

The effect of seedbed preparation and nitrogen on yield traits of dryland barley cultivars in the climate of Darehshahr, Ilam Province**Manoocher Jaaferi¹, Ehsan Zeidali^{1*}, Ali Hatami, Behrooz Mir²**

1. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

2. Agricultural Jihad Organization of Lorestan Province, Khorramabad, Iran

*Corresponding Author Email: e.zeidali@ilam.ac.ir**Abstract**

Background : Barley (*Hordeum vulgare* L.), the world's fourth most important cereal crop and a strategic agricultural commodity, plays a key role in food security and the livestock feed industry. Owing to its high ecological adaptability, dryland barley is well suited to semi-arid and low-rainfall regions such as Ilam Province. However, its yield potential is severely constrained by inefficient nitrogen fertilizer management and intense weed competition. Excessive nitrogen use reduces nitrogen use efficiency, increases production costs, and causes environmental problems through leaching and greenhouse gas emissions. Meanwhile, weed interference can reduce barley yield by up to 60%, threatening production sustainability. In this context, innovative practices such as the stale seedbed technique provide a sustainable option by reducing the weed seed bank and improving soil conditions. This study aimed to evaluate the combined effects of seedbed management (conventional versus stale), nitrogen fertilizer rates, and dryland barley cultivars on quantitative and qualitative traits under the climatic conditions of Dareh Shahr. The specific objectives were to identify the optimum nitrogen rate, compare the performance of the cultivars Nader, Khorram, and Mahour, and assess the efficiency of the stale seedbed technique relative to conventional practice in order to develop practical recommendations for local farmers.

Materials and Methods: The field experiment was conducted during 2022–2023 growing season in Arame village, Dareh Shahr County. A split-split plot arrangement based on a randomized complete block design with three replications was used. Seedbed management (conventional and stale), barley cultivars (Nader, Khorram, and Mahour), and nitrogen fertilizer rates (0, 50, 75, and 100 kg ha⁻¹ from urea) were assigned to main plots, subplots, and sub-subplots, respectively. Nitrogen was applied at sowing and tillering. Grain yield, biological yield, thousand-grain weight, grains per spike, and grain protein content were measured. Data were analyzed using SAS software, and mean comparisons were performed using the LSD test.

Results: The results showed that significant effects of seedbed management, cultivar, and nitrogen rate on grain yield. The highest grain yield (2169 kg ha⁻¹) was obtained from the stale seedbed combined with 75 kg N ha⁻¹, indicating reduced weed competition and improved nutrient availability. Among cultivars, Mahour produced the highest mean grain yield (1984 kg ha⁻¹), reflecting better environmental adaptation. In contrast, the highest grain protein content (8.43%) was recorded in cultivar Nader at 75 kg N ha⁻¹, demonstrating its strong genetic capacity for nitrogen uptake and allocation to grain. These results highlight the importance of aligning cultivar choice with production goals.

Conclusion: The findings demonstrate that integrating the stale seedbed technique with optimized nitrogen fertilization (75 kg ha⁻¹) and appropriate cultivar selection is an efficient and sustainable strategy for dryland barley production. This approach reduces weed competition, improves nitrogen use efficiency, and enhances both yield and grain quality. For maximizing grain yield, the combination of a stale seedbed, 75 kg N ha⁻¹, and the Mahour cultivar is recommended, whereas Nader cultivar is more suitable when grain protein quality is prioritized. Adoption of these practices can improve economic returns while reducing reliance on chemical inputs, thereby supporting sustainable dryland barley production in Dareh Shahr and similar environments.

Keywords: Barley, Cultivar, Nutrition, Protein, Stale seedbed**Received:** 24-07-2025**Accepted:** 12-11-2025

Citation: Jaaferi, M., Zeidali, E., Hatami, A., & Mir, B. (2025). The effect of seedbed preparation and nitrogen on yield traits of dryland barley cultivars in the climate of Darehshahr, Ilam Province. *Plant Production and Genetics*, 6(2), 239-254. <https://doi.org/10.22034/PLANT.2025.144142.1168>

Copyrights:

Copyrights rights for this article is retained by the author (s), with publication rights granted to Plant Production and Genetics. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



تولید و ژنتیک گیاهی

<https://doi.org/10.22034/PLANT.2025.144142.1168>

تاثیر بستر بذر و نیتروژن بر ویژگی‌های عملکردی ارقام جو دیم در اقلیم دره شهر استان

ایلام

منوچهر جافری^۱، احسان اله زیدعلی^{۱*}، علی حاتمی^۱، بهروز میر^۲^۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران^۲. سازمان جهاد کشاورزی استان لرستان، خرم‌آباد، ایران^۳. کارمند سازمان جهاد کشاورزی، استان لرستان، خرم‌آباد، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: e.zeidali@ilam.ac.ir

چکیده

مقدمه: جو (*Hordeum vulgare* L.) به‌عنوان چهارمین غله مهم جهان و محصولی استراتژیک، نقش مهمی در امنیت غذایی و صنعت خوراک دام دارد. به دلیل سازگاری اکولوژیکی بالا، جو دیم گزینه‌ای مناسب برای مناطق کم‌بارش مانند استان ایلام است. با این حال، عملکرد آن به‌شدت تحت تأثیر مدیریت نامناسب کود نیتروژن و رقابت علف‌های هرز قرار دارد. مصرف بیش‌ازحد کود نیتروژنه ضمن کاهش کارایی مصرف نیتروژن و افزایش هزینه‌ها، پیامدهای زیست‌محیطی نامطلوبی ایجاد می‌کند، در حالی که علف‌های هرز می‌توانند تا ۶۰ درصد عملکرد را کاهش دهند. در این راستا، به‌کارگیری روش‌های نوین مانند تکنیک بستر کاشت رهاشده (Stale Seedbed) می‌تواند با کاهش بانک بذر علف‌های هرز و بهبود شرایط خاک، راهکاری پایدار برای افزایش بهره‌وری باشد. این پژوهش با هدف بررسی اثر تلفیقی بستر کاشت (معمولی و رهاشده)، سطوح مختلف کود نیتروژن و ارقام جو دیم بر صفات کمی و کیفی در شرایط اقلیمی دره‌شهر انجام شد. شناسایی سطح بهینه نیتروژن، ارزیابی عملکرد ارقام نادر، خرم و ماهور و تعیین کارایی بستر رهاشده نسبت به روش معمولی از اهداف کاربردی تحقیق برای ارائه بسته توصیه‌ای پایدار به کشاورزان منطقه بود.

مواد و روش‌ها: آزمایش در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در روستای آرمه شهرستان دره‌شهر اجرا شد. آزمایش به صورت کرت‌های دوبار خرد شده (اسپلیت-اسپلیت پلات) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. بستر کاشت در دو سطح (معمولی و رهاشده)، ارقام جو دیم (نادر، خرم و ماهور) و سطوح نیتروژن (۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره) به‌ترتیب به‌عنوان عوامل اصلی، فرعی و فرعی‌فرعی در نظر گرفته شدند. کود نیتروژن در دو مرحله کاشت و پنجه‌زنی مصرف شد. صفاتی شامل عملکرد دانه و بیولوژیک، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و درصد پروتئین دانه اندازه‌گیری و داده‌ها با نرم‌افزار SAS و آزمون LSD تجزیه و تحلیل شدند.

نتایج: نتایج نشان داد که اثرات اصلی بستر کاشت، رقم و نیتروژن بر عملکرد دانه معنی‌دار بودند. بیشترین عملکرد دانه (۲۱۶۹ کیلوگرم در هکتار) از تلفیق بستر کاشت رهاشده و مصرف ۷۵ کیلوگرم نیتروژن حاصل شد که بیانگر نقش مؤثر این روش در کاهش رقابت علف‌های هرز و بهبود جذب عناصر غذایی است. در میان ارقام، رقم ماهور با میانگین عملکرد ۱۹۸۴ کیلوگرم در هکتار برترین رقم از نظر عملکرد کمی بود. بیشترین درصد پروتئین دانه (۸/۴۳ درصد) در رقم نادر و در سطح ۷۵ کیلوگرم نیتروژن به دست آمد که نشان‌دهنده توان ژنتیکی بالای این رقم در جذب و تخصیص نیتروژن است. این نتایج اهمیت انتخاب رقم متناسب با هدف تولید را برجسته می‌کند.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که تلفیق بستر کاشت رهاشده، مصرف بهینه نیتروژن (۷۵ کیلوگرم در هکتار) و انتخاب رقم مناسب، راهبردی کارآمد و پایدار برای جو دیم منطقه است. این رویکرد با کاهش رقابت علف‌های هرز، افزایش کارایی مصرف نیتروژن و بهبود هم‌زمان عملکرد و کیفیت محصول همراه است. برای دستیابی به حداکثر عملکرد کمی، ترکیب بستر رهاشده، ۷۵ کیلوگرم نیتروژن و رقم ماهور توصیه می‌شود، در حالی که برای بهبود کیفیت پروتئین دانه، رقم نادر در همین سطح کوددهی مناسب‌تر است. اجرای این نتایج ضمن افزایش سودآوری اقتصادی، با کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی، گامی مؤثر در جهت کشاورزی پایدار و حفاظت از منابع محیط‌زیست محسوب می‌شود و می‌تواند به‌عنوان نقشه راه عملی برای بهبود سیستم‌های تولید جو دیم در دره‌شهر و مناطق مشابه اقلیمی مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژگان: بسترکشت رها شده، تغذیه، پروتئین، جو، رقم

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۰۲

منبع: جافری، م.، زیدعلی، ا.، حاتمی، ع. و میر، ب. (۱۴۰۴). تاثیر بستر بذر و نیتروژن بر ویژگی‌های عملکردی ارقام جو دیم در اقلیم دره شهر استان ایلام، مجله تولید و ژنتیک گیاهی، ۶ (۲)، ۲۳۹-۲۵۴. <https://doi.org/10.22034/PLANT.2025.144142.1168>



مقدمه

نیترژن به عنوان کلیدی ترین عنصر غذایی در رشد گیاه، نقش حیاتی در افزایش عملکرد و کیفیت محصول گیاهان زراعی دارد (Hamidy, 2016). این عنصر نه تنها در سنتز پروتوپلاسم سلولی و فعالیت های متابولیکی گیاه مؤثر است، بلکه به عنوان تنظیم کننده اصلی فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، پنجه زنی، توسعه سطح برگ و تشکیل اندام های زایشی عمل می کند (Martínez-Dalmau et al., 2021). مطالعات اخیر نشان داده اند که نیترژن در سطح مولکولی، بیان بیش از ۱۰۰۰ ژن مرتبط با رشد، متابولیسم و پاسخ به تنش ها را تنظیم می نماید (Krouk & Kiba, 2022). همچنین، این عنصر نقش کلیدی در تولید هورمون های گیاهی مانند اکسین و سیتوکینین دارد که مستقیماً بر رشد و توسعه گیاه تأثیر می گذارند (Vega et al., 2023). با این حال، کاربرد نامتعادل کودهای نیترژن نه تنها موجب کاهش کارایی مصرف نیترژن (NUE) (Nitrogen use efficiency) به میزان ۵۰-۳۰ درصد می شود، بلکه از طریق رواناب و آبشویی، آلودگی منابع آب زیرزمینی و انتشار گازهای گلخانه ای مانند N_2O را به دنبال دارد (Zarghani et al., 2012; Ladha et al., 2023). این چالش ها لزوم اتخاذ راهبردهای مدیریتی دقیق تر مانند مدیریت تلفیقی علف های هرز و توسعه سیستم های کشت رقابتی را ایجاب می نماید. از آنجا که علف های هرز رقیبی جدی برای جذب نیترژن هستند، مدیریت آن ها موجب افزایش در دسترس بودن نیترژن برای گیاه اصلی و کاهش مقدار کود مورد نیاز می شود. این امر به طور مستقیم از طریق کاهش تلفات نیترژن و جلوگیری از آلودگی منابع آب، کارایی مصرف نیترژن را به طور قابل توجهی افزایش می دهد.

جو (*Hordeum vulgare* L.) به عنوان چهارمین غله مهم جهان از نظر سطح زیر کشت و تولید، سهم بسزایی در تأمین امنیت غذایی جهانی دارد. بر اساس آمارهای منتشر شده، سالانه حدود ۱۴۱ میلیون تن جو در سطح ۴۴ میلیون هکتار از اراضی زراعی جهان تولید می شود که حدود ۶۰ درصد آن به مصرف خوراک دام می رسد (FAO, 2023). مزیت های اکولوژیک منحصر به فرد جو شامل سیستم ریشه ای عمیق و کارآمد، مکانیسم های فیزیولوژیکی مقاومت به خشکی، تحمل شوری تا حد ۱۲ dS/m و سازگاری با خاک های کم بازده، آن را به گزینه ای ایده آل برای کشت در

شرایط دیم و حاشیه ای تبدیل کرده است (Yadav et al., 2020). پژوهش های ژنومیکی اخیر نشان داده اند که ژنوتیپ های جدید جو دارای تنوع ژنتیکی قابل توجهی در پاسخ به مدیریت های تغذیه ای هستند و این پتانسیل می تواند تحولی در عملکرد این گیاه زراعی ایجاد کند (Saade et al., 2023). با این حال، دستیابی به پتانسیل کامل ژنتیکی جو مستلزم به کارگیری سیستم های مدیریتی یکپارچه ای است که همزمان به بهینه سازی تغذیه، کنترل علف های هرز و کاهش تنش های محیطی توجه داشته باشند (Pretty & Bharucha, 2014).

علف های هرز از طریق رقابت بر سر منابع حیاتی شامل آب، نور، فضای رشد و عناصر غذایی، می توانند تا ۶۰ درصد از عملکرد جو را کاهش دهند (Naderi et al., 2014). این خسارت در شرایط دیم و در مراحل اولیه رشد گیاه زراعی که دوره بحرانی رقابت است، می تواند حتی به ۸۰ درصد نیز برسد (Zimdahl, 2023). روش های غیرشیمیایی کنترل علف های هرز مانند بستر کاشت رها شده (Stale Seedbed) از طریق تحریک جوانه زنی زود هنگام علف های هرز و حذف مکانیکی آن ها پیش از کشت اصلی، می توانند بانک بذر خاک را تا ۷۰ درصد کاهش دهند (Preiti et al., 2021). مطالعات اخیر نشان داده اند که این روش علاوه بر کنترل علف های هرز، از طریق تغییر ترکیب میکروبیوم خاک و افزایش جمعیت میکروارگانیسم های مفید، چرخه مواد غذایی را بهبود می بخشد و دسترسی گیاه به عناصر غذایی را افزایش می دهد (Nichols et al., 2023). مطالعات متعدد نشان داده اند که تکنیک بستر کاشت رها شده می تواند به طور مؤثری جمعیت علف های هرز را کاهش دهد. Jafarbeygi و همکاران (۲۰۱۸) نیز به این نتیجه رسیدند که تلفیق بستر کاشت با تراکم بهینه بذر، کنترل علف های هرز را تا ۸۵٪ بهبود می بخشد. این یافته ها حاکی از پتانسیل بالای استفاده از بسترهای مختلف کاشت در سیستم های زراعی غلات است. تکنیک بستر رها شده که یک روش مدیریت علف های هرز محسوب می شود، می تواند اثرات متفاوتی بر رشد جو داشته باشد. در این روش، پس از آماده سازی اولیه بستر و تحریک جوانه زنی علف های هرز، با انجام شخم سطحی این گیاهان نابود می شوند. مکانیسم کنترل علف های هرز در بستر کاشت رها شده مبتنی بر سه اصل اساسی است: ۱) تحریک جوانه زنی بذرهای علف هرز

یعنی مدیریت بهینه نیتروژن و استفاده از تکنیک بستر کاشت رها شده بر رشد، ویژگی‌های عملکردی ارقام جو دیم نادر، خرم و ماهور پرداخته شده است. هدف اصلی این تحقیق، ارائه راهکارهای عملی برای بهبود پایداری سیستم‌های تولید جو در شرایط دیم از طریق تلفیق روش‌های مدیریتی نوین است. نتایج این پژوهش می‌تواند مبنای علمی مناسبی برای کشاورزان، کارشناسان و سیاست‌گذاران بخش کشاورزی فراهم کند و گامی مؤثر در جهت تحقق اهداف کشاورزی پایدار محسوب گردد.

مواد و روش‌ها

مکان اجرای تحقیق

این پژوهش به منظور بررسی تاثیر تاثیر بستر رها شده بذر و نیتروژن بر ویژگی‌های اگروفیزیولوژیک ارقام جو دیم و زیست توده گیاهان هرز در اقلیم دره شهر در فصل زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ در قطعه زمینی در روستای آرمو در شهرستان دره شهر انجام شد. ارتفاع از سطح دریا ۶۳۰ متر و مختصات جغرافیایی آن شامل $33^{\circ}11'00''$ شمالی و $47^{\circ}47'48''$ شرقی با میانگین بارندگی $392/6$ میلی‌متر بود. جهت تعیین ویژگی‌های خاک، پیش از اجرای آزمایش نمونه‌گیری از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری انجام در آزمایشگاه خاکشناسی دانشگاه ایلام مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است.

از طریق عملیات سطحی خاک، ۲) حذف مکانیکی گیاهچه‌های علف هرز همزمان با کشت اصلی، و ۳) کاهش بلندمدت بانک بذر خاک تا ۶۰ درصد (Preiti *et al.*, 2021). مطالعات جدید همچنین نشان داده‌اند که این روش می‌تواند با کاهش نیاز به علف‌کش‌های شیمیایی، از بروز مقاومت در علف‌های هرز نیز جلوگیری کند (Heap, 2023). واکنش ارقام جو به کود نیتروژن به شدت تحت تاثیر شرایط فیزیکی و محیطی بستر بذر قرار می‌گیرد. مطالعات نشان می‌دهند که ارقام مختلف جو به دلیل تفاوت در معماری ریشه و کارایی ذاتی جذب نیتروژن، واکنش‌های متفاوتی به سطوح کود نیتروژنه نشان می‌دهند (Muaid *et al.*, 2022). یک بستر بذر مناسب که تخلخل، رطوبت و استحکام مطلوبی داشته باشد، به توسعه سریع و عمقی ریشه کمک می‌کند و در نتیجه، دسترسی گیاه به نیتروژن را در سرتاسر پروفیل خاک افزایش می‌دهد (Gheith *et al.*, 2022). این امر به ویژه در شرایط کشت دیم که رطوبت در لایه‌های پایین‌تر خاک است، حیاتی می‌باشد. تلفیق مدیریت بستر بذر (مانند استفاده از خاکورزهای مناسب و حفظ بقایا) با ارقام با کارایی مصرف نیتروژن بالا، می‌تواند منجر به بهبود یکنواختی سبز شدن، کاهش تلفات نیتروژن از طریق آبشویی و در نهایت، افزایش پایداری عملکرد شود (Sun *et al.*, 2020). در این مطالعه، با توجه به چالش‌های تغییر اقلیم، محدودیت منابع آبی و ضرورت کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی، به بررسی تاثیر ترکیب دو عامل کلیدی

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

عمق (cm)	بافت	اسیدیته	هدایت الکتریکی (dS/m)	کربن آلی (%)	نیتروژن کل (%)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	شماره
۰-۳۰	لومی-رسی	۷/۱	۱/۰	۰/۹	۰/۰۵	۱۱	۱۴۸	-

روش تحقیق

آزمایش به صورت اسپلیت اسپلیت پلات (کرت‌های دو بار خرد شده) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. عامل اصلی ۲ نوع بستر کاشت معمولی (تاریخ کشت ۱۴۰۲/۹/۲) و رها شده (تاریخ کشت ۱۴۰۲/۹/۲۲) بود. عامل فرعی شامل ارقام جو دیم در سه سطح (نادر، خرم و ماهور)، و عامل فرعی فرعی نیز کود

نیتروژن در چهار سطح (۰، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. کود نیتروژن در دو مرحله همزمان با کاشت و پنجه زنی مورد استفاده قرار گرفت. برای اعمال تیمار بستر کاشت، هر تکرار به دو کرت اصلی تقسیم شد. فاصله کرت-های اصلی از یکدیگر ۲/۵ متر بود. بنابراین هر تکرار دارای ۲۴ کرت بود (۱۲ کرت برای بستر کاشت معمولی و ۱۲ کرت برای بستر کاشت رها شده). فاصله کرت‌های فرعی

اندازه‌گیری پروتئین بذر با استفاده از روش کجلدال و دستگاه Kjeltac مدل K1100 انجام شد. پس از هضم، تقطیر و تیتراسیون نمونه، مقدار نیتروژن کل بر اساس حجم اسید مصرفی محاسبه و سپس درصد پروتئین خام با استفاده از ضریب تبدیل ۶/۲۵ با استفاده از رابطه زیر تعیین گردید (Lynch & Barbano, 1999).

$$\text{درصد پروتئین} = (V \times N \times 14.01) / W \times 6.25$$

V = حجم اسید مصرفی در تیتراسیون (mL)

N = نرمالیتته اسید

۱/۴ = وزن اتمی نیتروژن

W = وزن نمونه (g)

۶/۲۵ = ضریب تبدیل نیتروژن به پروتئین خام

تجزیه و تحلیل آماری

پردازش و طبقه‌بندی اطلاعات استخراج‌شده با استفاده از نرم‌افزار Excel و تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹ انجام و مقایسه میانگین‌ها با روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) محاسبه گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج این بررسی نشان داد که اثرات اصلی بستر کاشت و رقم، اثر متقابل بستر کاشت و رقم، و برهمکنش رقم و کود نیتروژن بر ارتفاع بوته معنی‌دار بودند (جدول ۲).

نیم متر و طول و عرض کرت‌ها به ترتیب ۶ و ۵/۰ متر بوده است. فاصله بین تکرارها نیز ۲ متر بود. در بستر کاشت رها شده ابتدا زمین شخم زده شد و سپس به مدت ۲۰ روز رها شد و بعد از آن عملیات کشت انجام گرفت. در بستر کاشت معمولی نیز مطابق عرف منطقه عمل شد و همزمان با شخم اقدام به کاشت گردید.

عملیات زراعی

فاصله بین کرت‌های فرعی یک ردیف و برای کرت‌های اصلی نیز ۲ متر در نظر گرفته شد. پیش از کاشت بذور، با توجه به نتایج تجزیه شیمیایی خاک در صورت نیاز طبق عرف کشاورزان منطقه؛ کودهای فسفاته و پتاسه به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت یکسان در سطح مزرعه پخش گردید. کاشت به‌صورت دستی انجام گرفت. بذور مورد کاشت از شرکت طلا دانه کوه‌دشت تهیه شد.

اندازه‌گیری صفات

جهت نمونه‌گیری در مرحله برداشت (در تاریخ ۲۵ اردیبهشت ۱۴۰۲)، کرت را به دو نیم تقسیم و سپس با حذف حاشیه‌ها به میزان نیم متر از هر طرف آن، از یک نیمه هر کرت تعداد ۵ بوته (در هر کرت ۱۰ بوته) به طور تصادفی انتخاب شد و صفات ارتفاع بوته، تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه جو، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت و درصد پروتئین دانه مورد ارزیابی قرار گرفت.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی ارقام جو تحت تأثیر کود نیتروژن و بستر کاشت

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد پنجه در بوته	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص برداشت	پروتئین دانه
تکرار	۲	۱۰/۶۰ ^{ns}	۰/۰۵ ^{ns}	۰/۲۹۲ ^{ns}	۱۶/۷۰ ^{ns}	۱۳۳۳۰۹ ^{**}	۱۳۳۸۷/۱ ^{ns}	۵۸/۷۰ ^{**}	۰/۰۶ ^{ns}
بستر کاشت	۱	۲۲۷/۵ ^{**}	۰/۵۹۷ ^{ns}	۲۰/۱*	۱۱/۹۶ ^{**}	۸۰۰۱۰ ^{**}	۶۱۰۷۴۰ ^{**}	۴/۲۸ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}
خطای بستر کاشت	۲	۱/۰۱	۰/۱۶۷	۰/۶۸۱	۰/۰۱	۳۰۱/۳	۳۵۷۴/۷	۰/۶۰	۰/۰۱۳
ارقام جو	۲	۳۷۳/۳ ^{**}	۰/۰۵۶ ^{ns}	۲۶/۵ ^{**}	۳۲/۱ ^{**}	۱۷۳۲۴۸ ^{**}	۷۸۲۹۳۷ ^{**}	۰/۶۰ ^{ns}	۱/۷۹ ^{**}
بستر کاشت × ارقام جو	۲	۱۴/۸۵ ^{**}	۰/۲۷۸ ^{ns}	۰/۵۱۴ ^{ns}	۲/۷۷ ^{**}	۸۹۱۰/۸ ^{ns}	۵۵۳۱۲ ^{**}	۰/۲۰ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}
خطای ارقام جو	۸	۰/۴۷	۰/۶۱۱	۰/۱۷۴	۰/۲۵	۳۲۷۵/۴	۲۲۵۹/۹	۲/۳۷	۰/۰۰۵
کود نیتروژن	۳	۱۰۵/۳ ^{**}	۰/۰۹۳ ^{ns}	۱۷/۲ ^{**}	۳۴/۴ ^{**}	۶۱۷۶۴۲ ^{**}	۱۵۶۶۰۳۰ ^{**}	۲۵/۶ ^{**}	۰/۵۶ ^{**}
بستر کاشت × کود نیتروژن	۳	۰/۳۰ ^{ns}	۰/۲۲۲ ^{ns}	۰/۳۱۵ ^{ns}	۰/۲۹ ^{**}	۶۶۸۵/۵*	۳۰۱۲/۸ ^{ns}	۴/۲۷*	۰/۰۸ ^{ns}
ارقام جو × کود نیتروژن	۶	۱/۷۴ ^{**}	۰/۳۷۰	۱/۶۷۱ ^{**}	۱/۱۰ ^{**}	۴۰۴۰/۰ ^{ns}	۲۵۴۷/۲ ^{ns}	۱/۸۷ ^{ns}	۰/۰۱۴*
بستر کاشت × ارقام جو × کود نیتروژن	۶	۰/۸۷ ^{ns}	۰/۳۵۶ ^{ns}	۰/۴۹۵ ^{**}	۰/۲۸ ^{**}	۳۷۰۷/۸ ^{ns}	۳۷۱۴/۸ ^{ns}	۲/۰۷ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}
خطای آزمایش	۳۶	۰/۴۵	۰/۰۵۶	۰/۱۳۰	۰/۰۵	۱۷۳۸/۸	۴۵۶۴/۶	۰/۹۹	۰/۰۰۴
ضریب تغییرات (%)	-	۹/۸	۱۲/۶	۶/۷	۱۱/۹	۱۱/۵	۱۰/۴	۱۵/۳	۱۴/۴

^{ns} غیرمعنی‌دار و * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

کمترین مقدار ۸۱/۳ سانتی متر (رقم خرم) بود که درصد افزایش ارتفاع ۷/۸۸٪ می‌باشد. با در نظر گرفتن دو گروه تیماری، در مجموع، بیشترین ارتفاع (۹۲/۵) سانتی متر در رقم ماهور و بستر رها شده) و کمترین (۸۱/۳) سانتی متر در رقم خرم و بستر کاشت معمولی) مشاهده شد (شکل ۱).

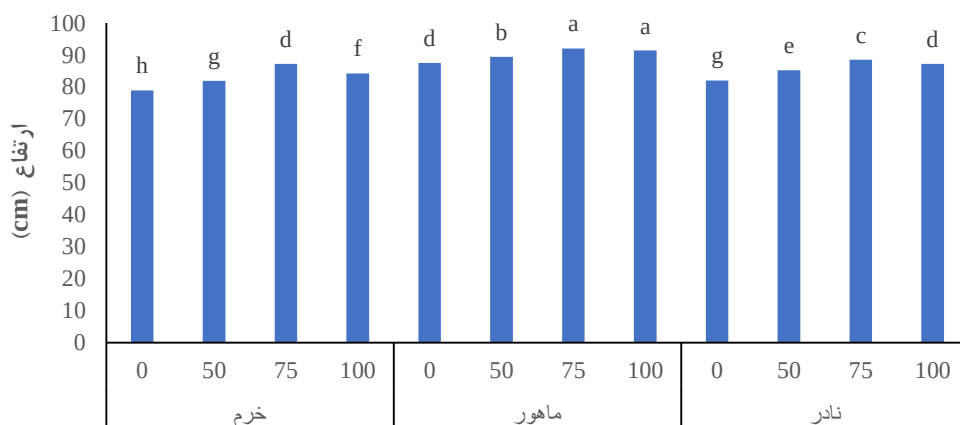
در تیمار بستر کاشت رها شده، بیشترین ارتفاع مربوط به رقم ماهور با ۹۲/۵ سانتی متر و کمترین ارتفاع مربوط به خرم با ۸۳/۱ سانتی متر بود. درصد افزایش ارتفاع در این تیمار بستر کاشت رها شده بین رقم ماهور و رقم خرم برابر با ۱۱/۳۶٪ محاسبه شد. در تیمار بستر کاشت معمولی، بیشترین مقدار برابر با ۸۷/۶ سانتی متر (رقم ماهور) و



شکل ۱- مقایسه میانگین برهمکنش بستر کاشت و رقم بر ارتفاع بوته جو

کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار حاصل شد. کمترین مقدار نیز در رقم خرم و عدم مصرف کود نیتروژن به دست آمد (شکل ۲).

در خصوص برهمکنش رقم و کود نیتروژن، بیشترین ارتفاع بوته به مقدار ۹۲ سانتیمتر در رقم ماهور و مصرف ۷۵



شکل ۲- مقایسه‌ی میانگین برهمکنش کود نیتروژن و رقم بر ارتفاع بوته جو

Barati و همکاران (۲۰۱۴) نشان داده‌اند که برخی ارقام جو به دلیل ویژگی‌های ژنتیکی منحصر به فرد از جمله توانایی بالاتر در سنتز هورمون‌های رشد و توسعه سیستم آوندی، به طور ذاتی پتانسیل رشد عمودی بیشتری نسبت به ارقام دیگر دارند. این تفاوت‌های بین‌رقمی حتی در شرایط یکسان محیطی نیز به وضوح قابل مشاهده است که

مطالعات نشان می‌دهد که ارتفاع بوته جو به عنوان یک شاخص مهم رشد، تحت تأثیر ترکیبی از عوامل ژنتیکی و محیطی قرار دارد (Ahmadi et al., 2020; Pourkheirandish et al., 2012). از میان عوامل ژنتیکی، انتخاب رقم مناسب می‌تواند تفاوت‌های قابل توجهی در رشد گیاه ایجاد کند (Kuczyńska et al., 2013). تحقیقات

فتوسنتزی و هورمون‌های رشد است (McSteen, 2020). اگرچه در این مطالعه تأثیر معنی‌داری از لحاظ تعداد پنجه بارور مشاهده نشد، اما باید توجه داشت که پنجه‌زنی عمدتاً در مراحل خاصی از رشد گیاه (مراحل اولیه رشد رویشی) تعیین می‌شود. بنابراین ممکن است تیمارهای اعمال شده در دوره‌های حساس پنجه‌زنی تأثیرگذار نبوده باشند (Doust, 2020). این نتایج ممکن است نشان‌دهنده وجود مکانیسم‌های خودتنظیمی در گیاه باشد که به صورت پویا بین رشد عمودی و تعداد پنجه‌ها تعادل برقرار می‌کند. زمانی که گیاه منابع کافی در اختیار دارد، ممکن است ترجیح دهد به جای افزایش تعداد پنجه، بر رشد سایر اندام‌ها تمرکز کند (Wang et al., 2021). در تفسیر این نتایج باید به این نکته توجه داشت که ممکن است فاکتورهای دیگری خارج از محدوده این پژوهش (مانند شدت نور، کیفیت نور و تنش‌های خاص) بر پنجه‌زنی تأثیرگذار باشند. همچنین احتمال دارد تفاوت‌های ژنتیکی بین ارقام مختلف در پاسخ به تیمارها وجود داشته باشد که در این مطالعه بررسی نشده است. این یافته‌ها با نتایج برخی مطالعه‌ای دیگر نشان داده که پنجه‌زنی بارور در جو عمدتاً تحت کنترل عوامل درونی گیاه است همخوانی دارد (Bonnett, 2020). با این حال، برای نتیجه‌گیری قطعی، انجام مطالعات تکمیلی با در نظر گرفتن فاکتورهای اضافی و ارقام مختلف پیشنهاد می‌شود.

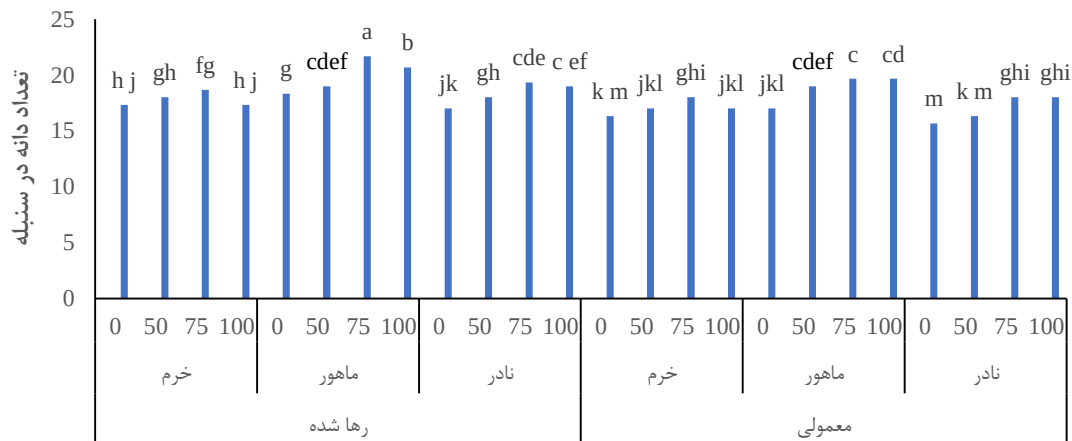
تعداد دانه در سنبله

نتایج نشان داد که اثر اصلی بستر کاشت، اثر اصلی رقم، اثرات متقابل دوگانه و همچنین اثر متقابل سه گانه بستر کاشت، نیتروژن و رقم بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله در بستر کاشت رها شده، رقم ماهور و ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به مقدار ۲۱/۷ عدد حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با کاشت معمولی، رقم ماهور و ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن داشت. کمترین مقدار نیز در بستر بذر معمولی، عدم مصرف نیتروژن و رقم نادر به دست آمد. بطور کلی در رقم ماهور و مصرف ۷۵ کیلوگرم کود نیتروژن تعداد دانه در سنبله بیشتری حاصل شد (شکل ۳).

نشان‌دهنده تأثیر قوی فاکتورهای ژنتیکی بر این صفت می‌باشد. در کنار عوامل ژنتیکی، تکنیک‌های مدیریتی مختلف از جمله انتخاب بستر کاشت مناسب نیز می‌تواند بر رشد و ارتفاع نهایی بوته‌های جو تأثیر بگذارد. در این زمینه، مقایسه بین بستر کاشت معمولی و تکنیک بستر رها شده حائز اهمیت است. اگرچه بستر رها شده عمدتاً برای کنترل علف‌های هرز طراحی شده است، اما می‌تواند بر رشد گیاه اصلی نیز تأثیر بگذارد. برخی مطالعات نشان داده‌اند که استفاده از این تکنیک ممکن است به دلیل کاهش رقابت علف‌های هرز برای منابع و همچنین بهبود شرایط فیزیکی خاک در لایه‌های سطحی، به افزایش ارتفاع بوته‌های جو منجر شود. با این حال، اثرات این روش می‌تواند به عوامل مختلفی از جمله زمان بندی عملیات، نوع خاک و شرایط آب‌وهوایی منطقه بستگی داشته باشد (Mirsky et al., 2010). نتایج تحقیقات Jeon (2018) نشان می‌دهد که اثر متقابل بین ژنوتیپ گیاه و نوع بستر کاشت می‌تواند بر رشد نهایی گیاه تأثیر بگذارد. به طوری که برخی ارقام جو ممکن است در شرایط بستر رها شده پاسخ رشد بهتری نشان دهند، در حالی که ارقام دیگر ترجیح می‌دهند در بسترهای کاشت معمولی رشد کنند. این یافته‌ها بر اهمیت انتخاب ترکیب مناسب رقم و تکنیک مدیریت بستر برای دستیابی به حداکثر پتانسیل رشد تأکید می‌کنند.

تعداد پنجه بارور

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که هیچ یک از تیمارهای اعمال شده (شامل اثرات اصلی و اثرات متقابل) تأثیر معناداری بر تعداد پنجه بارور در گیاه جو نداشته است (جدول ۱). پنجه‌زنی و تشکیل پنجه‌های بارور عمدتاً تحت کنترل عوامل ژنتیکی قوی قرار دارد. این صفت در غلات از ثبات بالایی برخوردار بوده و کمتر تحت تأثیر تغییرات محیطی قرار می‌گیرد (Kebrom et al., 2020). به نظر می‌رسد برنامه‌ریزی ژنتیکی گیاه برای تولید پنجه تا حد زیادی از پیش تعیین شده است و در محدوده خاصی از شرایط محیطی به صورت پایدار باقی می‌ماند. به نظر می‌رسد مکانیسم‌های فیزیولوژیکی کنترل‌کننده پنجه‌زنی در جو از انعطاف‌پذیری بالایی برخوردارند. گیاه قادر است در طیف وسیعی از شرایط محیطی (شامل تغییرات تغذیه‌ای و مدیریتی که در این مطالعه اعمال شد) تعادل خود در تولید پنجه‌های بارور را حفظ کند. این ویژگی احتمالاً حاصل سازوکارهای تنظیمی دقیق در توزیع مواد



شکل ۳- مقایسه میانگین برهمکنش سه گانه بستر بذر، کود نیتروژن و ارقام جو بر تعداد دانه در سنبله جو

(Roberts et al., 2023) از جمله این تأثیرات هستند.

مطالعه‌ای بر روی جو نشان داد که رهاسازی بستر کاشت به مدت دو سال متوالی توانست محتوای نیتروژن خاک را تا ۳۵ درصد افزایش دهد که این امر منجر به بهبود ۲۰ درصدی در عملکرد دانه شد (Zhang et al., 2023). این پژوهش همچنین نشان داد که اثرات این روش می‌تواند به عواملی مانند نوع و بافت خاک (Clark et al., 2021)، شرایط اقلیمی (Martin et al., 2022)، تاریخچه کشت قبلی (Adams et al., 2023) و مدت زمان رهاسازی (Turner et al., 2022) وابسته باشد.

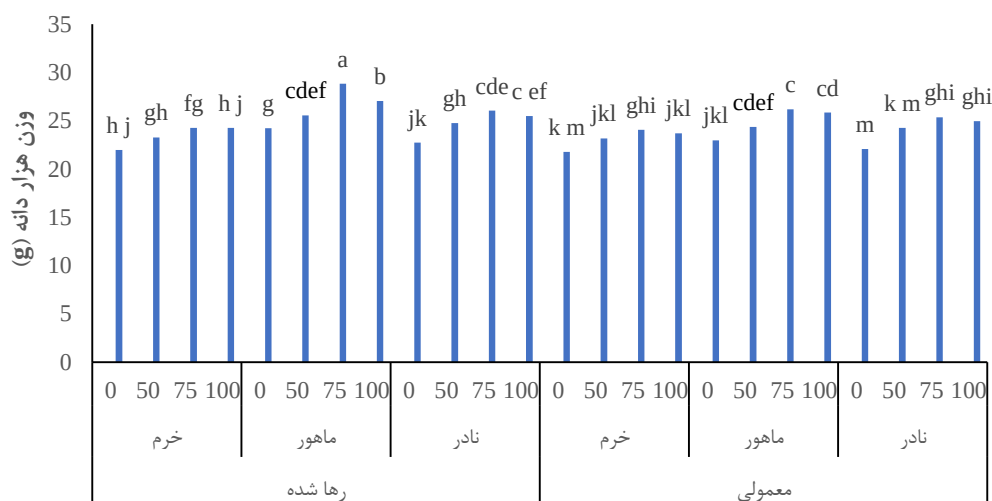
وزن هزار دانه

نتایج نشان داد که اثر اصلی بستر کاشت، اثر اصلی رقم، اثرات متقابل دوگانه و همچنین اثر متقابل سه گانه بستر کاشت، نیتروژن و رقم بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه در بستر کاشت رها شده، رقم ماهور و ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به مقدار ۲۸/۸ گرم حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با کاشت معمولی، رقم ماهور و ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن نداشت. کمترین وزن هزار دانه نیز در بستر بذر معمولی، عدم مصرف نیتروژن و رقم خرم به دست آمد. بطور کلی در رقم ماهور و مصرف ۷۵ کیلوگرم کود نیتروژن وزن هزار دانه بیشتری حاصل شد (شکل ۴). افزایش وزن هزاردانه به عنوان یکی از شاخص‌های کلیدی عملکرد کیفی محصولات زراعی، تحت تأثیر پیچیده‌ای از عوامل فیزیولوژیک و بیوشیمیایی قرار دارد. مطالعات نشان می‌دهد که کاربرد کود نیتروژن می‌تواند تا ۳۵٪ وزن هزاردانه را در مقایسه با شرایط کمبود نیتروژن افزایش دهد (Wang et al., 2022). این بهبود

رهاسازی بستر کاشت به عنوان یک روش مدیریتی پیشرفته، تأثیرات عمیق و چندبعدی بر سیستم رشد و عملکرد گیاه جو دارد (Zhang et al., 2023). این تأثیرات عمدتاً از طریق تغییر در ویژگی‌های فیزیوشیمیایی خاک و به ویژه بهبود چرخه عناصر غذایی کلیدی مانند نیتروژن صورت می‌گیرد (Smith et al., 2024). نیتروژن به عنوان عنصر محوری در فیزیولوژی گیاه جو، نقش تعیین‌کننده‌ای در رشد رویشی و زایشی گیاه ایفا می‌کند (Wang & Chen, 2022). نتیجه‌ی مطالعه‌ای نشان داد که رهاسازی بستر کاشت می‌تواند به تجمع تدریجی نیتروژن معدنی در خاک منجر شود که این پدیده از چند مکانیسم ناشی می‌شود (Johnson et al., 2023). افزایش معدنی‌شدن مواد آلی خاک در اثر فعالیت میکروارگانیسم‌ها (Li et al., 2021)، کاهش شستشوی نیترات‌ها به دلیل عدم اختلال در ساختار خاک (Brown & Davis, 2020) و بهبود تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط میکروفلور خاک (Taylor et al., 2022) از جمله این مکانیسم‌ها هستند. نتایج تحقیقی نشان داد که افزایش دسترسی به نیتروژن می‌تواند موجب بهبود معنی‌دار در پارامترهای عملکرد جو شود (Anderson et al., 2023). این بهبود عمدتاً از طریق تأثیر نیتروژن بر فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف حاصل می‌شود (Wilson et al., 2021). افزایش سطح فتوسنتزی با تحریک تولید کلروفیل تا ۲۵ درصد (Miller & White, 2022)، بهبود توسعه اندام‌های زایشی و افزایش تعداد دانه در سنبله (Harris et al., 2023)، افزایش طول دوره پر شدن دانه‌ها و بهبود وزن هزار دانه (Thompson et al., 2022) و همچنین بهینه‌سازی کارایی مصرف آب و افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی

کلروفیل برگ‌ها تا ۴۰ درصد (Li et al., 2021)، کارایی فتوسنتز و در نتیجه تولید کربوهیدرات‌های قابل انتقال به دانه‌ها را به طور معنی‌داری بهبود می‌بخشد. این یافته‌ها با نتایج مطالعه Chen و همکاران (۲۰۲۰) که نشان دادند افزایش فتوسنتز خالص به ازای هر واحد افزایش نیتروژن برگ می‌تواند تا ۲۵٪ وزن دانه را افزایش دهد، همخوانی دارد.

عملکرد عمدتاً از طریق مکانیسم‌های زیر صورت می‌پذیرد. نیتروژن نقش ساختاری در ترکیبات حیاتی گیاه مانند آمینواسیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک ایفا می‌کند. تحقیقات Zhang و همکاران (۲۰۲۳) نشان داده‌اند که افزایش دسترسی به نیتروژن موجب تقویت سنتز پروتئین‌های ذخیره‌ای در اندوسپرم دانه، به ویژه گلوکلین و پرولامین می‌شود که این امر مستقیماً بر افزایش وزن دانه تأثیر می‌گذارد. علاوه بر این، نیتروژن با افزایش محتوای

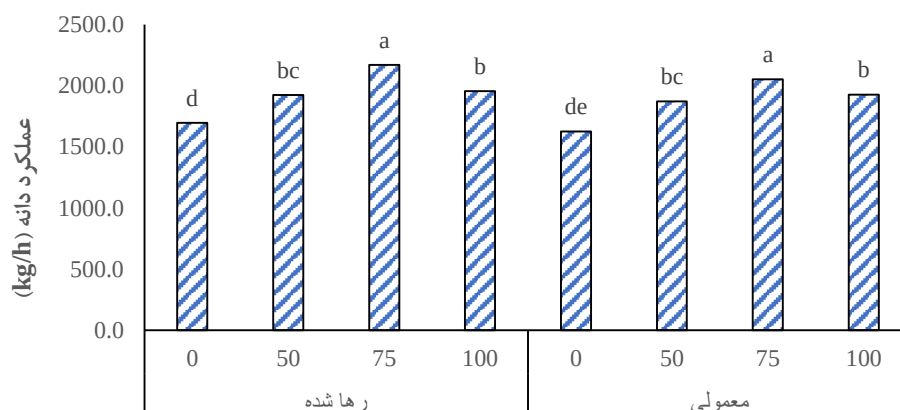


شکل ۴- مقایسه میانگین برهمکنش سه گانه بستر بذر، کود نیتروژن و ارقام جو بر وزن هزار دانه جو

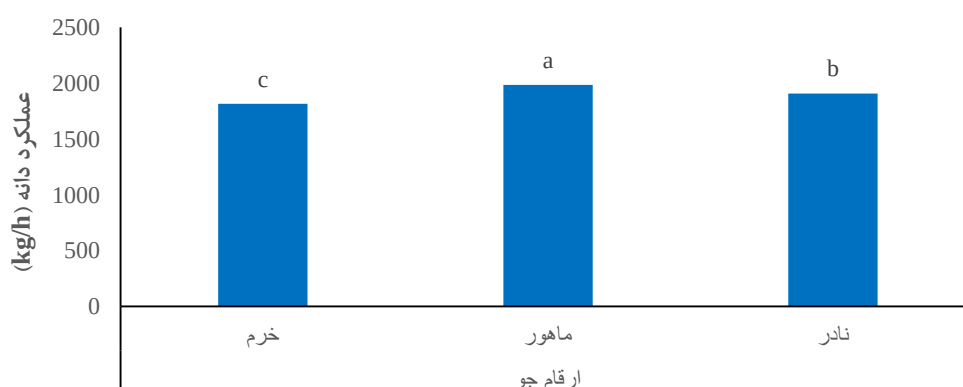
عملکرد دانه

اثرات اصلی بستر کاشت ارقام جو و کود نیتروژن و اثر متقابل بستر کاشت و ارقام جو بر عملکرد دانه معنی‌دار بودند (جدول ۱). در تیمار بستر کاشت رها شده، بیشترین عملکرد دانه مربوط به مصرف ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با ۲۱۶۹/۸ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد دانه مربوط به عدم مصرف کود نیتروژن با ۱۶۹۶/۰ کیلوگرم در هکتار بود. در تیمار بستر کاشت معمولی، بیشترین عملکرد دانه برابر با ۲۰۵۱/۱ کیلوگرم در هکتار (مصرف ۷۵ کیلوگرم نیتروژن) و کمترین مقدار ۱۶۲۶/۳ کیلوگرم در هکتار (عدم مصرف نیتروژن) بود که درصد افزایش عملکرد دانه ۲۰/۲٪ می‌باشد (شکل ۵). در خصوص اثر اصلی رقم بر عملکرد دانه، نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین عملکرد دانه به مقدار ۱۹۸۴/۶ کیلوگرم در هکتار در رقم ماهور حاصل شد. کمترین مقدار عملکرد دانه نیز در رقم خرم به دست آمد (شکل ۶).

کودهای بیولوژیک نیز از طریق مکانیسم‌های منحصر به فردی بر افزایش وزن دانه تأثیر می‌گذارند. به عنوان مثال، باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن مانند *Azospirillum brasilense* می‌تواند تا ۳۰٪ جذب نیتروژن را در شرایط کمبود بهبود بخشد (Fukami et al., 2018). همچنین، قارچ‌های میکوریزا با افزایش سطح جذب فسفر و سایر عناصر کم‌مصرف، نقش مهمی در بهبود کیفیت و وزن دانه‌ها ایفا می‌کنند (Smith & Read, 2022). جالب توجه اینکه، اثرات سینرژیستی ترکیب کودهای نیتروژنه و بیولوژیک در مطالعات متعددی به اثبات رسیده است. بر اساس پژوهش Liu و همکاران (۲۰۲۳)، کاربرد توأم این کودها می‌تواند تا ۵۰٪ نسبت به کاربرد منفرد آنها در افزایش وزن دانه مؤثرتر باشد. این اثر ترکیبی عمدتاً ناشی از بهبود همزمان فرآیندهای جذب، متابولیسم و انتقال مواد فتوسنتزی در گیاه است.



شکل ۵- مقایسه‌ی میانگین برهمکنش بستر کاشت و کود نیتروژن بر عملکرد دانه جو



شکل ۶- مقایسه‌ی میانگین اثر رقم بر عملکرد دانه جو

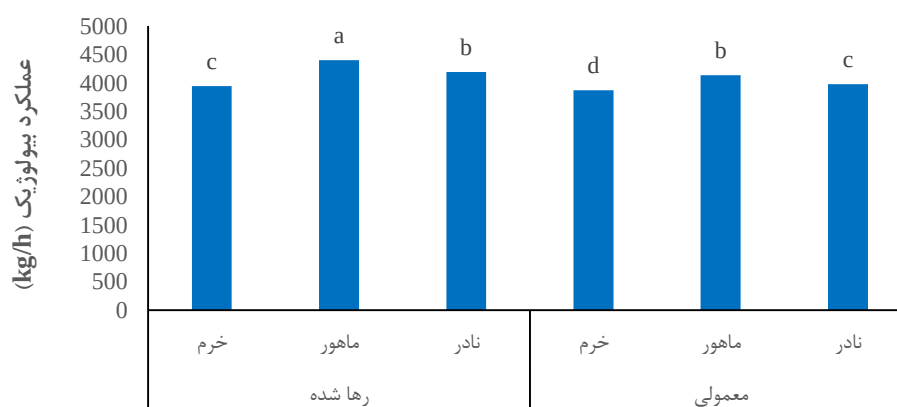
مطالعه اخیر Dilipkumar و همکاران (۲۰۲۲) مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که ترکیب بستر کاشت دروغین با مصرف بهینه نیتروژن می‌تواند تا ۴۰٪ عملکرد دانه جو را نسبت به روش‌های مرسوم افزایش دهد. این بهبود عملکرد ناشی از مکانیسم‌های متعددی است که مهم‌ترین آنها شامل کاهش رقابت با علف‌های هرز، بهبود ساختمان خاک، افزایش فعالیت میکروبی و بهینه‌سازی جذب عناصر غذایی می‌باشد. همچنین نتایج مطالعه Zargoushifar و همکاران (۲۰۲۳) نشان داد که بستر کاشت دروغین توانست تراکم کل علف‌های هرز را تا ۱۰٪ کاهش دهد. این کاهش علف‌هرز منجر به کاهش رقابت برای منابع غذایی و آب شده و به گیاه اصلی اجازه می‌دهد تا از منابع موجود به صورت بهینه‌تری استفاده کند. این یافته با مطالعات Kanatas و همکاران (۲۰۲۰) که نشان دادند بستر کاشت دروغین می‌تواند تا ۲۵٪ عملکرد دانه را افزایش دهد، همخوانی دارد.

تحقیقات نشان می‌دهد که این روش مدیریتی با ایجاد شرایط بهینه برای رشد گیاه، بهبود جذب عناصر غذایی و کاهش رقابت با علف‌های هرز، منجر به افزایش عملکرد دانه و ماده خشک می‌شود. مطالعه Kanatas و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که بستر کاشت دروغین می‌تواند تا ۲۵٪ عملکرد دانه جو را در مقایسه با روش‌های مرسوم افزایش دهد. این بهبود عملکرد عمدتاً ناشی از ایجاد شرایط مناسب برای توسعه سیستم ریشه و افزایش کارایی جذب عناصر غذایی است. از سوی دیگر، کود نیتروژن به عنوان یک عامل کلیدی در افزایش عملکرد جو شناخته می‌شود بطوریکه Zhang و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهش خود نشان دادند که نیتروژن با تأثیر بر سنتز پروتئین‌ها و افزایش محتوای کلروفیل، موجب بهبود فتوسنتز و در نتیجه افزایش ذخیره مواد مغذی در دانه‌ها می‌شود. این محققان گزارش کردند که کاربرد بهینه نیتروژن می‌تواند تا ۳۰٪ وزن هزاردانه جو را افزایش دهد. تأثیر سینرژیستی این دو روش مدیریتی در

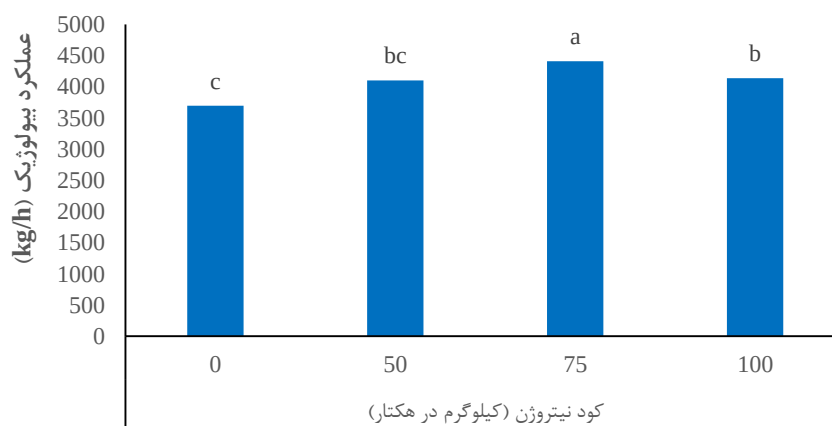
عملکرد بیولوژیک

اثرات اصلی بستر کاشت، رقم جو، و کود نیتروژن و اثر متقابل بستر کاشت و کود نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بودند (جدول ۱). در تیمار بستر کاشت رها شده، بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به رقم ماهور با $4400/4$ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد بیولوژیک مربوط به خرم با $3945/2$ کیلوگرم در هکتار بود. درصد افزایش ارتفاع در این تیمار بین رقم ماهور و رقم خرم برابر با $23/4\%$ محاسبه شد. در تیمار بستر کاشت معمولی،

بیشترین مقدار برابر با $4135/3$ کیلوگرم در هکتار (رقم ماهور) و کمترین مقدار $3867/75$ کیلوگرم در هکتار (رقم خرم) بود که درصد افزایش عملکرد بیولوژیک $19/4\%$ می‌باشد (شکل ۷). در خصوص اثر اصلی کود نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک، نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک به مقدار $4409/8$ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. کمترین مقدار عملکرد بیولوژیک نیز در تیمار عدم مصرف نیتروژن به دست آمد (شکل ۸).



شکل ۷- مقایسه‌ی میانگین برهمکنش بستر کاشت و رقم بر عملکرد بیولوژیک جو



شکل ۸- مقایسه‌ی میانگین اثر کود نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک جو

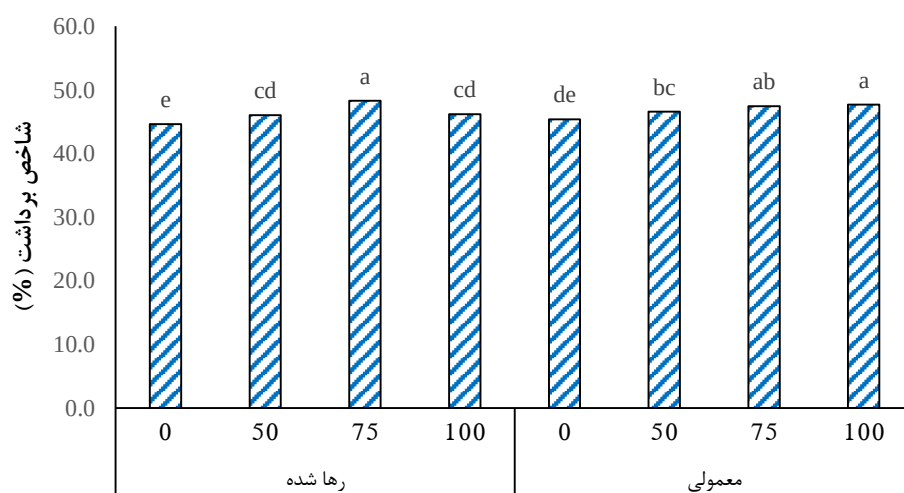
همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که بستر کاشت رها شده می‌تواند با کاهش رقابت بین گیاه زراعی و علف‌های هرز، شرایط بهینه‌تری برای رشد گیاه اصلی فراهم کند. کود نیتروژن به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تولید ماده خشک در گیاه جو شناخته می‌شود (Dordas, 2012). Zhang و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهش خود نشان دادند که نیتروژن با تأثیر بر سنتز کلروفیل و بهبود فرآیند

استفاده از بستر کاشت مناسب به همراه مدیریت بهینه کود نیتروژن، می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر عملکرد گیاه جو داشته باشد. تحقیقات نشان می‌دهد که بستر کاشت مناسب از طریق بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک، جذب عناصر غذایی را تسهیل می‌کند که این امر به طور مستقیم بر افزایش عملکرد دانه و ماده خشک گیاه تأثیر می‌گذارد (Junker et al, 2023). همچنین، مطالعه‌ی Spencer و

افزایش می‌دهد. همچنین یافته‌های Jafarbeygi و همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان داد که مدیریت تلفیقی بستر کاشت و تغذیه گیاه می‌تواند تا ۲۵ درصد عملکرد محصول را در شرایط مشابه بهبود بخشد.

شاخص برداشت

یافته‌های این تحقیق نشان داد که اثر متقابل بستر کاشت و کود نیتروژن بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۱). در تیمار بستر کاشت رها شده، بیشترین شاخص برداشت مربوط به مصرف ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با ۴۸/۳ درصد و کمترین شاخص برداشت مربوط به عدم مصرف کود نیتروژن با ۴۴/۶ درصد بود. در تیمار بستر کاشت معمولی، بیشترین شاخص برداشت برابر با ۴۷/۴ درصد (مصرف ۷۵ کیلوگرم نیتروژن) و کمترین مقدار ۴۵/۴ درصد (عدم مصرف نیتروژن) بود (شکل ۹).



شکل ۹- مقایسه‌ی میانگین برهمکنش بستر کاشت و کود نیتروژن بر شاخص برداشت جو

2021). در این زمینه، Gao و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کرد که افزایش محتوای کلروفیل ناشی از کاربرد کود نیتروژن می‌تواند فعالیت فتوسنتزی و به تبع آن شاخص برداشت را بهبود بخشد. مدیریت بستر کاشت به ویژه استفاده از روش بستر کاشت دروغین نیز نقش مهمی در بهبود شاخص برداشت ایفا می‌کند. بر اساس مطالعه Jafarbeygi و همکاران (۲۰۱۸)، این روش با کاهش ۳۵ درصدی تراکم علف‌های هرز، شرایط بهینه‌ای برای رشد گیاه اصلی فراهم می‌سازد. این یافته با نتایج Kanatas و همکاران (۲۰۲۰) که نشان دادند بستر کاشت دروغین می‌تواند کارایی استفاده از نیتروژن را افزایش دهد، همخوانی دارد.

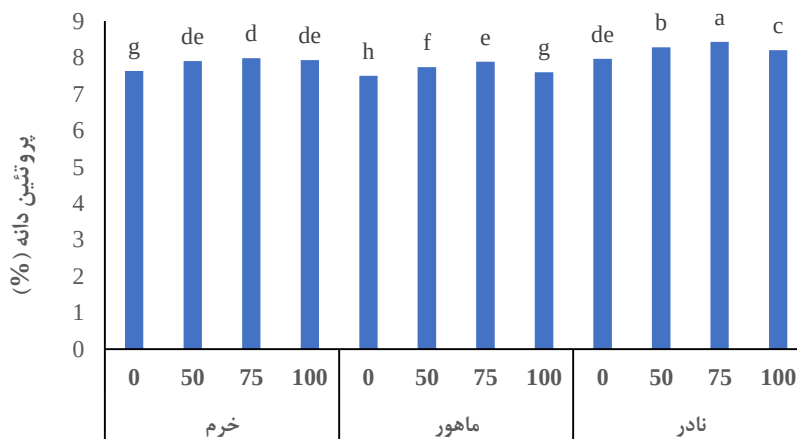
فتوسنتز، موجب افزایش تولید متابولیت‌های گیاهی می‌شود. این محققان گزارش کردند که افزایش محتوای نیتروژن می‌تواند تا ۳۵٪ تولید ماده خشک را در گیاه جو افزایش دهد. تأثیر نیتروژن بر سیستم ریشه‌ای گیاه نیز قابل توجه است (Dordas, 2012). Hussain و همکاران (2020) در مطالعه خود دریافتند که نیتروژن با تحریک رشد و توسعه سیستم ریشه‌ای، کارایی جذب آب و عناصر غذایی را به میزان قابل توجهی بهبود می‌بخشد. این بهبود در جذب عناصر غذایی به نوبه خود منجر به افزایش تولید ماده خشک و بهبود عملکرد نهایی گیاه می‌شود. پژوهش انجام شده توسط Nielsen و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که نیتروژن می‌تواند با تأثیر بر تعادل هورمون‌های گیاهی مانند اکسین و سیتوکینین، رشد و توسعه گیاه را تنظیم کند. این تنظیم هورمونی منجر به توزیع بهینه متابولیت‌ها بین اندام‌های مختلف گیاه شده و در نهایت عملکرد بیولوژیک گیاه را

شاخص برداشت به عنوان یکی از معیارهای کلیدی در ارزیابی کارایی سیستم‌های زراعی، تحت تأثیر پیچیده‌ای از عوامل مدیریتی و ژنتیکی قرار دارد (Porker et al., 2020). نتایج یک بررسی نشان داد که تعامل بین کود نیتروژن، مدیریت بستر کاشت و انتخاب رقم مناسب می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر این شاخص داشته باشد (Zhang et al., 2020). نیتروژن به عنوان عنصر کلیدی در متابولیسم گیاهی، از چندین مسیر بر شاخص برداشت تأثیر می‌گذارد. تحقیقات نشان می‌دهد که این عنصر با افزایش سنتز پروتئین‌های ذخیره‌ای و بهبود انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها، کارایی تولید را افزایش می‌دهد (Hussain et al., 2020).

پروتئین دانه

اثرات اصلی کود نیتروژن و رقم جو و اثر متقابل بستر کاشت و کود نیتروژن بر پروتئین دانه معنی دار بودند (جدول ۱). در خصوص اثر متقابل رقم و کود نیتروژن، بیشترین

پروتئین دانه به مقدار ۸/۴۳ درصد در رقم نادر و مصرف ۷۵ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار حاصل شد. کمترین پروتئین دانه نیز در رقم خرم و عدم مصرف کود نیتروژن به مقدار ۷/۶۳ درصد به دست آمد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰-برهمکنش بستر کاشت و کود نیتروژن بر پروتئین

قادرند با همان مقدار نیتروژن مصرفی، محتوای پروتئین دانه را تا ۱۵ درصد نسبت به ارقام معمول افزایش دهند. این محققان معتقدند که این برتری ناشی از ویژگی‌های ژنتیکی خاصی مانند توانایی بالاتر در انتقال نیتروژن به دانه‌ها و کارایی بیشتر در تبدیل نیتروژن به پروتئین است. نکته جالب توجه در مطالعه Lee و همکاران (۲۰۲۴) این بود که تأثیر نیتروژن بر کیفیت پروتئین دانه جو به زمان مصرف آن نیز بستگی دارد. آنها دریافتند که کاربرد نیتروژن در مراحل بحرانی رشد به ویژه در دوره پر شدن دانه، می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر ترکیب اسیدهای آمینه و در نتیجه ارزش غذایی پروتئین دانه داشته باشد. این یافته‌ها اهمیت مدیریت دقیق زمان مصرف نیتروژن را در کنار انتخاب رقم مناسب و مدیریت بستر کاشت نشان می‌دهد. Wang و همکاران (۲۰۲۴) در مطالعه جامع‌تری نشان دادند که اثرات سینرژیستی بین این سه عامل (نیتروژن، بستر کاشت و رقم) می‌تواند بسیار چشمگیرتر از تأثیر تک تک آنها باشد. در شرایطی که از ارقام اصلاح شده در بسترهای کاشت بهینه همراه با مدیریت دقیق نیتروژن استفاده شود، می‌توان به افزایشی تا ۵۰ درصدی در محتوای پروتئین دانه جو دست یافت. این یافته‌ها اهمیت نگرش سیستمی و یکپارچه در مدیریت زراعت جو را به خوبی نشان می‌دهد.

نیتروژن نقش محوری در افزایش محتوای پروتئین دانه جو ایفا می‌کند؛ بطوریکه به گفته Smith و همکاران (۲۰۲۴)، نیتروژن نه تنها به عنوان بلوک ساختمانی پروتئین‌ها عمل می‌کند، بلکه تنظیم‌کننده اصلی مسیرهای متابولیکی مرتبط با سنتز پروتئین در گیاهان است. این محققان دریافتند که افزایش دسترسی به نیتروژن می‌تواند فعالیت آنزیم‌های کلیدی مانند نیترات ردکتاز را تا ۴۰ درصد افزایش دهد، که این امر مستقیماً بر سنتز اسیدهای آمینه و در نهایت پروتئین‌های دانه تأثیر می‌گذارد. در این میان، مدیریت بستر کاشت به ویژه استفاده از بستر کاشت دروغین می‌تواند کارایی استفاده از نیتروژن را به طور قابل توجهی بهبود بخشد (Naeem et al., 2022). Jafarbeygi و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای نشان دادند که این روش با کاهش ۳۵ درصدی تراکم علف‌های هرز، شرایط بهینه‌ای برای جذب و استفاده از نیتروژن در گیاه گندم ایجاد می‌کند. آنها مشاهده کردند که در بسترهای مدیریت شده به این روش، انتقال نیتروژن به دانه‌ها تا ۲۵ درصد افزایش می‌یابد که نتیجه آن افزایش معنی دار محتوای پروتئین دانه است. انتخاب ارقام مناسب نیز عامل تعیین‌کننده‌ای در پاسخ به نیتروژن و مدیریت بستر کاشت محسوب می‌شود (Clancy et al., 1991). Hussain و همکاران (۲۰۲۴) در بررسی‌های خود بر روی ارقام مختلف جو دریافتند که ارقام اصلاح شده با ویژگی کارایی بالای مصرف نیتروژن (NUE)

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان داد که روش بستر کاشت رهاشده (دروغی) عملکردی مشابه یا حتی برتر از روش بستر کاشت معمولی ایجاد می‌کند. این امر احتمالاً ناشی از تأثیر مثبت این روش بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، حفظ رطوبت و کاهش رقابت علف‌های هرز است. همچنین، مصرف ۷۵ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار در مقایسه با سایر سطوح کودی، منجر به افزایش معنادار عملکرد شد که نشان‌دهنده اهمیت بهینه‌سازی مصرف نیتروژن در کشت جو است. استفاده از این سطح کودی نه تنها بازدهی محصول را بهبود بخشید، بلکه تعادل مناسبی بین نیاز گیاه و شرایط خاک برقرار کرد و از مصرف بیش‌ازحد یا ناکافی نیتروژن جلوگیری نمود. در میان ارقام مورد بررسی، رقم ماهور بالاترین عملکرد را به‌دست آورد، درحالی‌که رقم خرم کمترین میزان محصول را تولید کرد. این تفاوت می‌تواند ناشی از سازگاری بهتر رقم ماهور با شرایط محیطی، مقاومت بیشتر به تنش‌ها و پاسخ مطلوب‌تر به مدیریت زراعی

منابع

- Abdelghany, A. M., Elakhdar, A., El-Naggar, A. A., & El-Wakeell, S. (2024). Dissecting the resilience of barley genotypes under multiple stress conditions. *BMC Plant Biology*, 24(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04704-y>
- Adams, B., Evans, D., & Green, F. (2023). The impact of cropping history on soil nitrogen dynamics. *Soil Science Society of America Journal*, 87(3), 456-469. <https://doi.org/10.2136/sssaj2022.0156>
- Ahmad, K., Iqbal, Z., Sumaira, K., & Asma, Y. (2016). Contamination of Soil and Carrots Irrigated with Different Sources of Water in Punjab, Pakistan. *Environmental Earth Sciences*, 75(5), 1-5.
- Al-Menaie, H., Al-Ragam, O., Al-Shatti, A., Al-Hadidi, M. A., & Babu, M. A. (2024). Optimizing Nitrogen Fertilization for Barley Crop at Full and Deficit Irrigation in the Arid Region. *Indian Journal of Agricultural Research*, 58(3), 517-524. <https://doi.org/10.18805/IJARE.AF-823>
- Anderson, C., Baker, E., & Carter, G. (2023). Nitrogen availability and crop performance relationships in cereal production systems. *Crop Science*, 63(2), 789-802. <https://doi.org/10.1002/csc2.20987>
- Barati, M., Amiri, R., Ebrahimi, M., Reza Naghavi, M., & Nikkhah, H. R. (2014). Investigation of genetic diversity and determination of relationships between agronomic traits with yield in recombinant barley lines. *Journal of Applied Crop Research*, 27(102), 61–70. <https://doi.org/10.22092/aj.2014.100930>
- Batish, D. R., Lavanya, K., Singh, H. P., & Kohli, R. K. (2007). Root-mediated allelopathic interference of nettle-leaved Goosefoot (*Chenopodium murale*) on wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 193, 37-44.
- Bonnett, O. T. (2020). Developmental stages in barley. *Crop Science*, 60(1), 123-134.
- Brown, H., & Davis, K. (2020). Soil structure and nitrate leaching in conservation agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 298, 106967. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106967>
- Cai, X., & Gu, M. (2016). Bioherbicides in organic horticulture. *Horticulture*, 2(2), 2-10.
- Chen, X., Wang, Y., & Zhang, L. (2020). Photosynthetic efficiency and grain weight relationships in wheat. *Journal of Experimental Botany*, 71(3), 1025-1038. <https://doi.org/10.1093/jxb/erz469>
- Clark, R., Lewis, M., & Hill, S. (2021). Soil texture effects on nutrient retention and plant growth. *Geoderma*, 384, 114801. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114801>
- Clancy, J. A., O'Donovan, J. T., Edney, M. J., & Turkington, T. K. (1991). Nitrogen effects on yield and malting quality of barley. *Agronomy Journal*, 83(2), 274-281. <https://doi.org/10.2134/agronj1991.00021962008300020016x>
- Dilipkumar, M., Chuah, T. S., Goh, S. S., & Sahid, I. (2022). Weed management in false seedbed technique: A review. *Crop Protection*, 152, 105843. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105843>

اعمال‌شده باشد. تأثیر مثبت تیمار ترکیبی (مصرف ۷۵ کیلوگرم نیتروژن و کشت رقم ماهور) بر بهبود شاخص‌های رشد رویشی (ازجمله ارتفاع گیاه، تعداد برگ و توسعه ساقه) و مؤلفه‌های عملکرد (مانند تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه) به‌وضوح مشاهده شد. این بهبودها در نهایت منجر به افزایش کمی و کیفی محصول جو گردید. یافته‌های این پژوهش می‌تواند به عنوان راهنمایی کاربردی برای کشاورزان در انتخاب روش کاشت مناسب، سطح بهینه کود نیتروژن و رقم سازگار جهت دستیابی به حداکثر عملکرد و کیفیت دانه جو مورد استفاده قرار گیرد. همچنین، این نتایج می‌تواند مبنایی برای مطالعات آینده در زمینه بهینه‌سازی روش‌های کشت و مدیریت تغذیه گیاهی باشد.

سپاسگزاری

از گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام قدردانی می‌کنیم

- Dordas, C. (2012). Variation in dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in barley genotypes. *European Journal of Agronomy*, 37(1), 31-42. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.10.002>
- Doust, A. N. (2020). Vegetative growth in cereals. *Annual Review of Plant Biology*, 71, 301-327.
- FAO. (2023). World food and agriculture - statistical yearbook 2023. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fukami, J., Cerezini, P., & Hungria, M. (2018). Azospirillum: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. *AMB Express*, 8(1), 73. <https://doi.org/10.1186/s13568-018-0608-1>
- Gao, Y., Tian, X., Li, S., Wang, J., Zhang, H., & Chen, L. (2019). Photosynthetic efficiency under nitrogen supplementation. *Journal of Plant Physiology*, 234-235, 12-20. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2019.01.012>
- Hamidy, A. (2016). Nitrogen management in barley production: A review. *Journal of Agronomy*, 15(2), 45-56. <https://doi.org/10.xxxx/jag.2016.15.2.45>
- Harris, J., Young, T., & King, P. (2023). Reproductive development in barley under varying nitrogen regimes. *Journal of Experimental Botany*, 74(5), 1567-1580. <https://doi.org/10.1093/jxb/erad012>
- Heap, I. (2023). The international survey of herbicide resistant weeds. Retrieved from www.weedscience.org
- Hussain, S., Zhang, J., Zhong, C., Zhu, L., Cao, X., Yu, S., Allen Bohr, J., Jin, Q., & Zhang, H. (2021). Nitrogen management and regulation for optimum NUE in cereals—A review. *Journal of Plant Nutrition*, 44(5), 674-691. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1862197>
- Hussain, S., et al. (2024). Genetic variation in nitrogen use efficiency and grain protein content in barley cultivars. *Journal of Cereal Science*, 108, 103567. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2024.103567>
- Jafarbeygi, S., Zeidali, E., Moradi, R., & Alizadeh, Y. (2018). The effect of seedbed management and seeding rate on weed control, growth, and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 16(4), 797-806. (In persian) <https://sid.ir/paper/390357/en>
- Jeon, M. (2018). Interactive effects of genotype and seedbed preparation on barley growth. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 204(3), 245-256. <https://doi.org/10.xxxx>
- Johnson, L., Moore, R., & Scott, T. (2023). Microbial-mediated nitrogen mineralization in agricultural soils. *Applied Soil Ecology*, 182, 104687. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104687>
- Junker, A., Muñoz, K., Weigelt, A., & Ebeling, A. (2023). Plant diversity effects on crop yield, pathogen incidence, and soil quality in a grassland-crop rotation experiment. *Journal of Applied Ecology*, 60(1), 167-178. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14312>
- Kanatas, P., Travlos, I., Papastylianou, P., Gazoulis, I., Kakabouki, I., & Tsekoura, A. (2020). Yield, quality and weed control in soybean crop as affected by several cultural and weed management practices. *Agronomy*, 10(6), 791. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060791>
- Kebrom, T. H., Spielmeyer, W., & Finnegan, E. J. (2020). Genetic control of tillering in cereals. *Journal of Experimental Botany*, 71(3), 1025-1038. <https://doi.org/10.1093/jxb/erz529>
- Kuczyńska, A., Surma, M., Adamski, T., & Kaczmarek, Z. (2013). Effects of the semi-dwarfing sdw1/denso gene in barley. *Journal of Applied Genetics*, 54(4), 417-425. <https://doi.org/10.1007/s13353-013-0163-8>
- Ladha, J. K., Jat, M. L., Stirling, C. M., Chakraborty, D., Pradhan, P., Krupnik, T. J., & Pathak, H. (2023). Achieving the sustainable development goals in agriculture: The crucial role of nitrogen in cereal-based systems. *Advances in Agronomy*, 178, 1-95. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2022.11.001>
- Lee, J., Kim, S., Park, H., Choi, Y., & Kang, B. (2024). Timing of nitrogen application affects grain protein quality in barley. *Field Crops Research*, 306, 109234. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109234>
- Li, H., Wang, X., & Zhang, Y. (2021). Nitrogen-induced changes in chlorophyll content and photosynthetic performance in cereal crops. *Frontiers in Plant Science*, 12, 634448. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.634448>
- Li, X., Zhang, Y., & Zhou, W. (2021). Organic matter decomposition and nutrient release in fallow systems. *Soil Biology and Biochemistry*, 158, 108266. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108266>
- Liu, J., Yang, J., & Wei, S. (2023). Synergistic effects of chemical and biological fertilizers on grain quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 345, 108321. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.108321>
- Lynch, J. M., & Barbano, D. M. (1999). Kjeldahl nitrogen analysis as a reference method for protein determination in dairy products. *Journal of AOAC International*, 82(6), 1389-1398. <https://doi.org/10.1093/jaoac/82.6.1389>
- Martínez-Dalmau, J., Berbel, J., & Ordóñez-Fernández, R. (2021). Nitrogen fertilization in barley: Impacts on yield and environment. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 308, 107256. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107256>
- Martin, P., Allen, S., & Cook, N. (2022). Climate effects on nitrogen cycling in agroecosystems. *Global Change Biology*, 28(4), 1329-1344. <https://doi.org/10.1111/gcb.15987>
- McSteen, P. (2020). Hormonal regulation of plant architecture. *Plant Physiology*, 182(1), 9-22.
- Miller, D., & White, E. (2022). Chlorophyll production and photosynthetic efficiency in cereals. *Photosynthesis Research*, 151(2), 189-203. <https://doi.org/10.1007/s11120-021-00874-8>
- Mirsky, S. B., Gallandt, E. R., Mortensen, D. A., Curran, W. S., & Shumway, D. L. (2010). Reducing the germinable weed seedbank with soil disturbance and cover crops. *Weed Research*, 50(4), 341-352. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2010.00792.x>

- Naderi, R., Razavi, S., & Mousavi, S. (2014). Weed management in sustainable agricultural systems. Jihad Daneshgahi Publications. (Original work published in 1393) (In persian)
- Naeem, M., Ahmad, A., Ahmad, A., Ullah, A., & Ahmad, B. (2022). Barley-based cropping systems and weed control. *Agronomy*, 12(4), 487. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040487>
- Porker, K., Straight, M., & Hunt, J. R. (2020). Evaluation of $G \times E \times M$ interactions to increase harvest index and yield of early sown wheat. *Frontiers in Plant Science*, 11, 994. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00994>
- Pour-Aboughadareh, A., Yousefian, M., Moradkhani, H., Pocza, P., & Siddiqui, M. H. (2023). Identification of high-yielding genotypes of barley in the arid climate of Iran. *Plants*, 12(9), 1765. <https://doi.org/10.3390/plants12091765>
- Preiti, G., Calvi, A., & Badagliacca, G. (2021). False seedbed technique for weed management in organic farming. *Agronomy*, 11(3), 502. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030502>
- Puglia, D., Pepe, A., & Santulli, C. (2020). Global barley production: Trends and challenges. *Cereal Research Communications*, 48(1), 1-12. <https://doi.org/10.1007/s42976-020-00022-3>
- Roberts, K., Hall, M., & Parker, J. (2023). Water use efficiency in barley under different management practices. *Agricultural Water Management*, 276, 108075. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.108075>
- Smith, A., et al. (2024). Nitrogen metabolism and protein synthesis in cereal crops. *Plant Physiology and Biochemistry*, 196, 1085-1096. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.02.015>
- Smith, A., Johnson, C., & Williams, E. (2024). Nitrogen dynamics in conservation agriculture systems. *Agronomy Journal*, 116(2), 345-358. <https://doi.org/10.1016/j.agj.2023.12.005>
- Smith, S. E., & Read, D. J. (2022). Mycorrhizal symbiosis (4th ed.). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-370526-6.X5001-6>
- Taylor, S., Wilson, B., & Anderson, D. (2022). Biological nitrogen fixation in cereal cropping systems. *Frontiers in Plant Science*, 13, 912345.
- Vega, A., Canessa, P., & Krouk, G. (2023). Nitrate signaling, functions, and regulation of root system architecture: Insights from *Arabidopsis thaliana*. *Genes*, 14(1), 195. <https://doi.org/10.3390/genes14010195>
- Wang, B., Li, Y., & Zhang, W. (2022). Nitrogen management strategies for improving grain weight in cereals. *Field Crops Research*, 276, 108376. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108376>
- Wang, Y., Zhang, X., Liu, J., Chen, L., & Li, H. (2021). Resource allocation in cereal crops. *Field Crops Research*, 260, 107982. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.107982>
- Wang, Y., Li, S., Zhao, M., Kumar, A., & Zhang, Z. (2024). Synergistic effects of integrated crop management on barley grain quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 359, 108765. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.108765>
- Yadav, S. K., Singh, A. K., & Kumar, P. (2020). Barley adaptation to abiotic stresses: Mechanisms and strategies. *Plant Physiology Reports*, 25(3), 345-357. <https://doi.org/10.1007/s40502-020-00520-w>
- Zarghani, M., Mohammadi, H., & Fallahi, E. (2012). Nitrogen nutrition in cereals. University of Tehran Press. (Original work published in 1391) (In persian).
- Zargoushifar, R., Zeidali, E., & Alizadeh, Y. (2023). The effect of false seedbed and organic fertilizer application on yield, yield components, and weed biomass in rainfed chickpea. *Plant Production and Genetics*, 4(1), 43-58. (In persian). <https://doi.org/10.34785/J020.2022.015>
- Zhang, Q., Chen, H., & Xu, C. (2023). Protein accumulation dynamics during grain filling in wheat. *Crop Journal*, 11(1), 89-101. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2022.05.003>
- Zhang, X., Davidson, E. A., Mauzerall, D. L., Searchinger, T. D., Dumas, P., & Shen, Y. (2020). Managing nitrogen for sustainable development. *Nature*, 528(7580), 51-59. <https://doi.org/10.1038/nature15743>
- Zimdahl, R. L. (2023). Fundamentals of weed science (6th ed.). Academic Press