, in all three years of the experiment, grain yield, number of spikes per square meter, and number of grains per spike were influenced by nitrogen, planting density, and their interaction. The interaction effect between nitrogen levels and planting density on grain weight per spike was not significant. The results showed that the combination of 138 kg ha⁻¹ nitrogen and a density of 300 plants per square meter in the first year of the experiment, with a grain yield of 4957 kg ha⁻¹; 92 kg ha⁻¹ nitrogen and a density of 375 plants per square meter in the second year, with a grain yield of 4408 kg ha⁻¹; and a density of 525 plants per square meter combined with 138 kg ha⁻¹ nitrogen in the third year, with a grain yield of 3235 kg ha⁻¹, resulted in the highest grain yields.

Conclusions

In conclusion, the interaction between nitrogen level and planting density significantly influenced rainfed wheat grain yield, although its effect varied across years due to climatic fluctuations. Optimizing planting density (300–375 plants m⁻²) along with adequate nitrogen supply (92–138 kg ha⁻¹) improved grain yield primarily by increasing spike number per unit area. Given the high interannual rainfall variability in dryland regions, site-specific adjustment of agronomic practices based on seasonal precipitation forecasts is recommended for sustainable yield improvement.



مطالعه کودپذیری و تراکم پذیری رقم جدید گندم در شرایط دیم

عباس بیابانی^{۱*}، محمدرضا جنگدوست میناب^۱، رحمت الله محمدی^۲، حسین صبوری^۱، علی نخزری مقدم^۱، ابراهیم غلامعلی پور علمداری^۱

^۱ گروه آموزشی تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران .
^۲ مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، گرگان، ایران.

اطلاعات مقاله

مقدمه: در کشت دیم، تراکم کاشت و تأمین نیتروژن از عوامل کلیدی تعیین کننده عملکرد گندم هستند. تراکم پایین بوته، تعداد گیاهان در واحد سطح را کاهش می دهد، در حالی که تراکم بالا سبب کاهش نور، رطوبت و مواد غذایی دریافتی هر بوته می شود. این تحقیق با هدف بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم کاشت بر اجزای عملکرد گندم دیم انجام شد.

مواد و روش: آزمایشی به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار طی سه سال زراعی (۱۳۹۷-۱۴۰۰) در ایستگاه تحقیقات دیم گنبد کاووس اجرا گردید. عامل اصلی شامل چهار سطح نیتروژن (۰، ۴۶، ۹۲ و ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار) و عامل فرعی شامل شش سطح تراکم کاشت (۱۵۰، ۲۲۵، ۳۰۰، ۳۷۵، ۴۵۰ و ۵۲۵ بوته در مترمربع) بودند.

نتایج: نتایج نشان داد که در دو سال اول، عملکرد دانه تحت تأثیر نیتروژن، تراکم کاشت و اثر متقابل آن ها قرار گرفت، اما در سال سوم فقط تراکم بر عملکرد مؤثر بود. تعداد سنبله در واحد سطح مهم ترین مؤلفه عملکرد شناخته شد. وزن هزار دانه نیز تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت. بیشترین عملکرد دانه در ترکیب ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن با تراکم ۳۰۰ بوته در مترمربع (۴۹۵۷ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد.

نتیجه گیری: در سیستم کشت دیم، بهینه سازی تراکم کاشت (۳۰۰-۳۷۵ بوته در مترمربع) همراه با تأمین کافی نیتروژن (۹۲-۱۳۸ کیلوگرم در هکتار)، از طریق افزایش تعداد سنبله در واحد سطح و بهبود وزن هزار دانه، عملکرد گندم دیم را افزایش می دهد. تنظیم تیمارها بر اساس پیش بینی بارندگی فصلی توصیه می شود.

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۱/۲۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۳/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۲۹

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۷/۰۱

کلیدواژه ها:

تعداد سنبله

تراکم کاشت

اصطلاح چهار

وزن هزار دانه

* نویسنده مسئول، Email: abs346@yahoo.com

استناد: بیابانی، ع.، جنگدوست میناب، م.، محمدی، ر.، صبوری، ح.، نخزری مقدم، ع.، و غلامعلی پور علمداری، ا. (۱۴۰۵). مطالعه کودپذیری و تراکم پذیری رقم جدید گندم در شرایط دیم. *رویکردهای نوین در مهندسی آب و محیط زیست*، ۵ (۳)، ۲۱-۳۶

<https://doi.org/10.22034/nawee.2025.530673.1165>

ناشر: دانشگاه گنبد کاووس.

© نویسندگان.



مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L) یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی برای دنیاست، زیرا ۲۰ درصد کالری و پروتئین رژیم غذایی حدود ۴۰ درصد از جمعیت جهان را تأمین می‌کند (Gupta et al., 2015). بر اساس آمار فائو سطح تولید جهانی گندم در سال ۲۰۲۰-۲۰۱۹ حدود ۷۶۹/۵ میلیون تن پیش‌بینی شده است (FAO, 2019). بر اساس گزارش وزارت کشاورزی ایران در سال ۹۸-۱۳۹۷، سطح زیرکشت گندم حدود ۵/۸۶ میلیون هکتار بوده که ۶۷ درصد آن دیم و ۳۳ درصد آبی بوده و میزان گندم تولیدی نیز ۱۳/۷ میلیون تن برآورد شده است (احمدی و همکاران، ۱۴۰۰). بر اساس این آمار، استان گلستان با حدود یک میلیون و ۲۶۰ هزار تن در رتبه سوم تولید در بین استان‌ها قرار دارد که ۱۸۶/۵ هزار هکتار (حدود ۶۲ درصد از سطح زیرکشت گندم استان) شامل گندم دیم می‌باشد. این منطقه جایگاه ویژه‌ای در کشت گندم دارد به طوری که ۵۵ درصد تولید کل گندم استان را تشکیل داده است. تراکم مطلوب بوته گندم یکی از عوامل موثر در تولید است (نخجوانی مقدم و همکاران، ۱۳۹۲) در غلات اجزای اصلی عملکرد دانه تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در سنبله و میانگین وزن هزاردانه است (Rahmani et al, 2022). اما در واقع تمامی صفات از جمله ویژگی‌های مربوط به مراحل رشد مانند طول دوره رشد رویشی و دوره پر شدن دانه نقش مهمی در تشکیل عملکرد دانه دارند (امیدی و همکاران، ۱۳۹۳). مصرف کودهای نیتروژنی عمدتاً با افزایش تعداد سنبله در واحد سطح باعث افزایش عملکرد دانه گندم می‌شود و افزایش تعداد دانه در سنبله نقش کمتری در افزایش عملکرد دانه دارد (Giovanni et al, 2004). اثرات زیست‌محیطی و مکانیسم‌های ترمیمی در غلات باعث شده تا میزان بذر مورد نظر در واحد سطح افزایش یابد و کشاورزان منطقه تمایل بیشتری به استفاده از مقدار بذر بالاتری دارند، در حالی که این دسته به ویژه در برخی سال‌ها که تنش خشکی و گرما در پایان فصل بیشتر است. خساراتی ایجاد می‌کنند که قابل جبران نیست (محمدی‌گنبدی و همکاران، ۱۳۹۵). وزن دانه یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد دانه گندم است و بر اساس طول پر شدن دانه و سرعت پر شدن دانه تعیین می‌شود. بر این اساس، شناسایی مکانیسم‌های فیزیولوژیکی پر شدن دانه برای افزایش عملکرد گندم مطلوب است. نیتروژن یک ماده مغذی ضروری برای محصولات زراعی است و کاربرد آن می‌تواند برای افزایش عملکرد محصول موثر باشد (Guo et al, 2019). از آنجایی که نیتروژن یک عنصر پر مصرف ضروری برای رشد و عملکرد گندم است، مدیریت آن به‌طور کلی موثرترین راه برای افزایش عملکرد دانه در تولید گندم است (Azam et al, 2020). نیتروژن یکی از عناصر ضروری و مهم گیاه است (Koocheki et al, 2014) که یکی از اجزای اصلی و مهم اسیدهای آمینه، اسیدهای نوکلئیک، پپتیدها، پروتئین‌ها و کلروفیل است (Siddiqui et al, 2010). مقدار و زمان بهینه مصرف نیتروژن باعث بهبود و افزایش جذب و کارایی عناصر غذایی در گندم به‌ویژه در شرایط کم آبی می‌شود (Qadeer et al, 2019) در دسترس بودن نیتروژن در مراحل مختلف رشد تاثیر زیادی بر عملکرد و کیفیت دانه گندم دارد (Yousef et al, 2015). افزایش سطح برگ باعث افزایش ذخیره سازی کود نیتروژن و میزان انتقال مجدد بعدی و در نهایت افزایش عملکرد می‌شود (Soltani, 2009) تعیین تراکم مطلوب بوته یکی از مهم‌ترین تکنیک‌های زراعی برای دستیابی به عملکرد بالا و کیفیت مطلوب است (خشت زر و سیادت، ۱۳۹۳). گزارش کردند که تراکم بهینه کاشت در گندم کلید دستیابی به حداکثر عملکرد است و اعتقاد بر این است که برای هر سیستم زراعی و برای هر رقم، تراکم خاص و مطلوبی مورد نیاز است. (Siddiqui et al, 2007) تراکم بوته عامل مهمی است که بر رشد و عملکرد گندم تأثیر می‌گذارد. (Grassini et al, 2011 ; Yang et al, 2019) گزارش کردند که افزایش تراکم بوته به‌طور قابل توجهی باعث افزایش عملکرد دانه و تعداد سنبله در مترمربع و همچنین کاهش تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه می‌شود. در گندم، تعداد سنبلچه‌ها در هر سنبله در تراکم‌های مختلف کاشت متفاوت است (Dornbusch et al, 2011). در گزارشی دیگر عملکرد دانه با افزایش تراکم بوته در نتیجه افزایش تعداد سنبلچه‌ها بهبود می‌یابد (HuiJuan et al, 2009) طبق مطالعه‌ای کاشت فشرده، لزوماً عملکرد دانه را افزایش نمی‌دهد. تعداد دانه و وزن دانه در بوته گندم تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی است (Bustos et al, 2013, Gendua et al, 2009). نیتروژن مهم‌ترین عامل در تعیین بهره

وری و کیفیت دانه گندم در سیستم های کشاورزی در جهان است (Sinclair and Rufty, 2012) افزایش مصرف نیتروژن، با افزایش عملکرد دانه با ظهور سریع تر پنجه ها، عملکرد را افزایش می دهد (Wang et al, 2016). هدف از این تحقیق بررسی تاثیر سطوح مختلف نیتروژن در تراکم های مختلف کاشت بر عملکرد و اجزاء عملکرد گندم در شرایط دیم می باشد (Hosseini et al, 2023).

مواد و روش ها

این تحقیق در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد واقع در طول جغرافیایی 12° و 55° شرقی و عرض جغرافیایی 16° و 37° شمالی و با ۴۵ متر ارتفاع از سطح دریا در طی سه سال زراعی ۲۰۱۸-۲۰۱۹، ۲۰۱۹-۲۰۲۰ و ۲۰۲۰-۲۰۲۱ به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. قبل از کشت برای تعیین نیاز کودی و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، از هر تکرار سه نمونه به طور تصادفی از عمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک جمع آوری شد (جدول ۱). رشد و نمو محصولات زراعی دیم، متأثر از شرایط آب و هوایی در طی سال های مختلف است. معنی دار بودن اثر سال در این آزمایش ناشی از متفاوت بودن شرایط آب و هوای محیطی در طی سه سال اجرای آزمایش است. به طوری که مجموع بارندگی در سال اول آزمایش حدود ۶۲۶/۶ میلی متر، در سال دوم آزمایش این مقدار ۳۷۶/۷ میلی متر، و در سال سوم آزمایش این مقدار به ۲۴۵/۹ کاهش پیدا کرد (جدول ۲). پارامترهای مربوط به آب و هوا برای این منطقه به شرح زیر است: میانگین بارندگی سالانه ۴۰۰ میلی متر، متوسط دمای سالانه ۲۴/۰۵ درجه سانتی گراد. میانگین دما در سردترین ماه ۸/۱ درجه سانتی گراد؛ میانگین دما در گرم ترین ماه ۴۰ درجه سانتی گراد.

در این آزمایش از رقم گندم دیم قابوس که یک رقم محلی محبوب است استفاده شد. بذرها در روزهای ۱۵ آبان ۱۳۹۷ (۶ نوامبر ۲۰۱۸)، ۱۸ آبان ۱۳۹۸ (۹ نوامبر ۲۰۱۹) و ۱۶ آبان ۱۳۹۹ (۷ نوامبر ۲۰۲۰) کشت شدند. تراکم کاشت و سطوح مختلف نیتروژن به عنوان تیمارهای آزمایشی در نظر گرفته شد. عامل اصلی، تیمارهای کود شامل ۰، ۴۶، ۹۲ و ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع کود اوره و عامل فرعی، سطوح مختلف تراکم کاشت در ۶ سطح شامل: ۱۵۰، ۲۲۵، ۳۰۰، ۳۷۵، ۴۵۰ و ۵۲۵ بوته در مترمربع بر اساس وزن هزاردانه و ارزش مصرف دانه بود.

عملیات کشاورزی در این آزمایش شامل شخم، دیسک، تسطیح و آماده سازی ردیف بود. هر کرت شامل: ۶ خط کاشت ردیف با فاصله ۲۰ سانتی متر و اندازه هر کرت ۴ متر $\times$ ۱/۲ متر بود. فاصله بین تکرارها ۲ متر در نظر گرفته شد. کاشت به صورت دستی انجام گردید. به منظور اندازه گیری خصوصیات خاک مزرعه، نمونه ای متشکل از خاک مزرعه تهیه و با توجه به نمونه خاک، یک سوم کود نیتروژن مورد نیاز هنگام کاشت به همراه بذر و مابقی کود نیتروژن در دو مرحله شروع پنجه زنی و به ساقه رفتن به صورت سرک به گیاه داده شد. بذرها در عمق ۲-۳ سانتی متری در هر سه سال آزمایش، در اوایل نوامبر کاشته شدند. کنترل علف های هرز تا زمان استقرار بوته به صورت مکانیکی انجام شد. مصرف کودهای پتاسیم و فسفات در کاشت مزارع آزمایشی هر سه سال یکبار بر اساس آنالیز خاک (جدول ۱) به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود ۴۶ درصد فسفات در هر سال و همچنین به دلیل وجود پتاس قابل جذب در خاک، هیچ توصیه کودی برای استفاده از آن ارائه نگردید. رقم قابوس با منشأ مرکز بین المللی تحقیقات گندم و ذرت سیمیت در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ در ایستگاه های گچساران و گنبد مورد ارزیابی اولیه قرار گرفت و با توجه به زودرسی، ارتفاع بوته و وزن هزار دانه مناسب انتخاب شد. این رقم به دلیل دارا بودن عملکرد دانه بالا و صفات زراعی مطلوب در آزمایش های مقدماتی و پیشرفته به مدت سه سال (۹۱-۱۳۸۸) به همراه ۱۶ لاین پیشرفته دیگر و رقم شاهد کوهدشت در آزمایش های یکنواخت سراسری در ایستگاه های گرمسیری گچساران، گنبد، مغان و خرم آباد ارزیابی شد.

تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS (نسخه ۹/۳) انجام شد. برای مقایسه میانگین ها از آزمون LSD استفاده گردید. نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel ترسیم شدند. روی نتایج به دست آمده از تمام ۳ سال. در پایان سال سوم از آزمون بارتلت برای اطمینان از یکنواختی خطاهای آزمایشی استفاده شد و با توجه به ناهمگونی واریانس داده های آزمون، داده های هر سال آزمایش به طور جداگانه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (عمق ۰ تا ۳۰ سانتی متر) طی ۳ سال آزمایش

سال Year	بافت خاک Soil Texture	پتاسیم k (ppm)	فسفر p (ppm)	EC (dS- l.m)	PH	%O.C	%T.N.V
۱۳۹۷	S.C.L	۴۵۸	۱۱	۱	۷/۸	۱	۱۲
۱۳۹۸	S.C.L	۴۳۶	۱۰	۰/۹۴	۷/۸	۰/۷	۱۶/۵
۱۳۹۹	S.C.L	۴۰۳	۹/۱	۱/۲	۷/۷	۱/۰۶	۱۰/۵

نتایج و بحث

به طور کلی شرایط دمایی در سه فصل رشد تفاوت چشمگیری نداشت، به جز ماه اسفند ۲۰۲۰ که به ترتیب ۴ و ۳ درجه سانتی گراد خنک تر از سال های دوم و اول بود، و همچنین تیرماه ۲۰۲۱ که به ترتیب ۳ و ۴ درجه سانتی گراد گرم تر از سال اول و دوم آزمایش بود (جدول ۲). همچنین جدول شماره ۲ میزان بارندگی ماهانه در سه سال آزمایش را نشان می دهد. بارندگی بین سال ها به طور قابل توجهی متفاوت بود. بیشترین میزان بارندگی در سال اول آزمایش رخ داده است که به ترتیب ۶۶ و ۱۵۴ درصد بیشتر از سال های دوم و سوم آزمایش بوده است. توزیع بارندگی در ماه های مختلف در هر یک از سه سال آزمایشی متفاوت بود، به طوری که توزیع بارندگی در اسفند و فروردین که مصادف با مرحله تشکیل دانه ($Zadex = 41$) و دوره پر شدن دانه ($Zadex = 71-86$) (Zadex et al., 1974)، به ترتیب در سال اول آزمایش نسبت به سال دوم و سوم بهتر بود. تأثیر شرایط دمایی و بارندگی بر جذب عناصر غذایی گیاه در سال های مختلف متفاوت است. این اثر که از طریق رابطه آب، خاک و گیاه اعمال می شود، می تواند یکی از مهم ترین عوامل در جذب عناصر غذایی و افزایش عملکرد دانه می باشد (کافی و همکاران، ۱۳۷۹). برای اطمینان از یکنواختی خطاهای آزمایشی ابتدا آزمون بارتلت انجام شد و به دلیل ناهمگونی، واریانس، داده های تجربی به صورت جداگانه در سه سال تجزیه و تحلیل شدند.

جدول ۲- میانگین دمای هوای ماهانه طی سه سال آزمایش به صورت جداگانه

میزان ساعات آفتابی Total hours of sunshine			میزان بارش (میلی متر) Total rainfall (mm)			میانگین درجه حرارت (سانتی گراد) Average temperatures (°C)		
۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۳۹۸	۱۴۰۰	۱۴۰۰	۱۳۹۸	۱۳۹۷-۱۳۹۸	۱۴۰۰
۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۳۹۷	۱۳۹۹	۱۳۹۹	۱۳۹۷		۱۳۹۹
۲۰/۳	۲۰/۸	۱۹/۳	۴۴/۷	۲۸/۷	۳۰/۲	۲۰/۱/۶	۲۲۱	۲۵۱/۳
۱۳/۶	۱۲/۸	۱۲/۹	۳۲/۴	۴۶/۶	۳۴/۵	۱۵۴/۶	۱۸۴/۴	۱۳۳/۶
۱۱/۴	۱۲/۷	۸	۵۷	۱۱	۳۸/۶	۱۲۵/۸	۱۷۵/۵	۱۳۹/۱
۱۰/۵	۸/۶	۹/۱	۵۱۰	۲۷/۷	۱۷/۳	۱۷۲/۴	۱۶۳/۵	۱۹۹/۴
۹/۵	۱۱	۹/۶	۱۲۱/۶	۱۰۱/۶	۲۱/۶	۱۵۴/۲	۱۷۹/۳	۱۶۶/۴
۱۳/۱	۱۲/۸	۱۱/۴	۱۸۷/۶	۷۴/۵	۶۹/۷	۱۷۹/۷	۱۵۰/۹	۱۴۴/۹
۱۶/۳	۱۵/۴	۱۹/۷	۶۲/۳	۶۸/۶	۷/۵	۱۵۲/۸	۱۲۵/۵	۲۳۰/۷
۲۴/۲	۲۲/۶	۲۴/۲	۱۱/۲	۱۴/۴	۲۶/۲	۲۴۰/۲	۲۴۰/۵	۲۷۴/۳
۳۰/۵	۲۸/۶	۲۹/۶	۴/۶	۳/۶	۰/۳	۳۱۷/۲	۳۳۰/۸	۳۱۰/۳
۱۴۹/۴	۱۴۵/۳	۱۴۳/۸	۶۲۶/۴	۳۷۶/۷	۲۴۵/۹	۱۶۹۸/۵	۱۷۷۱/۴	۱۸۲۳

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد دانه در دو سال اول آزمایش‌ها تحت تأثیر سطوح مختلف نیتروژن، تراکم کاشت و همچنین اثر متقابل تیمارها قرار گرفت (جدول ۳). اما نتایج تجزیه واریانس آزمایشات سال سوم نشان داد که عملکرد دانه تنها تحت تأثیر تراکم کاشت قرار گرفت ($p < 0.01$) (جدول ۳).

نتایج آزمایشات در سال اول نشان داد که اثر متقابل تیمار کودی ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و تراکم ۳۰۰ بوته در متر مربع با ۴۹۵۷ کیلوگرم در هکتار و در سال دوم سطح کود ۹۲ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و تراکم ۳۷۵ بوته در مترمربع با ۴۴۰۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را داشت (جدول ۴) و همچنین جدول ۵ نشان می‌دهد که در سال سوم بیشترین عملکرد دانه با ۲۵۷۰ کیلوگرم در هکتار در تراکم ۵۲۵ بوته در مترمربع صورت گرفت.

در سال اول و دوم به دلیل تامین رطوبت ناشی از بارندگی مناسب، نیتروژن بهتر در اختیار گیاه قرار گرفت و سبب افزایش عملکرد شد. بنابراین تعداد سنبله در مترمربع و وزن هزاردانه بیشترین تأثیر را بر روی عملکرد دانه داشت، اما در سومین سال به جهت پایین بودن سطح بارندگی و کاهش رطوبت تعدا پنجه کاهش یافت و تعداد سنبله در خوشه اصلی افزایش یافت و اثر مثبتی بر افزایش عملکرد دانه داشت. در سال سوم آزمایش نسبت به دو سال قبل به دلیل کمبود رطوبت و نبود بارندگی موثر در زمان کاشت، درصد جوانه زنی بذر کاهش یافت و در نتیجه کرت‌هایی که تراکم کاشت بالاتری نسبت به سایر کرت‌ها داشتند، دارای سطح سبز مطلوب تری بود لازم به ذکر است که در شرایط خشکسالی، تیمار با تراکم بالا، بالاترین عملکرد را از خود نشان می‌دهد، زاهد و همکاران، (۱۳۹۰) نیز نشان دادند که با افزایش تراکم بوته، عملکرد دانه افزایش یافت و این افزایش را می‌توان به افزایش تعداد سنبله در واحد سطح نسبت داد. دستیابی به عملکرد بالا و مناسب، مستلزم انطباق مراحل رشد گیاه با شرایط اقلیمی مساعد و افزایش کارایی استفاده از عوامل تولید به دلیل تراکم مطلوب است (Hiltbrunner, 2007).

ارزیابی تعداد سنبله در متر مربع

نتایج نشان داد که سطوح کودی، تراکم کاشت و برهم‌کنش کود در تراکم بر تعداد سنبله در سال اول و سال دوم در سطح یک درصد معنی دار بود، ولی در سال سوم برهم‌کنش سطوح کود در سطوح تراکم معنی دار نبوده ولی فاکتور تراکم و سطوح کودی هر کدام به تنهایی بر تعداد سنبله در متر مربع در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین آزمایشات در سال اول و دوم نشان داد که اثر متقابل سطوح کود ۹۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سطح تراکم ۵۲۵ دانه در مترمربع به ترتیب با ۷۶۲ و ۶۷۴ سنبله، بیشترین تعداد سنبله در مترمربع را ایجاد کرد (جدول ۴). در سال سوم، نتایج مقایسه میانگین نشان داد که اثر ضریب تراکم محصول ۵۲۵ دانه در مترمربع و اثر ضریب سطح کود ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار به طور مستقل بیشترین تعداد سنبله را با ۳۷۸ و ۳۳۵ سنبله در هر مترمربع تولید کردند (جدول ۵ و ۶). (Velasco et al, 2012) اظهار داشتند که کود نیتروژن عملکرد دانه را عمدتاً با افزایش تعداد سنبله در واحد سطح افزایش می‌دهد. گزارشی نشان داد که کاربرد صحیح و مناسب کودهای نیتروژنی باعث افزایش عملکرد دانه گندم عمدتاً با افزایش تعداد سنبله در واحد سطح می‌شود (Mohammadi et al, 2021). اجزای عملکرد و رابطه آنها تحت تأثیر تغییرات شرایط محیطی، ارقام و گونه‌ها قرار می‌گیرد (Peltinen-Sainio et al, 2006). در این تحقیق بیشترین تعداد سنبله در مترمربع از بیشترین تراکم کاشت (۵۲۵ دانه در متر مربع) در هر یک از سه سال آزمایش به دست آمد (جدول ۵ و ۶). یافته‌های نظری و نباتی (۱۳۹۰) در مورد اثر تراکم با نتایج این تحقیق همخوانی دارد، به طوری که بیشترین تعداد سنبله را نیز از بیشترین تراکم کاشت (۴۰۰ بوته در مترمربع) به دست آوردند.

ارزیابی تعداد دانه در سنبله

با توجه به نتایج تجزیه واریانس در (جدول ۳) مشاهده شد که تعداد دانه در سنبله در سال اول و دوم آزمایش به طور معنی داری تحت تأثیر سطوح کود و تراکم کاشت و همچنین اثر متقابل قرار گرفته است. اما در سال سوم تأثیر تراکم کاشت و

سطوح کود مستقل از یکدیگر بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار بود ($p < 0.01$). نتایج مقایسه میانگین آزمایش‌ها در سال اول و دوم نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله در مدیریت تلفیقی کود ۹۲ کیلوگرم در هکتار و تراکم کاشت ۲۲۵ و ۱۵۰ دانه در مترمربع به ترتیب ۵۸ و ۳۹/۷۵ دانه در سنبله به دست آمد. (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین آزمایشات در سال سوم نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله در سطح کود ۹۲ کیلوگرم در هکتار با ۲۷/۲۶ دانه در سنبله و همچنین در تراکم کاشت ۱۵۰ دانه در مترمربع با ۳۰/۸۸ دانه در سنبله به دست آمد. (جدول ۵ و ۶). با توجه به یافته‌های باور (۱۳۸۷) که بیان کرد با افزایش تراکم کاشت، تعداد سنبله در متر مربع افزایش اما تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه کاهش یافت، کاملاً سازگار بود. احمدی و همکاران، (۱۳۹۳) نیز گزارش دادند که با افزایش تراکم گیاه، رقابت بین گیاهان برای استفاده از منابع محیطی از جمله آب، غذا و نور افزایش می‌یابد و در نتیجه سهم هر گیاه از این منابع و امکان تولید مواد فتوسنتزی و تشکیل دانه در سنبله کاهش می‌یابد، همچنین افزایش تراکم به دلیل افزایش رقابت بین سنبله‌ها در مصرف مواد جذبی منجر به کاهش تعداد دانه در سنبله می‌شود. داده‌های هواشناسی (جدول ۱) نشان داد که میزان بارندگی در سال اول آزمایش ۶۲۶.۷ میلی‌متر، در سال دوم ۳۷۶/۳ میلی‌متر و در سال سوم ۲۵۴/۹ میلی‌متر بوده است. این تفاوت بارندگی بیشتر در اسفندماه که مصادف با مرحله تشکیل ساقه و شروع تشکیل جوانه گل روی سنبله‌ها بود، اتفاق افتاد که باعث شد میانگین تعداد دانه در سنبله در سال اول نسبت به سال دوم و سوم آزمایش به ترتیب ۳۰ و ۵۶ درصد افزایش یابد (جدول ۴ و ۵).

ارزیابی وزن دانه در سنبله

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) مشاهده شد که اثر متقابل فاکتور کود و تراکم کاشت نسبت به وزن دانه در سنبله در هر سه سال آزمایش معنی‌دار نبود. اثر تیمار تراکم کاشت در هر سه سال آزمایش معنی‌دار بود ($p < 0.01$). تیمار کودی به ترتیب برای سال اول و سوم آزمایش ($p < 0.01$) و ($p < 0.05$) معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین وزن دانه در سنبله در سال اول، دوم و سوم آزمایش در تراکم ۱۵۰ بوته در مترمربع به ترتیب با ۱/۲۲، ۰/۷۲ و ۰/۹۶ گرم مشاهده شد (جدول ۵).

ارزیابی وزن هزاردانه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳)، وزن هزار دانه در سال اول آزمایش به طور معنی‌داری ($p < 0.01$) تحت تأثیر تراکم کاشت و همچنین اثر متقابل کود و تراکم کاشت قرار گرفت. در سال‌های دوم و سوم آزمایش، مشخص شد که وزن هزار دانه به طور معنی‌داری ($p < 0.01$) تنها تحت تأثیر نیتروژن بود. با دقت در نتایج مقایسه میانگین جدول ۴ مشاهده می‌شود که در سال اول سطح کودی ۴۶ کیلوگرم در هکتار با تراکم کاشت ۳۰۰ و ۳۷۵ با وزن هزار دانه ۴۷ گرم و همچنین در سال دوم و سوم در سطح کودی صفر به ترتیب با ۳۵/۹۹ و ۳۴/۴۱ گرم بیش‌ترین وزن هزار دانه را داشت (جدول ۵). گزارشی نشان داد که وزن دانه بیش‌تر تحت کنترل ژنتیک است. تراکم‌های پایین احتمالاً به دلیل سایه اندازی کم‌تر و جذب بیش‌تر تشعشع خورشیدی، افزایش توان فتوسنتزی در گیاه منجر به افزایش وزن هزار دانه می‌شود، لذا به نظر می‌رسد علت کاهش وزن هزار دانه متناسب با افزایش تراکم می‌تواند سبب کاهش نفوذ تشعشع خورشیدی در اثر سایه اندازی بیش‌تر و به دنبال آن کاهش تولید مواد فتوسنتزی برای پر کردن دانه باشد، همچنین می‌توان بیان کرد که کاهش وزن هزار دانه در تراکم بیش‌تر ممکن است به دلیل افزایش رقابت بین اندام‌های رویشی و زایشی گیاه (رقابت درون بوته‌ای) باشد (Giovanni et al, 2004).

جدول ۳- تجزیه و تحلیل واریانس عملکرد دانه گندم و برخی خصوصیات طی سه سال آزمایش به صورت جداگانه

وزن دانه (کیلوگرم در هکتار)			تعداد خوشه در واحد سطح			تعداد دانه در خوشه			وزن دانه در خوشه (گرم)			وزن هزار دانه (گرم)			درجه آزادی D.F	S.O.V
Grain Yield Kg.ha-1			Number Of spikes per area			Number Of grains per spike			Grains weight per spike (gr)			Thousand kernel weight (gr)				
سال زراعی			سال زراعی			سال زراعی			سال زراعی			سال زراعی				
-۱۴۰۰	-۱۳۹۹	-۱۳۹۸	-۱۴۰۰	-۱۳۹۹	-۱۳۹۸	-۱۴۰۰	-۱۳۹۹	-۱۳۹۸	-۱۴۰۰	-۱۳۹۹	-۱۳۹۸	-۱۳۹۹	-۱۳۹۹	-۱۳۹۸	۲	بلوک
۱۳۹۹	۱۳۹۸	۱۳۹۷	۱۳۹۹	۱۳۹۸	۱۳۹۷	۱۳۹۹	۱۳۹۸	۱۳۹۷	۱۳۹۹	۱۳۹۸	۱۳۹۷	۱۴۰۰	۱۳۹۸	۱۳۹۷	۲	a
۳۵/۷۱	۱/۵۴	۳/۸۱	۰/۰۷	۱/۲۶	۰/۰۹	۱۹/۷۱	۷/۲۵	۱۲/۴	۱۲۲۷	۱۵/۳۸ .	۲۴۴۳/۵	۵۱۷۴۵۱	۹۷۳۸۶	۷۵۱۳۳	۲	خطای Error a
۱۲۶/۹۶	۳۶/۱۷	۶/۱۲	۰/۰۳	۲/۹۰ ^{ns}	۱۲/۱۱	۳۱/۴۰	۱۰۱/۳۲	۳۸۵/۱۷	۱۲۷۹۳	۱۱۳۰۸ ۳	۱۶۶۲۴ ۴	۹۶۵۹۱ ^{ns} ۷۷	۳۹۲۶۶ ۷۷	۲۲۹۸۱۲۶۳ ۲	۲	b
۲/۷۲	۶/۳۶	۸/۸۸	۰/۱۸	۱/۸۸	۱/۵۳	۱۷/۶۲	۱۷/۲۲	۱۳/۴۴	۲۴۰۹	۱۷۲۸	۳۱۹۳	۲۲۱۶۴۶	۶۶۱۸۳	۳۰۸۶۶۷	۶	a×b
۱/۶۰ ^{ns}	۷/۷۱ ^{ns}	۲۰/۴۴	۰/۱۴	۹/۴۲	۱۴/۴۹	۱۴/۷۳ ۷	۵۴۲/۴۶	۶۹۹/۶۵	۱۱۳۰۸ ۳	۱۴۴۴۹ ۳	۱۰۱۱۷ ۴	۱۸۹۸۸۰ ۳	۸۹۳۶۷ ۳	۴۴۶۳۰۲	۵	خطای Error b
۲/۲۰ ^{ns}	۶/۱۴ ^{ns}	۱۰/۵۶	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۸۳ ^{ns}	۰/۹۶ ^{ns}	۱/۷۸ ^{ns} ۱	۳۶/۴۶	۸۹/۷۹	۸۰۳ ^{ns}	۱۰۱۳۸	۱۲۰۳۵	۱۰۸۴۸ ^{ns} ۳	۲۰۵۶۹ ۶	۱۵۶۱۹۳	۱۵	cv
۱/۳۴	۳/۳۷	۴/۰۹	۰/۰۱	۰/۷۵	۰/۷۴	۰/۷۴	۹/۷۲	۲۵/۹۷	۶۳۳	۱۴۳۸	۱۲۷۱	۹۵۶۲۷	۵۹۳۵۴	۸۸۳۹۵	۴۰	
۳/۷۷	۵/۳۸	۴/۵۵	۱۰/۸۲	۱۵/۰۷	۷/۷	۹/۶۶	۱۰/۹۴	۱۲/۶۹	۸/۳۷	۹/۶۱	۷/۹	۱۲/۹۹	۶/۹	۷/۵۱	-	

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح نیتروژن و تراکم دانه در صفات مورد مطالعه گندم نان طی آزمایشات سه ساله

وزن هزار دانه (گرم) Thousand kernel weight (gr)	تعداد دانه در خوشه Number Of Grain per Spike	تعداد دانه در واحد سطح Number Of Spikes per Area	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain Yield (kg/ha)				
سال زراعی	سال زراعی	سال زراعی	سال زراعی	سال زراعی	سال زراعی	سال زراعی	سال زراعی
تراکم	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۳۹۸
سطح نیتروژن Nitrogen Levels	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۷
۱۵۰	۱۹۷۷ ^f	۲۳۷۳/۶ ⁱ	۲۵۰ ⁱ	۱۹۸ ^k	۳۵/۶۶ ^{def}	۳۴/۲۸ ^{cde}	۴۴/۶۶ ^{ad}
۲۲۵	۲۱۲۱ ^f	۲۶۲۷ ^{ijk}	۲۶۱ ⁱ	۲۴۱ ^{ijk}	۳۶/۳۳ ^{def}	۳۱/۵۳ ^{def}	۴۴/۶۶ ^{ad}
۳۰۰	۲۴۵۱/۷ ^f	۲۸۴۷ ^{jk}	۳۰۹ ^{hi}	۲۹۴ ^{ghi}	۳۶ ^{de}	۳۰/۰۱ ^{efg}	۴۵/۳۳ ^{ad}
۳۷۵	۲۴۷۱/۳ ^f	۳۰۱۴/۶ ^{ijk}	۳۵۴ ^{gh}	۳۲۲ ^{fgh}	۳۲/۳۳ ^{efg}	۲۵/۴۸ ^{gh}	۴۶ ^{ab}
۴۵۰	۲۵۲۱ ^f	۳۵۸۴ ^{eh}	۳۶۱ ^{gh}	۳۳۸ ^{fg}	۲۸/۶۶ ^{fg}	۲۷/۴۵ ^{fg}	۴۱ ^{ef}
۵۲۵	۲۴۸۱/۷ ^f	۳۳۰۲/۳ ^{ghi}	۳۴۹ ^{gh}	۳۲۸ ^{fgh}	۳۰/۳۳ ^{Fg}	۲۶/۰۸ ^{gh}	۴۲ ^{bf}
۱۵۰	۳۳۰۶/۳ ^c	۲۸۵۸/۶ ^{jk}	۲۶۹ ⁱ	۲۱۹ ^{jk}	۵۷ ^a	۳۸/۰۲ ^{abc}	۴۶ ^{ab}
۲۲۵	۳۸۷۷/۳ ^d	۳۳۶۹/۳ ^{ghi}	۳۸۲ ^g	۲۷۴ ^{hij}	۴۶/۳۳ ^{bc}	۳۵/۳۹ ^{ad}	۴۵/۶۶ ^{abc}
۳۰۰	۴۲۸۷/۷ ^{bcd}	۳۸۷۴ ^{cde}	۳۹۵ ^g	۳۴۷ ^{fg}	۵۱/۶۶ ^{ab}	۳۲/۵ ^{def}	۴۷ ^a
۳۷۵	۴۲۳۱/۳ ^{cd}	۳۷۷۴/۶ ^{cf}	۵۰۹ ^{cf}	۴۶۸ ^{cd}	۳۹/۳۳ ^{cde}	۲۴/۰۳ ^{hij}	۴۷ ^a
۴۵۰	۳۸۴۷/۳ ^{ed}	۳۳۳۴ ^{ghi}	۵۵۱ ^{cd}	۴۹۴ ^{bcd}	۳۰/۶۶ ^{fg}	۱۹/۷۸ ^{il}	۴۳/۶۶ ^{ac}
۵۲۵	۴۶۱۹ ^{abc}	۳۳۹۱ ^{ghi}	۶۳۰ ^b	۵۲۳ ^{bc}	۳۰/۶۶ ^{fg}	۱۸/۵۵ ^{kl}	۴۱/۳۳ ^{def}
۱۵۰	۴۷۷۷ ^{abc}	۳۶۰۱/۳ ^{dh}	۳۸۷ ^g	۳۸۷ ^g	۴۴/۶۶ ^{ad}	۳۹/۷۵ ^a	۴۴/۶۶ ^{ab}
۲۲۵	۴۸۱۶/۷ ^{ab}	۴۰۹۰ ^{abc}	۳۸۵ ^g	۳۸۵ ^g	۴۶ ^{ab}	۳۹/۰۶ ^{ab}	۴۶ ^{ab}
۳۰۰	۴۷۹۵/۳ ^{ab}	۴۳۴۷/۳ ^{ab}	۴۷۹ ^f	۴۷۹ ^f	۴۰/۳۳ ^f	۳۵/۶۹ ^{ad}	۴۰/۳۳ ^f
۳۷۵	۴۷۸۱/۳ ^{abc}	۴۴۰۸ ^a	۵۳۳ ^{cf}	۵۳۳ ^{cf}	۴۶ ^{ab}	۳۱/۸۴ ^{def}	۴۶ ^{ab}
۴۵۰	۴۶۷۴ ^{abc}	۴۰۰۱ ^{bcd}	۶۲۹ ^b	۶۲۹ ^b	۴۶/۶۶ ^a	۲۲/۹۰ ^{hk}	۴۶/۶۶ ^a
۵۲۵	۴۶۰۰ ^{abc}	۳۹۸۳/۶ ^{bcd}	۷۶۲ ^a	۷۶۲ ^a	۷۶۲ ^a	۱۷/۶۱ ^{kl}	۴۴/۳۳ ^{ac}
۱۵۰	۴۴۰۶/۳ ^{abc}	۳۳۲۶/۶ ^{ghi}	۳۸۳ ^g	۲۹۲ ^{ghi}	۵۲/۶۶ ^{de}	۳۲/۷۷ ^{de}	۴۵/۶۶ ^{abc}
۲۲۵	۴۷۴۴/۳ ^{abc}	۳۸۶۵ ^{cde}	۵۴۳ ^{cf}	۳۴۵ ^{fg}	۴۰ ^{cde}	۳۳/۶۵ ^{cde}	۴۵/۶۶ ^{abc}
۳۰۰	۴۹۵۷ ^a	۳۳۹۴/۶ ^{cde}	۴۸۱ ^{ef}	۴۸۱ ^{cd}	۴۷ ^{bc}	۲۵/۱۹ ^{gh}	۴۵ ^{abc}
۳۷۵	۴۸۹۸ ^{abc}	۴۰۰۱ ^{bcd}	۵۰۲ ^{df}	۴۸۳ ^{bcd}	۴۲/۶۶ ^{cd}	۲۵/۰۶ ^{gh}	۴۳/۶۶ ^{af}
۴۵۰	۴۶۶۸/۳ ^{abc}	۳۶۵۲/۳ ^{dg}	۵۷۱ ^{bc}	۶۶۹ ^a	۳۴/۶۶ ^{dfg}	۱۷ ⁱ	۴۲/۳۳ ^{cf}
۵۲۵	۴۶۶۵/۳ ^{abc}	۳۲۳۵/۳ ^{hji}	۵۴۴ ^{cde}	۵۴۵ ^b	۳۵/۳۳ ^{dfg}	۱۸/۹ ^{def}	۴۱/۳۳ ^{def}
LSD (5%)	۵۶۲/۵۲	۴۰۳/۴	۶۴	۶۳	۸/۱۶	۵/۳۷	۳/۵۱

جدول ۵- مقایسه میانگین ساده سطوح نیتروژن در صفات مورد مطالعه گندم نان طی آزمایشات سه ساله

وزن هزار دانه (گرم) Thousand kernel weight (gr)	وزن دانه در خوشه (گرم) Grains weight per spike(gr)	تعداد دانه در خوشه Number Of Grains per Spike	تعداد دانه در واحد سطح Number Of Spikes per Area	سال زراعی	سال زراعی	سال زراعی	سال زراعی	سال زراعی	سال زراعی
۱۳۹۹-۱۴۰۰	۱۳۹۸-۱۳۹۹	۱۴۰۰-۱۳۹۹	۱۳۹۷-۱۳۹۸	۱۳۹۹-۱۴۰۰	۱۳۹۹-۱۴۰۰	تیمارها			
۳۴/۴۱ ^a	۳۵/۹۹ ^a	۰/۸۴ ^a	۰/۹۹ ^b	۲۴/۵۲ ^b	۲۷۴ ^c	۰	سطح		
۳۱/۰ ^b	۳۴/۲۵ ^{ab}	۰/۸۳ ^a	۱/۱۶ ^a	۲۶/۸۶ ^a	۲۸۷ ^c	۴۶	نیتروژن		
۲۹/۱۹ ^c	۳۲/۹۹ ^b	۰/۸۱ ^{ab}	۱/۱۵ ^a	۲۷/۶۲ ^a	۳۰۷ ^b	۹۲	Nitrogen Levels		
۲۸/۴۶ ^c	۳۳/۰۲ ^b	۰/۷۵ ^b	۱/۱۴ ^a	۲۶/۲۸ ^a	۳۵۵ ^a	۱۳۸			
۰/۸	۲/۰۵	۰/۰۶	۱/۰۱	۱/۷۱	۱۷	LSD (0.05%)			

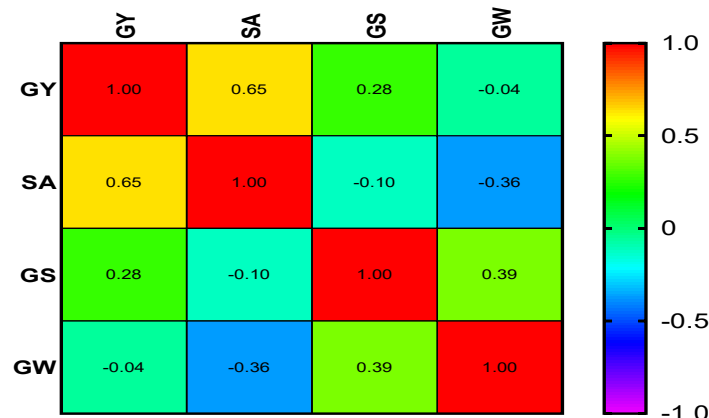
همبستگی و تجزیه ضرایب مسیر

صفاتی مانند تعداد سنبله (SA)، تعداد دانه در سنبله (GS) و وزن دانه (GW) ممکن است به دلیل توزیع منابع فتوسنتتیک در گیاه در طول دوره رشد، روابط جبرانی یا همسو با هم داشته باشند. یافته‌ها نشان داد که در این رقم، افزایش تعداد سنبله به‌طور قوی و معنی‌داری با عملکرد دانه همراه است ($P < 0.01$, $r = 0.646$)، که نشان از اهمیت این صفت به عنوان عامل اصلی تعیین‌کننده عملکرد دارد. همچنین، تعداد دانه در سنبله نیز با عملکرد همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد ($r = 0.282$ ، $P < 0.05$)، اما رابطه عملکرد با وزن دانه معنی‌دار نیست. جالب‌تر اینکه، تعداد سنبله با وزن دانه رابطه منفی قوی دارد ($r = -0.467$ ، $P < 0.01$)، که نشان‌دهنده یک جبران فنوتیپی بین "تعداد" و "اندازه" دانه است؛ یعنی گیاهانی که تعداد سنبله بیشتری تولید می‌کنند، منابع خود را بین تولید کمیت توزیع می‌کنند و در نتیجه وزن دانه کاهش می‌یابد. اما در تناقض با این

جدول ۶- مقایسه میانگین ساده سطوح تراکم دانه در صفات مورد مطالعه گندم نان طی آزمایشات سه سال

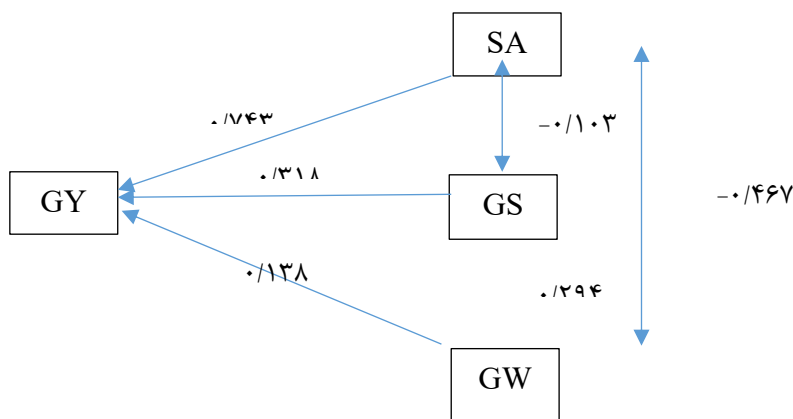
وزن دانه در سنبله (گرم) Grains weight per spike(gr)	تعداد دانه در سنبله Number Of Grains per Spike	تعداد دانه در واحد سطح Number Of Spikes per Area	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain Yield (kg/ha)	سال زراعی	سال زراعی	سال زراعی	سال زراعی	سال زراعی	سال زراعی
۱۴۰۰-۱۳۹۹	۱۳۹۸-۱۳۹۹	۱۳۹۷-۱۳۹۸	۱۳۹۹-۱۴۰۰	۱۳۹۸-۱۳۹۹	۱۳۹۷-۱۳۹۸	تیمارها			
۰/۹۶ ^a	۰/۷۲ ^a	۱/۲۲ ^a	۳۰/۸۸ ^a	۲۲۶ ^c	۲۲۱۸/۹ ^b	۱۵۰			
۰/۹۰ ^a	۰/۶۳ ^a	۱/۱۹ ^a	۲۹/۶۰ ^a	۲۵۲ ^d	۲۲۸۲/۸ ^b	۲۲۵			
۰/۸۳ ^b	۰/۵۶ ^{bc}	۱/۲۰ ^a	۲۷/۴۰ ^b	۲۸۹ ^c	۲۳۸۱/۳ ^{ab}	۳۰۰	تراکم		
۰/۷۵ ^c	۰/۵۳ ^{cd}	۱/۱۰ ^b	۲۴/۲۲ ^c	۳۱۹ ^b	۲۳۵۹/۹ ^{ab}	۳۷۵	Density		
۰/۷۲ ^c	۰/۵۲ ^{cd}	۱/۰۱ ^c	۲۳/۶۶ ^c	۳۴۰ ^b	۲۴۶۳/۸ ^{ab}	۴۵۰			
۰/۶۸ ^c	۰/۴۷ ^d	۰/۹۵ ^c	۲۲/۱۵ ^c	۳۷۸ ^a	۲۵۷۰/۵ ^a	۵۲۵			
۰/۰۷	۰/۷۲	۰/۷۱	۲۱۰	۲۰/۷۶	۲۲۵/۱۵	LSD (0.05%)			

انتظار، تعداد دانه در سنبله با وزن دانه رابطه مثبت و معنی داری دارد ($P < 0.05$, $r = 0.294$)، که با اصل جبران کلاسیک بین تعداد و وزن دانه در یک سنبله منافات دارد و ممکن است نشان دهنده توانایی این رقم در تولید همزمان تعداد و اندازه دانه تحت شرایط مطلوب باشد. با این حال، این همبستگی‌ها لزوماً نشان دهنده رابطه علی نیستند و ممکن است تحت تأثیر متغیرهای مشترک پنهان باشند. به همین دلیل، انجام تحلیل علیت یا تحلیل مسیر (Path Analysis) انجام دادیم تا بتوانیم اثرات مستقیم و غیرمستقیم هر یک از صفات (به ویژه SA، GS و GW) بر عملکرد دانه را از هم تفکیک کنیم تا مشخص شود که کدام صفت به عنوان عامل اصلی تعیین کننده عملکرد عمل می کند.



شکل ۱- نمودار حرارتی همبستگی بین عملکرد و اجزا عملکرد

تجزیه ضرایب مسیر نشان داد که بیشترین اثر مستقیم را تعداد سنبله بر عملکرد دانه دارد. تعداد دانه در مرتبه بعدی قرار داشت و نهایتاً کمترین اثر مستقیم به وزن دانه مرتبط بود. نتایج نشان داد که همبستگی منفی بین وزن دانه با عملکرد دانه به روابط غیر مستقیم وزن دانه از طریق تعداد دانه و تعداد سنبله روی عملکرد بستگی دارد.



نتیجه گیری

نتایج نشان داد که عملکرد دانه تحت تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن و تراکم کاشت قرار گرفت. نتایج مقایسه میانگین نشان می دهد که در هر سه سال آزمایش، تراکم ۳۷۵ بوته در متر مربع نسبت به سایر تیمارها برتری دارد. با توجه به این نتایج، میزان ۱۳۸ کیلوگرم کود نیتروژن خالص نسبت به سایر تیمارها در سال های پرباران برتری دارد و همچنین نشان می دهد که در سال های کم بارش افزایش مصرف نیتروژن باعث کاهش بیشتر عملکرد می شود.

سپاسگزاری

از کلیه اساتید محترم به ویژه جناب دکتر رحمت اله محمدی ریاست محترم ایستگاه تحقیقات کشاورزی شهرستان گنبد کاووس و همچنین دکتر علی نخزری مقدم و دکتر ابراهیم غلامعلی پور علمداری اساتید دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبدکاووس به جهت همکاری و راهنمایی های لازم در خصوص نگارش این مقاله صمیمانه قدردانی می شود.

منابع

احمدی، ع.ط.، حسین پور، و.م. و سلطانی، ا (۱۳۹۳). اثر تراکم بذر بر عملکرد و اجزای آن در سه رقم جو دیم. پژوهش های کاربردی زراعی، ۲۷(۱۰۲)، ۱۳۱-۱۴۰.

احمدی، ک.ف.، حاتمی، ر.، حسین پور، ه.، عبدشاه، ح.، عبادزاده، ح (۱۴۰۰). آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۹: محصولات باغبانی (۳). تهران: مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی.

امیدی، م.، سیاهپوش، ر.، مامقانی، م.، مدرسی، م (۱۳۹۳). اثر تنش گرمای انتهای فصل بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی خصوصیات مورفو-فنولوژیک ژنوتیپ های گندم در شرایط آب و هوایی اهواز. تولید گیاهان زراعی، ۴(۷)، ۳۳-۵۳.

باور، م.، گالشی، س.ا.، سلطانی، ا (۱۳۸۷). اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر رشد و عملکرد جو بدون پوشینه. در دهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج.

خشت زر، م.، سیادت، س.ع (۱۳۹۳). تأثیر فرسودگی بذر و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد جو بدون پوشینه. به زراعی کشاورزی، ۱۶(۴)، ۸۲۹-۸۳۸.

زاهد، م.، سلطانی، ا.، لطیفی، ن.، گالشی، س.ا.، کلاته، م (۱۳۹۰). اثر تراکم بر عملکرد و اجزای عملکرد در ارقام جدید و قدیم گندم. تولیدات گیاهی گرگان، ۴(۱)، ۲۰۱-۲۱۵.

کافی، م.، گنجعلی، ا.، نظامی، ع.، شریعتمداری، ف (۱۳۷۹). اقلیم و عملکرد محصولات زراعی. مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

محمدی گنبد، ر.ا.، اصفهانی، م.، روستایی، م.، صبوری، ح (۱۳۹۵). اثر زمان کاشت بر روند پر شدن دانه ژنوتیپ های گندم نان در شرایط دیم منطقه گنبد کاووس. تحقیقات غلات، ۶(۳)، ۳۰۷-۳۲۱.

نخجوانی مقدم، م.م.، دهقانی سانج، ح.، اکبری، م.، صدراقین، ح (۱۳۸۹). اثر سطوح مختلف آب بر کارایی مصرف آب رقم ذرت دانهای زودرس ۳۰۲ در روش آبیاری بارانی. آب و خاک، ۲۴(۶)، ۱۲۴۵-۱۲۵۴.

نظری، ح.ر.، نباتی، ع.ا (۱۳۹۰). بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم گیاه بر عملکرد و اجزای عملکرد جو در منطقه سردسیر الیگودرز. بوم شناسی گیاهان زراعی، ۷(۳)، ۵۹-۶۶.

نیکنام، ن.، فرجی، ه (۱۳۹۳). اثر تراکم بوته و نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت رقم ۷۰۴. پژوهش های کاربردی زراعی، ۲۷(۱۰۲)، ۵۴-۷۶.

- Ahmadi, A.T., Hosseinpour, V.M. Soltani, A., 2014. Effect of seed density on yield and yield components of three rainfed barley cultivars. *Applied Crop Research*, 27(102), 131-140. (in Persian)
- Ahmadi, K.F., Hatami, R., Hosseinpour, H., Abdshah, H., Ebadzadeh, H., 2021. *Agricultural Statistics of 2020: Horticultural Crops (3)*. Tehran: ICT Center of the Ministry of Jihad-e-Agriculture. (in Persian)
- Azam, B., A.M.S., Mir, E. Ali., 2020. Effects of salt and nitrogen on physiological indices and carbon isotope discrimination of wheat cultivars in the northeast of Iran. *Journal Integr Agric*. 19(3), 656-667
- Bavar, M., Galashi, S.A., Soltani, A., 2008. Effect of planting date and plant density on growth and yield of hull-less barley. In *10th Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding*. Karaj. (in Persian)
- Bustos, D.V., A.K., Hasan, Reynolds, M.P., 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 Res.*; 145, 106-115.
- Dornbusch, T., Baccar, R., Watt, J., Hillier, J., Bertheloot, J., Fournier, C., 2011. Plasticity of winter wheat modulated by sowing date, plant population density and nitrogen fertilisation: Dimensions and size of leaf blades, sheaths and internodes in relation to their position on a stem. *Field Crops Res*. 121(1), 116-124.
- F.A.O Statistical Pocketbook., 2019. FAOSTAT database. <http://faostat.fao.Org>

- Gendua, P.A., Yamamoto, Y., Miyazaki, A., Yoshida, T., and Wang, Y., 2009. Responses of yielding ability, sink size and percentage of filled grains to the cultivation practices in a Chinese large-panicle-type rice cultivar, Yangdao 4. *Plant Production Sci.* 12(2), 243–256.
- Giovanni, G., Silvano, P., Giovanni, D., 2004. Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars. *grown at different nitrogen Levels. Eur. J Agron.* 34, 321–332
- Grassini, P., Thorburn, J., Burr, C., Cassman, K.G., 2011. High-yield irrigated maize in the western US Corn Belt: I. On-farm yield, yield potential, and impact of agronomic practices. *Field Crops Res.* 120(1), 142–150.
- Guo, Z.P., Dong, K., Zhu, J.H., Dong, Y., 2019. Effects of Nitrogen Fertilizer and Intercropping on Faba Bean Rust Occurrence and Field Microclimate. *Journal Nuclear Agric. Sci.* 33, 2294–2302.
- Gupta, O.P., Mishra, V., Singh, N.K., Tiwari, R., Sharma, P., Gupta, R.K., 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.
- Hiltbrunner, J., Streit, B., Lidgens, M., 2007. Are seeding densified an opportunity to increase grain yield of winter Wheat in living mulch of white clover? *Field Crop Research.* 102 (3), 163–171
- Hosseini, S.A., Ghanbari, A., Karimi, M., 2023. Optimizing nitrogen application and planting density for winter wheat under dryland conditions. *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, 2(1), 45–59.
- HuiJuan, Q., JinCai, L., XueShan, S., FengZhen, W., ChengYu, W., ShengJun, Z., 2009. Effects of plant density and seeding date on accumulation and translocation of dry matter and nitrogen in winter wheat cultivar Lankao Aizao 8. *Acta Agron Sin.* 35(1), 124–131.
- Kafi, M., Ganjali, A., Nezami, A., Shariatmadari, F., (2000). *Climate and Crop Yield*. Mashhad: Jahad Daneshgahi Publications. (in Persian)
- Kheshtzar, M., Siyadat, S.A., 2014. Effect of seed deterioration and plant density on yield and yield components of hull-less barley. *Agricultural Crop Breeding*, 16(4), 829–838. (in Persian)
- Koocheki, A., Nassiri, M., Moradi, R., and Mansouri, H., 2014. Optimizing water, nitrogen, and crop density in canola cultivation using response surface methodology and central composite design. *Soil Science and Plant Nutrition*, 1, 1–13. <https://doi.org/10.1080/00380768.2014.893535>
- Mohammadi Gonbad, R.A., Esfahani, M., Roostaei, M., Sabouri, H., 2016. Effect of sowing date on grain filling process of bread wheat genotypes under rainfed conditions of Gonbad Kavous region. *Cereal Research*, 6(3), 307–321. (in Persian)
- Mohammadi, K., Rezaei, H., Boroomand Nasab, S., 2021. Interaction of nitrogen fertilizer and plant density on grain yield components of bread wheat. *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, 1(1), 112–126.
- Nakhjavani Moghaddam, M.M., Dehghani Sanij, H., Akbari, M., adreghaen, H., (2010). Effect of different water levels on water use efficiency of early maize variety 302 under sprinkler irrigation. *Water and Soil*, 24(6), 1245–1254. (in Persian)
- Nazari, H.R., Nabati, A.A., 2011. Effect of planting date and plant density on yield and yield components of barley in cold region of Aligoodarz. *Crop Plant Ecology*, 7(3), 59–66. (in Persian)
- Niknam, N., Faraji, H., 2014. Effect of plant density and nitrogen on yield and yield components of maize variety 704. *Applied Crop Research*, 27(102), 54–76. (in Persian)
- Omidi, M., Siahpoosh, R., Mamghani, M., Modarresi, M., 2014. Effect of terminal heat stress on yield, yield components and some morpho-phenological traits of wheat genotypes in Ahvaz climatic conditions. *Crop Production*, 4(7), 33–53. (in Persian)
- Peltonen-Sainio, P., Muurinen, S., Rajala, A., Jauhiainen, L., 2006. Variation in harvest index of modern spring Barley, oat and wheat cultivars adapted to northern growing conditions. Manuscript Published online by Cambridge University Press. 146 (1), 35–47
- Qadeer, U., Ahmed, M., Fayyaz, U.H., Akmal, M., 2019. Impact of nitrogen addition on physiological, crop total nitrogen, E_siciencies and agronomic traits of the wheat crop under rainfed conditions. *Sustainability*. 11, 6486.
- Rahmani, H., Soltani, M., Naseri, A.A., 2022. Effect of nitrogen levels and plant density on rainfed wheat yield in semi-arid regions. *Journal of New Approaches in Water Engineering and Environment*, 1(2), 78–92.
- Siddiqui, M.H., Mohammad, F., Nasir Khan, M., HAI-Whaibi, M., Bahkali, A.H.A., 2010. Nitrogen in relation to photosynthetic capacity and accumulation of osmoprotectant and nutrients in Brassica genotypes grown under salt stress. *Agricultural Sciences in China*. 5, 671– 680.
- Sinclair, T.R., Rufty, T.W., 2012. Nitrogen and water resources commonly limit crop yield increases, not necessarily plant genetics. *Glob. Food Secur.* 1, 94–98.
- Soltani, A., 2009. Crop Production Ecology. Department of Agronomy. *Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources*. Course notes.
- Velasco, J.L., Rozas, H.S., Echeverría, H.E., Barbieri, P.A., 2012. "Optimizing fertilizer nitrogen use efficiency by intensively managed spring wheat in humid regions: Effect of split application". *Canadian Journal of Plant Science* 92, 847–856

- Wang, Y., Ren, T., Lu, J.W., Ming, R., Li, P.F., Hussai, S., Cong, R.H., Li, X.K., 2016. Heterogeneity in rice tillers yield associated with tillers formation and nitrogen fertilizer. *Agronomy Journal* 108(4), 1717_1725.
- Yousef, M., Shaaban, M., Suliman, A., Ibrahim, A., Fahad, S., 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.
- Zadok, J.C., Chang, T.T., Frank, C.F., 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*. 14,415-421
- Zahed, M., Soltani, A., Latifi, N., Galashi, S.A. and Kalateh, M., 2011. Effect of density on yield and yield components of new and old wheat cultivars. *Gorgan Journal of Plant Production*, 4(1), 201-215. (in Persian)