

Evaluation the Phenology and Nitrogen Use Efficiency in New Shatter-Resistant Sesame Cultivars

Rahim Noor-Aftab¹, Peyman Hassibi^{2*}, MohammadReza Siahpoosh³, Ali Monsefi⁴

¹ Ph.D. student, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran. E mail: rahiminoor1350@gmail.com

^{2*} Corresponding Author, Associate Professor, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran, E mail: p.hassibi@scu.ac.ir

³ Associate Professor, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran, E mail: siahpoosh@scu.ac.ir

⁴ Associate Professor, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran, E mail: a.monsefi@scu.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Full Paper

Article history:

Received: 2025-03-08

Accepted: 2025-06-23

Keywords:

Seed yield
growth stages
nitrogen use efficiency
phenology

ABSTRACT

Background and objectives: Sesame is a valuable and tolerate crop in tropical and subtropical regions, requiring warm conditions during its growth period for optimal yield. Although classified as a low-input crop with minimal fertilizer requirements, nitrogen availability directly impacts its productivity. Given the importance of the issue to study the phenological evaluation and determination of nitrogen use efficiency in advanced New Shatter-Resistant Sesame Cultivars this experiment was conducted.

Materials and methods: A two-year field study (2021 & 2022) was conducted in northern Khuzestan to evaluate phenology and nitrogen use efficiency (NUE) in new shatter-resistant sesame varieties under varying nitrogen regimes. The experiment followed a split-plot arrangement within a randomized complete block design with four replications. Main plots received urea fertilizer at three levels: 100, 150, and 200 kg ha⁻¹ (46, 69, and 92 kg pure N) in 2021, and 150, 200, and 250 kg ha⁻¹ (69, 92, and 115 kg pure N) in 2022. Subplots comprised four sesame varieties: Mohajer, Chamran, and Barkat (new shatter-resistant commercial cultivars), and the local Dezful ecotype (as control).

Results: The results indicated that phenological and yield of sesame cultivars were affected by different nitrogen application. Increasing fertilizer application significantly influenced phenological and yield-related traits. Increasing nitrogen application extended the duration of growth stages in both years. The highest urea rates (200 kg ha⁻¹ in 2021 and 250 kg ha⁻¹ in 2022) delayed 100% flowering to 62.5 days (1460°C-day GDD) and 65.7 days (1533°C-day GDD), respectively. The local Dezful genotype required the most days to full flowering (66.4 days, 1540.3°C-day GDD in 2021; 71.1 days, 1672.3°C-day GDD in 2022), whereas shatter-resistant varieties showed minimal differences. Maximum seed yield occurred at the highest nitrogen rates. Mohajer outperformed other varieties, yielding 924 kg ha⁻¹ (2021) and 1953 Kg ha⁻¹ (2022). NUE declined with higher nitrogen rates; Mohajer exhibited the highest two-year average NUE at 100 kg ha⁻¹ urea (16.9 kg seed per kg N) in 2021 and 150 kg ha⁻¹ (25.5 kg seed

per kg N) in 2022. Barkat demonstrated high NUE in 2022 (20.4 kg seed per kg N), highlighting its efficient nitrogen utilization.

Conclusion: Overall, increased nitrogen application delayed sesame growth stages and prolonged vegetative phases. Advanced shatter-resistant varieties reached maturity faster than the control, requiring fewer days and growth degree days (GDD), and reflecting earlier maturity. NUE decreased with higher nitrogen rates, and Mohajer and Barkat showed superior efficiency. Based on findings, 150 kg ha⁻¹ urea is recommended to optimize NUE in shatter-resistant cultivars.

Cite this article: Noor-Aftab, R., Hassibi, P., Siahpoosh, M., Monsefi, A. 2025. Evaluation the Phenology and Nitrogen Use Efficiency in New Shatter-Resistant Sesame Cultivars. *Crop Production Journal*, 18 (2), 45-62.



© The Author(s).

DOI: [10.22069/ejcp.2025.23395.2670](https://doi.org/10.22069/ejcp.2025.23395.2670)

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources



تولید گیاهان زراعی

شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۷۳۹۸
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷۴۰۳



ارزیابی فنولوژی و کارآیی مصرف نیتروژن در ارقام جدید کنجد مقاوم به ریزش دانه

رحیم نورآفتاب^۱، پیمان حسینی^{۲*}، محمدرضا سیاهپوش^۳، علی منصفی^۴

^۱ دانشجوی دکتری دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران، رایانامه: rahiminoor1350@gmail.com

^{۲*} نویسنده مسئول، دانشیار دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران، رایانامه: p.hassibi@scu.ac.ir

^۳ دانشیار دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران، رایانامه: siahpooosh@scu.ac.ir

^۴ دانشیار دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران، رایانامه: a.monsefi@scu.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

سابقه و هدف: کنجد به عنوان یک گیاه زراعی ارزشمند متحمل در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری در طول رشد به شرایط نسبتاً گرم نیاز دارد تا حداکثر محصول را تولید کند. کنجد عموماً به عنوان گیاهی با نیاز کودی و نهاده‌پذیری پایین شناخته می‌شود، اما در این گیاه نیز فراهمی عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن تأثیر مستقیمی بر افزایش عملکرد دارد. با توجه به اهمیت موضوع این آزمایش به منظور ارزیابی فنولوژیک و تعیین کارآیی مصرف نیتروژن در ارقام جدید کنجد مقاوم به ریزش دانه انجام شد.

نوع مقاله:

مقاله کامل علمی- پژوهشی

مواد و روش‌ها: این آزمایش در مزرعه به صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در شمال خوزستان طی دو سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل، کود اوره در سه سطح (۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در سال اول به ترتیب معادل ۴۶، ۶۹ و ۹۲ کیلوگرم نیتروژن خالص و سطوح ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار در سال دوم به ترتیب معادل ۶۹، ۹۲ و ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن خالص) در کرت‌های اصلی و چهار رقم (مهاجر، چمران و برکت به عنوان ارقام جدید تجاری کنجد مقاوم به ریزش دانه و اکوتیپ محلی دزفول به عنوان شاهد) در کرت‌های فرعی اعمال گردیدند.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۴/۳

یافته‌ها: نتایج حاکی از تأثیرپذیری صفات فنولوژیک و عملکردی ارقام کنجد از رژیم‌های مختلف نیتروژن بود. افزایش کود مصرفی به طور معنی‌داری تعداد روز تا هریک از مراحل رشدی را افزایش داد. تیمار ۲۰۰ کیلوگرم کود اوره در سال اول و ۲۵۰ کیلوگرم کود اوره در سال دوم به ترتیب با ۶۲/۵ روز (معادل ۱۴۶۰ درجه-روز رشد) و ۶۵/۷ روز (معادل ۱۵۳۳ درجه-روز رشد) بیشترین تعداد روز تا ۱۰۰ درصد گلدهی را نیاز داشتند. رقم محلی دزفول در سال اول با میانگین ۶۶/۴ روز معادل ۱۵۴۰/۳ درجه-روز رشد و در سال دوم با ۷۱/۱ روز معادل ۱۶۷۲/۳ درجه-روز رشد به طور معنی‌داری میانگین تعداد روز بیشتری تا گلدهی کامل نیاز داشت ولی بین ارقام مقاوم به ریزش اختلاف کمی وجود داشت. در هر دو سال آزمایش، بالاترین عملکرد دانه با مصرف بیشترین مقادیر نیتروژن تولید شد و در میان ارقام مورد بررسی، رقم مهاجر با میانگین عملکرد ۹۲۴ و ۱۹۵۳ کیلوگرم در هکتار (به ترتیب در سال اول و دوم

واژه‌های کلیدی:

عملکرد دانه

فنولوژی

کارآیی مصرف نیتروژن

مراحل رشدی

آزمایش) بیشترین عملکرد دانه را تولید کرد. قابل توجه آنکه با افزایش مصرف نیتروژن، میزان کارایی زراعی مصرف نیتروژن کاهش یافت. بیشترین میانگین کارایی مصرف نیتروژن در دو سال اجرای آزمایش در تیمارهای ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار و در رقم مهاجر بدست آمد، به طوریکه این رقم در سال اول با میانگین ۱۶/۹ کیلوگرم دانه به ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی در شرایط کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار و در سال دوم در شرایط کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار، ۲۵/۵ کیلوگرم دانه به ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی تولید نمود و بالاترین کارایی مصرف نیتروژن را نشان داد. همچنین میانگین این صفت در رقم برکت در سال دوم آزمایش ۲۰/۴ کیلوگرم دانه به ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی بود که بیانگر کارآمد بودن این رقم در استفاده از نیتروژن مصرفی می باشد.

نتیجه گیری: به طور کلی نتایج نشان داد که افزایش نیتروژن منجر به تأخیر در مراحل رشدی گیاه و ورود گیاه به مراحل زایشی می شود. به علاوه ارقام پیشرفته کنجد مقاوم به ریزش دانه در شرایط مصرف مقادیر مختلف کود نیتروژن نسبت به رقم شاهد تعداد روز و مجموع واحدهای حرارتی کمتری تا رسیدگی نیاز داشتند که حاکی از زودرسی بیشتر این ارقام نسبت به رقم شاهد بود. با افزایش میزان کود نیتروژن میزان کارایی مصرف نیتروژن حدود ۲۹٪ در سال اول و ۲۲٪ در سال دوم کاهش یافت. ارقام مهاجر و برکت دارای کارایی مصرف نیتروژن بالایی بوده و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره به منظور دستیابی به بالاترین کارایی مصرف نیتروژن برای ارقام کنجد مقاوم به ریزش دانه پیشنهاد می شود.

استناد: نورآفتاب، رحیم؛ حسینی، پیمان؛ سیاهپوش، محمدرضا؛ منصفی، علی. (۱۴۰۴). ارزیابی فنولوژی و کارایی مصرف نیتروژن در ارقام جدید کنجد مقاوم به ریزش دانه. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ۱۸ (۲)، ۶۲-۴۵.



© نویسندگان.

DOI: [10.22069/ejcp.2025.23395.2670](https://doi.org/10.22069/ejcp.2025.23395.2670)

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

کنجد با نام علمی *Sesamum indicum* L. به عنوان گیاه دانه روغنی مناسب مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری با نیاز آبی کم همواره مورد توجه کشاورزان بوده است. این گیاه در طول دوره رشد به شرایط نسبتاً گرم نیاز دارد تا حداکثر محصول را تولید کند و دمای ۲۵-۲۷ درجه سانتی‌گراد باعث جوانه‌زنی سریع، رشد اولیه و تشکیل گل می‌شود (۱). هر چند کنجد به عنوان گیاهی با نیاز کودی و نهاده‌پذیری پایین شناخته می‌شود (۲)، اما در این گیاه نیز مانند سایر گیاهان زراعی، فراهم بودن عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن تأثیر مستقیمی بر افزایش عملکرد دارد. کاربرد نیتروژن می‌تواند به طور قابل توجهی حاصلخیزی خاک و بهره‌وری محصول را بهبود بخشد و به‌طور کلی مهم‌ترین عنصر غذایی برای تولید محصولات کشاورزی در نظر گرفته می‌شود (۳). کاربرد کافی کود نیتروژن برای تنظیم رشد محصول و اجزای عملکرد از جمله شروع آغازهای برگ‌ها و گلچه‌ها، تجمع وزن خشک، گسترش سطح برگ، وزن دانه و سایر اجزای عملکرد ضروری است (۴). گزارش شده است که با افزایش مصرف کود نیتروژن، درصد روغن کاهش و میزان پروتئین دانه، عملکرد دانه و عملکرد روغن بطور معنی‌داری افزایش می‌یابد (۵). در این خصوص مطالعاتی بر روی ارقام کنجد شکوفا صورت گرفته است، بطوری‌که تحقیقات پاتل و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد که عملکرد دانه کنجد با کاربرد ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به صورت خطی افزایش یافت (۶). حقانیان و همکاران (۲۰۱۶) گزارش دادند که با افزایش مصرف نیتروژن از صفر به ۵۰ کیلوگرم در هکتار، کارایی مصرف نیتروژن از ۵۲ به ۱۴ کاهش یافت (۲۴). با این حال، استفاده از نیتروژن بدون در نظر گرفتن مقدار بهینه و زمان‌بندی کاربرد آن، می‌تواند منجر به توصیه‌های نادرست در رابطه با کاربرد

نیتروژن شود که ممکن است اثرات نامناسبی بر محیط زیست و هزینه‌های اقتصادی بالایی را به همراه داشته باشد (۷). در واقع استفاده از غلظت دقیق نیتروژن، زمان مناسب و منبع مناسب یک جنبه مهم از مدیریت کلی نیتروژن در زراعت گیاهان زراعی به‌شمار می‌رود (۸). مطالعات نشان داده است که استفاده بیش از حد از کود نیتروژن می‌تواند باعث تأخیر در رسیدگی محصول شود (۹). در بررسی مقادیر متفاوت نیتروژن از ۱۸ تا ۱۵۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (۱۳ سطح نیتروژن) بر فنولوژی کنجد گزارش شد که کمترین تعداد روز تا گلدهی (۴۲ روز) در مقدار پایین نیتروژن (۱۸-۴۱ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و بیشترین تعداد روز تا گلدهی (۴۶ روز) از بیشترین مقدار نیتروژن مصرفی (۱۵۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) به دست آمد. همچنین تعداد روز تا رسیدگی نیز تحت تأثیر مقدار نیتروژن مصرفی قرار گرفت و به طور کلی با افزایش مقدار نیتروژن رسیدگی به تأخیر افتاد و تعداد روز بیشتری تا رسیدگی سپری شد (۱۰). گزارش شده است که تأخیر در شروع گلدهی در شرایط کاربرد مقادیر زیاد نیتروژن به دلیل تحریک رشد رویشی می‌باشد (۱۱). در بررسی استفاده از سطوح مختلف نیتروژن (۳۰، ۷۰، ۱۱۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) بر روی کنجد گزارش شد که با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی در هکتار به‌طور قابل توجهی تعداد روز و درجه-روز رشد بیشتری برای مراحل مختلف فنولوژیک نیاز بود (۱۲). همچنین طی مطالعه‌ای مشخص شد که با افزایش کود نیتروژن، شاخص کارایی مصرف نیتروژن کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده پایین بودن سودمندی نیتروژن در این شرایط است (۱۳). در این راستا، طی مطالعه‌ای با ۱۳ سطح متفاوت نیتروژن مصرفی (از ۱۸ تا ۱۵۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، بیشترین کارایی مصرف نیتروژن در شرایط کاربرد ۶۴ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد

پاسخ ارقام پیشرفته کنگد مقاوم به ریزش دانه به کود نیتروژن مصرفی بررسی نشده است. لذا در این تحقیق اثرات مطلوب مصرف بهینه کود نیتروژن بر زراعت کنگد و بهینه‌سازی کارایی مصرف آن مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر طی دو سال ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در مزرعه آزمایشی شرکت کشت و صنعت شهید رجایی شهرستان دزفول اجرا شد. محل اجرای آزمایش در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۴ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۲ دقیقه شمالی که در ارتفاع ۱۴۳ متر از سطح دریا واقع شده است. برخی از مشخصات خاک منطقه آزمایشی در طول فصل زراعی مذکور در جدول ۱ نشان داده شده است.

(۱۰). همچنین طی مطالعه‌ای گزارش شد که با افزایش مقدار مصرف نیتروژن از ۰ به ۶۰ کیلوگرم، هر یک کیلوگرم نیتروژن باعث تولید ۱۹/۷ کیلوگرم دانه در هکتار شد در حالی که با افزایش نیتروژن مصرفی از ۶۰ به ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، هر یک کیلوگرم نیتروژن به کار برده شده موجب تولید ۱۱/۱ کیلوگرم دانه در هکتار شد که حاکی از کاهش کارایی مصرف نیتروژن با افزایش نیتروژن مصرفی بود (۱۴). در طی سال‌های اخیر معرفی ارقام پیشرفته کنگد مقاوم به ریزش دانه با قابلیت برداشت با کمباین فرصت‌های جدیدی در توسعه کشت این گیاه سازگار با اقلیم خشک و نیمه خشک کشور را فراهم نموده است (۱۵). بررسی نیاز کودی کشت فشرده و مکانیزه این ارقام از ضروریات توسعه کشت آنهاست و تاکنون

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک طی دو سال

Table 1. Physiochemical properties of soil during two years.

سال آزمایش Year	پتاسیم (میلی گرم در کیلوگرم) K (mg kg ⁻¹)	فسفر (میلی گرم در کیلوگرم) P (mg kg ⁻¹)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dSm ⁻¹)	بافت Texture	مواد آلی (درصد) Organic matter (%)	واکنش خاک pH
2021	149	11	0.01	1.1	Silty clay loam	1.01	7.79
2022	221	21	0.02	2.8	Silty clay loam	1.05	7.35

پتاسیم) و فسفات (سوپرفسفات تریپل) با توجه به نتایج آزمون خاک و توصیه مرکز تحقیقات در زمان کاشت (۲۶ خرداد ماه ۱۴۰۰ و ۲۸ خرداد ماه ۱۴۰۱) به خاک مزرعه اضافه شد. مقدار و زمان مصرف کود اوره طی دو سال اجرای آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است. لازم به ذکر است که با توجه به عدم وجود اطلاعات تغذیه‌ای در رابطه با ارقام جدید کنگد ناشکوفای معرفی شده، در سال اول براساس تجربیات محققان طی سالیان متوالی کار روی این ارقام جدید در طی اجرای برنامه اصلاحی و همچنین بررسی منابع موجود بر روی ارقام کنگد شکوفا، سه سطح تیماری ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم کود اوره انتخاب شد که

در هر دو سال، آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. سطوح کود اوره به عنوان فاکتور اصلی در چهار سطح ۱۰۰ (در سال اول)، ۱۵۰ و ۲۰۰ (سال‌های اول و دوم) و ۲۵۰ (در سال دوم) کیلوگرم در هکتار کود اوره بود. سطوح فاکتور فرعی یعنی رقم در چهار سطح شامل مهاجر، چمران، برکت به عنوان ارقام تجاری جدید کنگد مقاوم به ریزش دانه با ویژگی‌های ارائه شده توسط سیاهپوش و همکاران (۲۰۲۴) و اکوتیپ محلی دزفول (شاهد شکوفا) بود (۱۵). پس از عملیات آماده‌سازی زمین، بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱) تمامی کود پتاسه (سولفات

عملیات کشت شد. به این منظور بذور هر رقم در هر تکرار بصورت جوی و پشته در کرت‌هایی به ابعاد ۳ در ۴ متر مربع (شامل ۴ پشته ۷۵ سانتیمتری در طول ۴ متر) کشت گردید. بذور کنگد روی خطوط کشت و در عمق ۳-۲ سانتی‌متر کشت گردید. بذر مورد نیاز، با توجه به قوه نامیه و وزن هزار دانه برای تمامی واحدهای آزمایشی بر اساس ۱۰ کیلوگرم بذر در هکتار محاسبه و کشت شد و پس از جوانه‌زنی

بعد از آنالیز و بررسی داده‌ها، نتایج حاکی از تأثیر پاسخ مثبت ارقام کنگد به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم کود اوره بود، لذا به منظور یافتن حد آستانه پاسخ ارقام جدید کنگد ناشکوفاً به مقدار کود اوره مصرفی، در سال دوم تیمارها به سطوح ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم افزایش یافت.

پس از اجرای عملیات زراعی، پشته‌بندی و ایجاد نهادهای آبیاری، بر اساس نقشه طرح اقدام به اجرای

جدول ۲- مقدار و زمان مصرف کود اوره طی دو سال آزمایش

Table 2. Amount and time of using urea fertilizer during two years of experiment.

تیمارهای کودی Fertilizer treatments	زمان توزیع کود اوره					
	پایه Base	سرک در مرحله ۸ برگ Top dressing in the 8-leaf stage		سرک در مرحله شروع گلدهی Top dressing at the beginning of flowering		
		2021 and 2022	2021	2022	2021	2022
100 kg ha ⁻¹ (2021) 150 kg.ha ⁻¹ (2022)	50	25	50	25	50	
150 kg.ha ⁻¹ (2021) 200 kg.ha ⁻¹ (2022)	50	50	75	50	75	
200 kg.ha ⁻¹ (2021) 250 kg.ha ⁻¹ (2022)	50	75	100	75	100	

۱۰ بوته به‌عنوان شاخص ثبت مراحل فنولوژیک تعیین و علامت‌گذاری شدند و تاریخ مشاهده مراحل فنولوژیک بر مبنای ۵۰ درصد بوته‌های علامت‌گذاری شده و بر اساس مقیاس BBCH (۱۶)، کد هر مرحله ثبت گردید (جدول ۳).

براساس تاریخ ثبت مراحل مختلف فنولوژیک و بر اساس اطلاعات هواشناسی اقدام به محاسبه واحد حرارتی با مقیاس درجه-روز رشد برای هر مرحله فنولوژیک با استفاده از رابطه ۱ شد (۱۷).

رابطه ۱: $GDD = [(T_{max} + T_{min}) / 2] - T_b$
که در این رابطه GDD درجه-روز رشد، T_b دمای پایه که برابر با ۱۰ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد (۱۸). و دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد حد آستانه بالا در محاسبه GDD در نظر گرفته شد. روند تغییرات دما طی دو سال اجرای آزمایش در شکل ۱ نشان داده شده است.

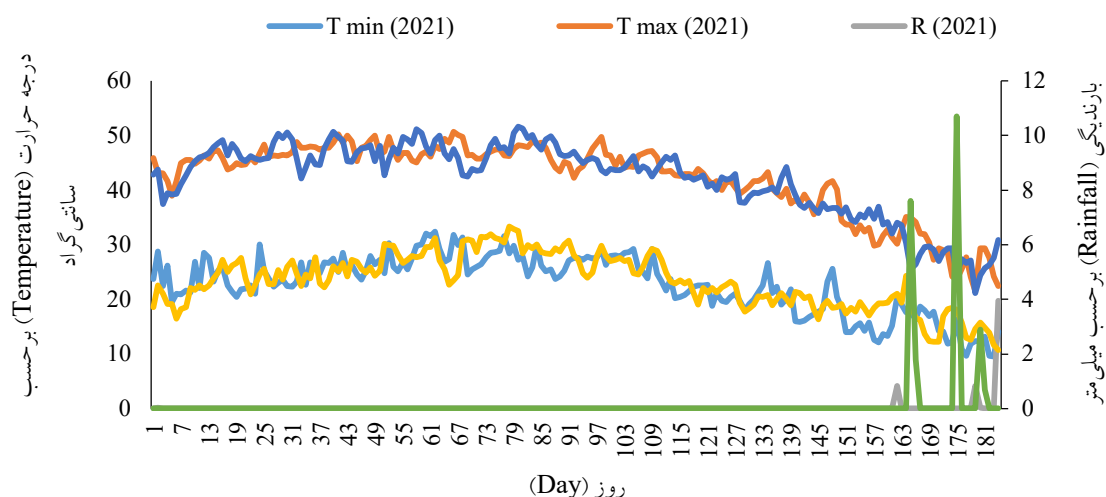
عملیات تنک در مرحله ۳ تا ۴ برگ گیاهچه‌ها انجام شد تا تراکم حدود ۵۰ بوته در واحد سطح حاصل گردد. آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و بعد از آن هر ۱۰ روز یکبار بصورت نشتی انجام شد. کنترل علف‌های هرز، چندین بار در طول فصل رشد به صورت دستی و سمپاشی کنترل شده کف جوی با علف‌کش پاراکوات انجام شد.

تعیین مراحل رشدی و فنولوژیک: مراحل رشدی و فنولوژیک ارقام کنگد مقاوم به ریزش دانه شامل روز تا ظهور اولین جفت برگ حقیقی، روز تا ظهور اولین گل، روز تا ۵۰ درصد گلدهی، روز تا کپسول‌دهی، روز تا ۱۰۰ درصد گلدهی، روز تا ۵۰ درصد کپسول‌دهی، روز تا ۱۰۰ درصد کپسول‌دهی و روز تا رسیدگی، در تیمارهای مختلف آزمایش با بازدیدهای روزانه از مزرعه ثبت گردید. به این منظور در هر کرت

جدول ۳- کد یکنواخت برای مراحل رشد فنولوژیکی گیاهان تک و دو لپه‌ای، مقیاس گسترده BBCH.

Table 3. A uniform code for phenological growth stages of mono- and dicotyledonous plants, extended BBCH scale.

مراحل رشدی growth stages	ظهور اولین جفت برگ The appearance of the first pair of true leaves	ابتدای گلدهی (ظهور اولین گل) Beginning of flowering (appearance of the first flower)	گلدهی Flowering		شروع کپسول دهی Start of encapsulation	کپسول دهی Encapsulation		رسیدگی Maturity (100%)
			50 %	100%		50 %	100%	
BBCH code	12	60	65	69	70	75	79	89



شکل ۱- تغییرات دما و بارندگی از ۱ خرداد تا ۳۰ آبان طی دو سال اجرای آزمایش. T: درجه حرارت برحسب سانتی‌گراد، R: بارندگی برحسب میلی‌متر، min: کمینه و max: بیشینه.

Figure 1. Changes in temperature and precipitation from June 1 to November 30 during the two years of the experiment. T: temperature (°C), R: Rain (mm), min: minimum and max: maximum.

کامل بوته‌ها در هر کرت، دو پشته کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای کرت به‌عنوان اثر حاشیه‌ای حذف و برداشت گیاهان از ۴ متر مربع صورت گرفت و بر این اساس عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه تعیین شد. کارایی زراعی مصرف نیتروژن: کارایی مصرف نیتروژن با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد (۱۹):

$$\text{NUE} = \text{Gw} / \text{Ns} \quad \text{رابطه ۲}$$

در این رابطه، NUE کارایی مصرف نیتروژن، Gw عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) و Ns مقدار نیتروژن مصرف شده (کیلوگرم در هکتار) می‌باشند.

در نهایت تجزیه‌ی آماری با استفاده از نرم افزار آماری SAS9.4 و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم افزار

لازم به ذکر است که با توجه به ریزش شدید دانه رقم محلی دزفول در مرحله رسیدگی کامل، برداشت این رقم به روش رایج به‌صورت سبز در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک انجام شد و خشک شدن دانه به صورت هوا خشک در خارج از مزرعه صورت پذیرفت ولی ارقام مقاوم به ریزش دانه تا مرحله رسیدگی کامل در مزرعه استقرار داشتند و برداشت بطور مستقیم از مزرعه انجام شد و رطوبت دانه در زمان برداشت حدود ۸ درصد بود. رطوبت دانه‌ها پس از برداشت به حدود ۴ درصد کاهش یافت.

عملکرد دانه و زیست‌توده: در نهایت برای تعیین عملکرد نهایی در زمان رسیدگی کامل و خشک شدن

Excel انجام شد. قبل از انجام تجزیه واریانس نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک بررسی شد و در صورت نیاز تبدیل داده صورت گرفت. مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی با استفاده از آزمون LSD در سطوح یک و پنج درصد مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

مراحل فنولوژیک

شروع گلدهی (ظهور اولین گل): نتایج تجزیه واریانس صفات آزمایشی نشان داد که در هر دو سال آزمایش ظهور اولین گل تحت تأثیر اثرات اصلی کود و رقم در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۴). در سال اول، میانگین تعداد روز لازم برای ظهور اولین گل در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره برابر با ۳۷/۷ روز (معادل ۲۲۸ درجه-روز رشد) بود که در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم کود اوره به میانگین ۳۸/۸ روز (معادل ۲۳۶ درجه-روز رشد) افزایش یافت (جدول ۵). بررسی اثر رقم نیز نشان داد که میانگین تعداد روز لازم برای ظهور اولین گل در رقم محلی دزفول برابر با ۴۲ روز (معادل ۲۱۸/۶ درجه-روز رشد) بود که به طور معنی‌داری بیشتر از سایر ارقام مشاهده شد. کمترین تعداد روز لازم برای ظهور اولین گل در رقم برکت برابر ۳۶/۶ روز بود که البته از این نظر با رقم چمران (۳۷/۱ روز) اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۵).

مقایسه میانگین اثرات اصلی کود اوره در سال دوم آزمایش نشان داد که میانگین تعداد روز تا شروع گلدهی در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره برابر با ۳۹/۴ روز بود که تحت سطوح ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم کود اوره به مقادیر ۴۰/۳ و ۴۱/۳ روز افزایش یافت (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر رقم نشان داد که تعداد روز تا شروع گلدهی در رقم محلی دزفول برابر با ۴۵/۸ روز (۹۴۱/۹ درجه-روز رشد) بود که به طور معنی‌داری

بالاتر از ارقام مقاوم به ریزش دانه بود (جدول ۵). ارقام چمران و مهاجر با میانگین ۳۸/۸ روز (۸۸۳ درجه-روز رشد) در رتبه بعدی قرار داشتند و رقم برکت با میانگین ۳۷/۸ روز (۸۶۱/۱ درجه-روز رشد) کمترین تعداد روز را تا شروع گلدهی را نیاز داشتند (جدول ۵).

پنجاه درصد گلدهی: براساس نتایج تجزیه واریانس صفات آزمایشی در هر دو سال آزمایش، تنها اثرات کود و رقم در سطح یک درصد تأثیر معنی‌داری بر صفت تعداد روز تا پنجاه درصد گلدهی داشتند (جدول ۴). در سال اول آزمایش، مقایسه میانگین اثر کود نشان داد که در شرایط کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره، کمترین زمان لازم برای پنجاه درصد گلدهی (۴۹/۹ روز) نیاز بود و در شرایط کاربرد سطوح ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم کود اوره به ترتیب به مقادیر ۵۰/۶ و ۵۱/۳ روز افزایش یافت و از این نظر با یکدیگر اختلاف آماری معنی‌داری داشتند (جدول ۵). مقایسه میانگین اثر رقم نشان داد که در بین ارقام مورد بررسی، رقم محلی دزفول تعداد روز بیشتری برای پنجاه درصد گلدهی (۵۵/۲ روز) نیاز داشت و از این نظر با سایر ارقام مورد بررسی اختلاف آماری معنی‌داری نشان داد (جدول ۵).

در سال دوم آزمایش نیز با افزایش کود مصرفی از ۱۵۰ به ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار، میانگین تعداد روز مورد نیاز تا ۵۰ درصد گلدهی از ۵۱/۶ روز (۱۱۸۲ درجه-روز رشد) به ۵۲/۴ و ۵۳/۹ روز (به ترتیب ۱۲۲۶ و ۱۲۳۲ درجه-روز رشد) افزایش یافت و از این نظر اختلاف آماری معنی‌داری بین آنها مشاهده شد (جدول ۴). در بین سطوح رقم نیز مشاهده شد که رقم محلی دزفول با میانگین ۵۹ روز (۱۳۶۸ درجه-روز رشد) نسبت به ارقام مقاوم به ریزش دانه تعداد روز بیشتری تا زمان ۵۰ درصد گلدهی سپری کرد و از این نظر اختلاف آماری معنی‌داری با سایر ارقام مورد بررسی داشت (جدول ۵).

۱۰۷۸ و ۱۰۴۰ درجه-روز رشد) تعداد روز و درجه-روز رشد کمتری تا شروع کپسول‌دهی نیاز داشتند. **پنجاه درصد کپسول‌دهی:** در هر دو سال آزمایش، بررسی نتایج تجزیه واریانس صفات آزمایشی حاکی از تأثیرپذیری صفت پنجاه درصد کپسول‌دهی از اثرات اصلی فاکتورهای آزمایشی در سطح یک درصد بود (جدول ۴). در سال اول آزمایش، تعداد روز تا ۵۰ درصد کپسول‌دهی تحت تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره برابر با ۵۵/۳ روز بود که با افزایش مقدار کود اوره مصرفی افزایش یافت، به طوری که تحت تیمار ۲۰۰ کیلوگرم کود اوره بیشترین تعداد روز تا کپسول‌دهی (۵۶/۸ روز معادل ۱۳۳۳ درجه-روز رشد) را به خود اختصاص داد (جدول ۵). در بین ارقام مورد بررسی نیز رقم محلی دزفول (۶۰ روز معادل ۱۲۹۴ درجه-روز رشد) بیشترین و رقم برکت (۵۴/۵ روز معادل ۱۲۷۳ درجه-روز رشد) کمترین تعداد روز تا رسیدگی را لازم داشت.

شروع کپسول‌دهی: بررسی نتایج تجزیه واریانس صفات آزمایشی در هر دو سال آزمایش، حاکی از تأثیرپذیری صفت مدت زمان لازم برای شروع کپسول‌دهی از اثرات اصلی فاکتورهای آزمایشی در سطح یک درصد بود (جدول ۴). براساس نتایج مقایسه میانگین، بیشترین تعداد روز تا شروع کپسول‌دهی در سال اول مربوط به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم (۴۴/۸ روز معادل ۱۰۴۳ درجه-روز رشد) و در سال دوم مربوط به تیمار ۲۵۰ کیلوگرم کود اوره (۴۹/۱ روز معادل ۱۱۱۵ درجه-روز رشد) بود که به طور معنی‌داری بالاتر از دو سطح تیماری دیگر بود. در بین ارقام مورد بررسی نیز، رقم محلی دزفول در سال اول (۴۸ روز معادل ۱۰۰۴ درجه-روز رشد) و در سال دوم (۵۲/۲ روز معادل ۱۱۸۶ درجه-روز رشد)، بیشترین تعداد روز تا شروع کپسول‌دهی را نیاز داشت. در مقابل ارقام مقاوم به ریزش دانه یعنی مهاجر، چمران و برکت در سال اول (به‌ترتیب ۹۹۱، ۱۰۰۷ و ۹۹۷ درجه-روز رشد) و در سال دوم (به‌ترتیب ۱۰۴۰،

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس صفات فنولوژیک تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی.

Table 4. Results of variance analysis for phenological traits under the influence of experimental treatments.

منابع تغییر SOV	درجه آزادی df	میانگین مربعات											
		ابتدای گلدهی		شروع کپسول دهی		۵۰٪ گلدهی		۵۰٪ کپسول دهی		۱۰۰٪ گلدهی		رسیدگی (۱۰۰٪)	
		Beginning of flowering	Start encapsulation	50% flowering	50% encapsulation	100% flowering	Maturity Φ (100%)	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Rep	3	2.05	3.02	2.05	2.36	1.83	2.06	1.91	2.71	2.38	2.40	26.3	7.9
Fertilizer (urea) levels (A)	2	5.06**	12.2**	5.06**	16.1**	6.89**	17.2**	10.02**	20.8**	9.89**	18.8**	61 ns	54**
Error 1	6	0.12	0.29	0.12	0.59	0.14	0.32	0.076	0.63	0.20	0.12	19.4	1.87
Cultivar (B)	3	76**	162**	0.76**	92**	113**	219**	81.8**	123**	121**	230**	46 ns	4.7 ns
(A×B)	6	0.14 ns	0.56 ns	0.14 ns	0.46 ns	0.23 ns	0.38 ns	0.52 ns	0.79 ns	0.62 ns	0.26 ns	18.1 ns	0.25 ns
Error (total)	27	0.39	0.48	0.39	0.49	0.47	0.61	0.35	0.71	0.50	0.68	19.7	1.82
Cv (%)		1.64	1.71	1.42	1.46	1.35	1.49	1.06	1.42	1.15	1.27	3.26	0.97

**، * و ns از لحاظ آماری در سطح ۱ و ۵ درصد دارای اختلاف آماری معنی‌دار و فاقد اختلاف آماری معنی‌دار هستند.

Φ: Considering green harvesting and the absence of a control cultivar for this trait, the degrees of freedom are $df(B)=2$, $df(A \times B)=4$ and $df(total)=18$.

ns and * have significant differences at the 1 and 5 percent levels of probability, respectively and ns no statistically significant differences.

Φ: Considering green harvesting and the absence of a control cultivar for this trait, the degrees of freedom are $df(B)=2$, $df(A \times B)=4$, and $df(total)=18$.

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات فنولوژیک برای سطوح کودی و ارقام طی دو سال اجرای آزمایش.

Table 5. Mean comparison of phenological traits for fertilizer and cultivars levels during two years of experimental implementation.

Experimental implementation:													
تیمار Treatment		ابتدای گلدهی		شروع کپسول		۵۰٪ گلدهی		۵۰٪ کپسول دهی		۱۰۰٪ گلدهی		رسیدگی (۱۰۰٪)	
		Beginning of flowering		دهی Start encapsulation		50% flowering		50% encapsulation		100% flowering		Maturity (100%)	
		2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022	2021	2022
Fertilizer levels	(A)	37.7 ^c	39.4 ^c	43.7 ^c	47.1 ^b	49.9 ^c	51.6 ^c	55.3 ^c	58.3 ^c	60.9 ^c	63.6 ^c	135.7 ^a	136.6 ^c
	(B)	38.3 ^b	40.3 ^b	44.3 ^b	48 ^b	50.6 ^b	52.4 ^b	56.3 ^b	59.4 ^b	61.6 ^b	64.3 ^b	136.7 ^a	138.8 ^b
	(C)	38.8 ^a	41.3 ^a	44.8 ^a	49.1 ^a	51.3 ^a	53.9 ^a	56.8 ^a	60.7 ^a	62.5 ^a	65.7 ^a	138.2 ^a	140.8 ^a
Cultivar	Mohajer	37.3 ^b	38.8 ^b	43.3 ^b	47 ^b	49.4 ^b	51.2 ^b	55.2 ^b	58.1 ^b	60.5 ^b	63.1 ^b	138.5 ^a	139.4 ^a
	Chamran	37.1 ^b	38.8 ^b	43.1 ^b	46.9 ^b	49.1 ^b	50.5 ^c	54.8 ^b	58.4 ^b	60.1 ^b	62.4 ^b	135.2 ^a	138.6 ^a
	Barkat	36.6 ^c	37.8 ^c	42.6 ^c	46 ^c	48.7 ^c	49.8 ^d	54.5 ^c	56.9 ^c	59.7 ^c	61.7 ^c	135 ^a	138.2 ^a
	Local Dezful	42 ^a	45.8 ^a	48 ^a	52.2 ^a	55.2 ^a	59 ^a	60 ^a	64.2 ^a	66.4 ^a	71.1 ^a	-	-

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال ۰/۰۵ دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

Means followed by the same letters in each column did not differ significantly at 0.05 probability level.

(A) 100 kg urea.ha⁻¹ (first year) & 150 kg urea.ha⁻¹ (second year); (B) 150 kg urea.ha⁻¹ (first year) & 200 kg urea.ha⁻¹ (second year); (C) 200 kg urea.ha⁻¹ (first year) & 250 kg urea.ha⁻¹ (second year)

گلدهی کامل از اثرات اصلی کود و رقم در هر دو سال آزمایش بود (جدول ۴). در سال اول آزمایش، میانگین تعداد روز تا گلدهی کامل در تیمار کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم اوره برابر با ۶۰/۹ روز بود که به طور معنی‌داری با سطوح ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم کود اوره (به ترتیب ۶۱/۶ و ۶۲/۵ روز) اختلاف آماری معنی‌داری داشت (جدول ۵). بر اساس نتایج حاصل در شرایط کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار، درجه-روز رشد دریافتی برابر با ۱۴۲۵ درجه-روز رشد بود درحالی که این صفت در شرایط کاربرد ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم به ترتیب به مقادیر ۱۴۲۹ و ۱۴۶۰ درجه-روز رشد افزایش یافت (جدول ۵). اثر رقم نیز نشان داد که رقم محلی دزفول با میانگین ۶۶/۴ روز ۱۵۴۰/۳ درجه-روز رشد (به طور معنی‌داری میانگین تعداد روز بیشتری تا گلدهی کامل نیاز داشت ولی بین ارقام مقاوم به ریزش اختلاف کمی وجود داشت (جدول ۶).

در سال دوم آزمایش نیز افزایش کود مصرفی به طور معنی‌داری تعداد روز تا گلدهی کامل را افزایش داد به طوری که کمترین تعداد روز تا ۱۰۰ درصد

در سال دوم آزمایش، مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد که در شرایط کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره رسیدن گیاهان به ۵۰ درصد کپسول‌دهی نیاز به ۵۸/۳ روز معادل ۱۳۴۰ درجه-روز رشد بود که تحت سطوح ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم کود اوره به ترتیب به ۵۹/۴ و ۶۰/۷ روز (به ترتیب معادل ۱۳۶۳ و ۱۴۰۶ درجه-روز رشد) افزایش یافت (جدول ۵) و از این نظر اختلاف آماری معنی‌داری در بین مقادیر مشاهده شد. همچنین در بین ارقام مورد بررسی رقم محلی دزفول با میانگین ۶۴/۲ روز معادل ۱۵۰۲ درجه-روز رشد نسبت به سایر ارقام، به تعداد روز بیشتری تا پنجاه درصد کپسول‌دهی نیاز داشت و از این نظر اختلاف معنی‌داری با سایر سطوح تیماری مشاهده گردید (جدول ۵). درمقابل ارقام مقاوم به ریزش دانه یعنی مهاجر، چمران و برکت به ترتیب با مقادیر ۱۳۱۴، ۱۳۵۰ و ۱۳۱۱ درجه-روز رشد میانگین تعداد روز رشد کمتری نسبت به رقم محلی دزفول نیاز داشتند (جدول ۵).

۱۰۰ درصد گلدهی: نتایج تجزیه واریانس صفات آزمایشی حاکی از تأثیرپذیری صفت تعداد روز تا

گلدهی مربوط به کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره (۶۳/۶) روز معادل ۱۴۷۶ درجه-روز رشد) و بیشترین تعداد روز مربوط به تیمار ۲۵۰ کیلوگرم کود اوره (۶۵/۷) روز معادل ۱۵۳۳ درجه-روز رشد) بود که از این نظر اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۴). در میان ارقام مورد بررسی نیز مشاهده شد که رقم محلی دزفول با ۷۱/۱ روز معادل ۱۶۷۲/۳ درجه-روز رشد نسبت به ارقام مقاوم به ریزش دانه تعداد روز بیشتری تا تکمیل گلدهی کامل نیاز داشت. کمترین تعداد روز تا گلدهی کامل مربوط به رقم برکت (۶۱/۷) روز معادل ۱۴۳۶/۱ درجه-روز رشد) بود (جدول ۵ و ۸).

رسیدگی کامل: با توجه به اینکه رقم محلی دزفول در مرحله‌ی رسیدگی فیزیولوژیک و به‌صورت سبز و ارقام مقاوم به ریزش دانه در مرحله‌ی رسیدگی کامل برداشت گردید، لذا تنها ارقام مقاوم به ریزش تا مرحله رسیدگی کامل در مزرعه باقی ماند که با یکدیگر مقایسه و مورد بررسی قرار گرفتند (جدول ۴). بر این اساس، نتایج تجزیه واریانس این صفت نشان داد که تعداد روز تا رسیدگی کامل، تنها در سال دوم و تحت تأثیر اثر اصلی کود اوره قرار گرفت (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین صفت رسیدگی کامل نشان داد که با افزایش مقدار کود اوره مصرفی از ۱۵۰ به ۲۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار، میانگین تعداد روز تا رسیدگی کامل از ۱۳۶/۶ (معادل ۳۱۰۶ درجه-روز رشد) به ۱۴۰/۸ روز (معادل ۳۱۷۰ درجه-روز رشد) افزایش یافت و از این نظر اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۶).

به طور کلی نتایج بررسی فنولوژی ارقام مختلف کنجد نشان داد که افزایش سطوح کود اوره مصرفی در هر دو سال آزمایش سبب طولانی شدن مراحل رشدی و تأخیر در تغییر فاز رشدی گیاه شد به طوری که در انتهای آزمایش، پایین‌ترین سطح کود اوره مصرفی (۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در سال اول و دوم آزمایش) کمترین زمان لازم را تا رسیدگی کامل نیاز داشت و بیشترین تعداد روز لازم تا این مرحله مربوط به سطوح بالای کود اوره (۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در سال اول و دوم آزمایش) بود. در این راستا کافمن و همکاران (۲۰۱۳) نیز بیان کردند که در شرایط مقادیر بالای نیتروژن، به دلیل رشد رویشی بیشتر، مراحل شروع و ۵۰ درصد گلدهی به تأخیر افتاد (۱۱). در بررسی ۱۳ دوز نیتروژن مصرفی (از ۱۸ تا ۱۵۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) بر خصوصیات فنولوژیک و عملکردی کنجد مشاهده شد که با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی، رشد رویشی گیاه افزایش معنی‌داری یافت که این افزایش طول دوره‌ی رویشی نهایتاً همراه با افزایش عملکرد محصول بود (۲۰). در پژوهش حاضر افزایش سطوح کود اوره مصرفی سبب طولانی شدن مراحل رشدی و تأخیر در تغییر فاز رشدی گیاه شد. در میان ارقام مورد بررسی، رقم محلی دزفول نسبت به ارقام مقاوم به ریزش دانه طول دوره‌ی رشد بیشتری را سپری کرد. در مقابل رقم کنجد برکت نیاز به تعداد روز کمتری جهت تکمیل مراحل رشدی داشت و نسبت به سایر ارقام از زودرسی بیشتری برخوردار بود.

ارزیابی فنولوژی و کارایی مصرف نیتروژن در ارقام... / رحیم نورآفتاب و همکاران

جدول ۶- درجه-روز رشد دریافتی در مراحل مختلف فنولوژیک ارقام مختلف کنگد تحت سطوح مختلف کود اوره طی دو سال آزمایش
Table 6. Growth degree day received in each growth stage of different sesame cultivars under different levels of urea fertilizer during two years of experiment.

سال ۱۴۰۰ (۲۰۲۱)						
تیمارها Treatments	ابتدای گلدهی Beginning of flowering	ابتدای کپسول دهی Start of encapsulation	۵۰٪ گلدهی 50% flowering	۵۰٪ کپسول دهی 50 % encapsulation	۱۰۰٪ گلدهی 100% flowering	رسیدگی (۱۰۰٪) Maturity (100%)
100 kg urea.ha-1	871	930	1165	1293	1425	2943
150 kg urea.ha-1	881	1028	1175	1315	1429	2995
200 kg urea.ha-1	898	1043	1193	1333	1460	2981
Mohajer	843.2	991.6	1131.8	1279.1	1398.7	2952.8
Chamran	860.3	1007.8	1147.9	1289.7	1411.7	2927.3
Barkat	849.2	997.6	1137.1	1273.7	1401.6	2920.9
Local Dezful	980.5	1004.6	1294.9	1411.7	1540.3*	-
سال ۱۴۰۱ (۲۰۲۲)						
150 kg urea.ha-1	894	1056	1182	1340	1476	3106
200 kg urea.ha-1	829	1088	1226	1363	1497	3127
250 kg urea.ha-1	933	1115	1232	1406	1533	3170
Mohajer	855.6	1040.7	1149.5	1314.2	1441.9	3089.8
Chamran	883.0	1078.6	1189.2	1350.8	1456.3	3091.7
Barkat	861.1	1040.5	1147.0	1311.4	1436.1	3069.0
Local Dezful	941.9	1186.1	1367.8	1502.5	1672.3	Φ

Φ: با توجه به برداشت سبز رقم محلی دزفول به روش رایج در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک به دلیل ریزش دانه در زمان خشک شدن کپسول، امکان برآورد درجه-روز رشد تا رسیدگی کامل برای این رقم فراهم نگردید.

Φ: Regarding the green harvesting of the local Dezful cultivar using the conventional method at the physiological maturity stage, it was not possible to estimate the growing degree days (GDD) until full maturity due to seed Shattering during capsule drying.

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس صفات عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی.
Table 7. Results of analysis of variance of yield traits and nitrogen use efficiency under the influence of experimental treatments.

میانگین مربعات					
SOV	df	عملکرد دانه		کارایی مصرف نیتروژن	
		Seed yield		nitrogen use efficiency	
		first year	second year	first year	second year
Rep	3	8315	2311	1.61	0.33
Fertilizer (urea) levels (A)	2	315867**	685843**	75.7 **	90.1 **
Error 1	6	1443	2326	0.36	0.38
Cultivar (C)	3	195083**	1706065**	47.03 **	227**
(A×C)	6	4807**	8096**	2.23**	9.43**
Error total	27	761	1417	0.19	0.20
Cv (%)		3.33	2.28	3.50	2.44

**، * و ns از لحاظ آماری در سطح ۱ و ۵ درصد دارای اختلاف آماری معنی دار و فاقد اختلاف آماری معنی دار هستند.

**، * and ns have significant differences at the 1 and 5 percent levels of probability, respectively and ns no statistically significant differences.

جدول ۸- مقایسه میانگین صفات عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن برای سطوح مختلف کودی و ارقام طی دو سال اجرای آزمایش.

Table 8. Mean comparison of seed yield and nitrogen use efficiency traits for different level of fertilizers during two years of experimental implementation.

Treatment		کارایی مصرف نیتروژن			
		عملکرد دانه		(کیلوگرم دانه به کیلوگرم نیتروژن مصرفی)	
		Nitrogen use efficiency (kg.kg ⁻¹ . ha ⁻¹)			
		first year	second year	first year	second year
Fertilizer levels	(A)	674.2 c	1435.1 c	14.7a	20.8a
	(B)	864.7 b	1652.8 b	12.5b	18b
	(C)	948.3 a	1849.0 a	10.3c	16.1c
Cultivar	Mohajer	924.5a	1953.4a	14.1a	21.8a
	Chamran	643.2d	1700.3c	9.7d	19c
	Barkat	852.3c	1828.4b	12.7c	20.4b
	Local Dezful	897.2b	1102.1d	13.6b	12d

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح احتمال ۰/۰۵ دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

Means followed by the same letters in each column did not differ significantly at 0.05 probability level.

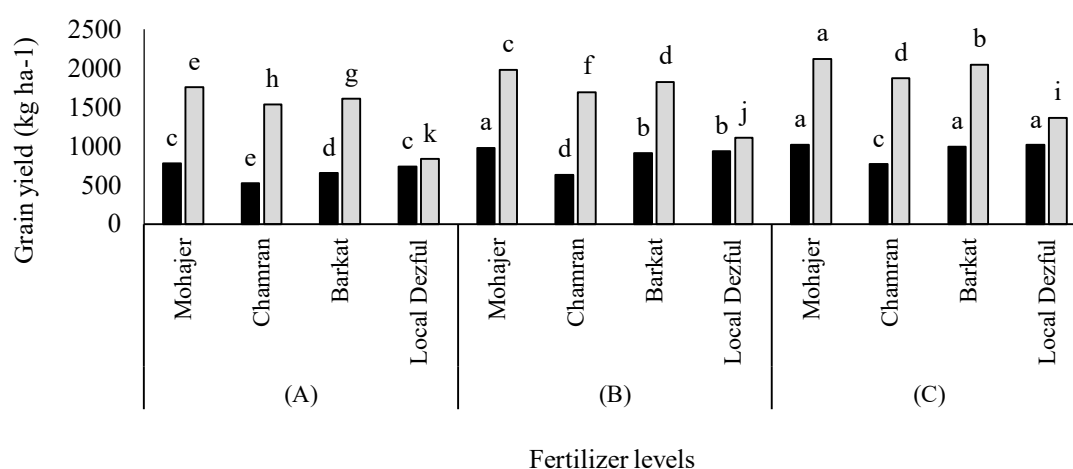
(A) 100 kg urea.ha⁻¹ (first year) & 150 kg urea.ha⁻¹ (second year); (B) 150 kg urea.ha⁻¹ (first year) & 200 kg urea.ha⁻¹ (second year); (C) 200 kg urea.ha⁻¹ (first year) & 250 kg urea.ha⁻¹ (second year).

است. بعلاوه شرایط آب و هوایی متفاوت طی دو سال اجرای آزمایش نیز ممکن است تاثیرگذار بوده باشد. به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش مقدار کود مصرفی منجر به بهبود عملکرد دانه ارقام مورد بررسی شد و از این نظر رقم مهاجر به ویژه در سال دوم آزمایشی توانست عملکرد دانه بالاتری نسبت به رقم محلی دزفول و سایر ارقام تجاری کنگد مقاوم به ریزش دانه داشته باشد. فراهمی بیشتر نیتروژن از طریق افزایش سرعت رشد گیاه، باعث افزایش شاخص سطح برگ و افزایش پوشش گیاه بر سطح زمین شده و منجر به افزایش دریافت تشعشع، افزایش تثبیت دی اکسید کربن و در نهایت افزایش عملکرد دانه می‌شود (۱۴). همچنین طی مطالعه‌ای در بررسی سطوح ۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بر عملکرد کمی و کیفی کنگد طی دو سال آزمایش، گزارش شد که تیمار کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، به واسطه افزایش فعالیت آنزیم‌های کلیدی متابولیسم نیتروژن در برگ‌های کنگد، افزایش محتوای اسیدهای آمینه آزاد، پروتئین‌های محلول، نیتروژن کل سبب افزایش عملکرد دانه و بهبود کیفیت کنگد شد.

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس صفات آزمایشی در هر دو سال آزمایش نشان داد که اثرات اصلی کود و رقم و برهمکنش کود در رقم در سطح یک درصد تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشتند (جدول ۷). مقایسه میانگین برهمکنش فاکتورهای آزمایشی در سال اول آزمایش نشان داد که میانگین عملکرد دانه ارقام کنگد مقاوم به ریزش دانه مهاجر و برکت و رقم محلی دزفول تحت شرایط کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم کود اوره به ترتیب برابر با ۱۰۱۶، ۹۹۳ و ۱۰۱۵ کیلوگرم در هکتار بود که با یکدیگر اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند ولی نسبت به سایر سطوح تیماری برتری معنی‌داری داشتند (جدول ۸). در سال دوم آزمایش نیز رقم مهاجر در شرایط کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم کود اوره بیشترین عملکرد دانه (۲۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) را داشت که به طور معنی‌داری نسبت به سایر سطوح تیماری برتری نشان داد و رقم برکت با میانگین ۲۰۴۳ کیلوگرم در این تیمار کودی در رتبه بعدی قرار گرفت (شکل ۲). دلیل تفاوت در عملکرد دانه طی دو سال اجرای آزمایش، تفاوت در میزان مصرف کود نیتروژن در هر سال و افزایش مقدار مصرف آن در سال دوم

۱۴۹۹ کیلوگرم در هکتار بود (۲۱).

براین اساس مشاهده شد که عملکرد دانه در دو سال آزمایش (۲۰۱۵ و ۲۰۱۶) به ترتیب برابر با ۱۴۵۶ و



شکل ۲- مقایسه میانگین صفت عملکرد دانه تحت برهمکنش کود اوره × رقم (ستون‌های تیره، سال اول و ستون‌های روشن، سال دوم)
Figure 2. Mean comparison of seed yield trait for interaction of Urea fertilizer × cultivar treatment (Dark columns: first year; light columns: second year)

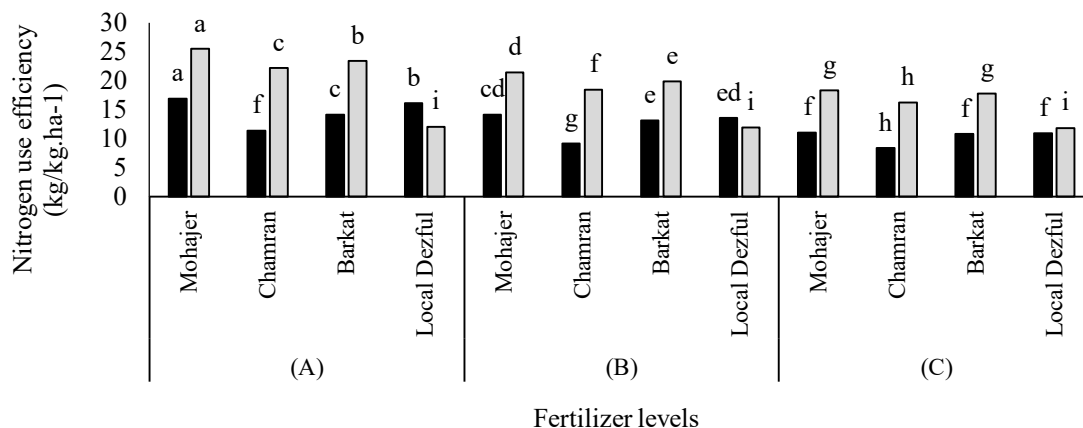
۴۶، ۶۹ و ۹۲ کیلوگرم نیتروژن خالص)، مقدار کارایی مصرف نیتروژن به ترتیب از ۱۴/۷ به ۱۲/۵ و ۱۰/۳ کیلوگرم دانه به ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی کاهش یافت. در میان ارقام مورد بررسی نیز رقم مهاجر با میانگین ۱۴/۱ کیلوگرم دانه به ازای هر کیلوگرم نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن بالاتری داشت (جدول ۸).

در سال دوم آزمایش نیز مشاهده شد که رقم مهاجر در شرایط کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره مصرفی (برابر با ۶۹ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص) بیشترین میانگین کارایی مصرف نیتروژن (۲۵/۵) کیلوگرم دانه به ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی را داشت. در مقابل کمترین مقدار کارایی مصرف نیتروژن مربوط به رقم محلی دزفول در شرایط کاربرد ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار (به ترتیب برابر با ۹۲ و ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن خالص) به ترتیب با مقادیر ۱۲ و ۱۱/۹ کیلوگرم دانه به ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی بود که با سایر سطوح تیماری اختلاف معنی‌داری داشتند (شکل ۳). به طور

کارایی زراعی مصرف نیتروژن: براساس نتایج تجزیه واریانس صفات آزمایشی، در هر دو سال آزمایش، اثرات اصلی کود و رقم و برهمکنش کود در رقم در سطح یک درصد، تأثیر معنی‌داری بر صفت کارایی مصرف نیتروژن داشتند (جدول ۷). بررسی نتایج مقایسه میانگین برهمکنش کود در رقم از نظر صفت کارایی مصرف نیتروژن در سال اول آزمایش نشان داد که بیشترین میانگین کارایی مصرف نیتروژن با میانگین ۱۶/۹ کیلوگرم دانه به ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی مربوط به رقم مهاجر در شرایط کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره مصرفی (۴۶ کیلوگرم نیتروژن خالص) بود که نسبت به سایر سطوح تیماری برتری معنی‌داری داشت. در مقابل کمترین مقدار کارایی مصرف نیتروژن (۸/۴) کیلوگرم دانه به ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی) مربوط به رقم چمران در شرایط کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار (۹۲ کیلوگرم نیتروژن خالص) بود (شکل ۳). به طور کلی نتایج نشان داد که با افزایش مقدار کود اوره مصرفی از ۱۰۰ به ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (به ترتیب برابر با

یافته‌های این پژوهش مطابقت داشت و بیشترین کارایی مصرف نیتروژن در هر دو سال آزمایش مربوط به سطوح پایین کود اوره مصرفی بود. هم‌راستا با این نتایج، حقانیان و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن در کنجد گزارش کردند که بیشترین کارایی مصرف نیتروژن (۵۲) کیلوگرم نیتروژن دانه بر کیلوگرم نیتروژن خاک) برای شاهد به دست آمد و با افزایش مصرف نیتروژن از صفر به ۵۰ کیلوگرم در هکتار، کارایی مصرف نیتروژن از ۵۲ کیلوگرم بر کیلوگرم به ۱۴ کیلوگرم بر کیلوگرم کاهش یافت (۲۴). همچنین با توجه به تأثیر مثبت نیتروژن بر افزایش میزان عملکرد دانه، توانایی متفاوت ارقام در استفاده بهینه از عناصر غذایی ارقام مهاجر و برکت توانستند کارایی بیشتری در مصرف کود نیتروژن نسبت به سایر ارقام در جذب و هدایت نیتروژن به منظور تولید عملکرد اقتصادی داشته باشند.

کلی نتایج نشان داد با افزایش مقدار کود اوره مصرفی از ۱۵۰ به ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم کود اوره مصرفی در هکتار (به ترتیب برابر با ۶۹، ۹۲ و ۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن خالص)، میانگین کارایی مصرف نیتروژن به ترتیب از ۲۰/۸ کیلوگرم دانه به ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی به مقادیر ۱۸ و ۱۶/۱ کیلوگرم دانه به ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی کاهش یافت و از این نظر با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند و این تأییدی بر نتایج سال اول بود. در بین ارقام مورد بررسی نیز رقم مهاجر و برکت بیشترین کارایی مصرف نیتروژن و رقم محلی دزفول کمترین میانگین کارایی مصرف نیتروژن را داشتند (شکل ۲). به طور کلی زمانی که گیاه به عناصر غذایی نیاز دارد، در برابر افزایش آن‌ها واکنش مثبت نشان می‌دهد و با رفع تدریجی نیاز گیاه، واکنش آن به مقادیر بیشتر کودی کمتر می‌شود، بنابراین کارایی مصرف عناصر غذایی با رفع نیاز گیاه کمتر می‌گردد (۲۳)، که این موضوع با



شکل ۳- مقایسه میانگین صفت کارایی مصرف نیتروژن تحت برهمکنش کود اوره × رقم (ستون‌های تیره، سال اول و ستون‌های روشن، سال دوم)
Figure 3- Mean comparison of nitrogen use efficiency trait for interaction of Urea fertilizer × cultivar treatment (Dark columns: first year; light columns: second year)

داشتند که یکی دیگر از ویژگی‌های مثبت این ارقام است. به علاوه ارقام کنجد مقاوم به ریزش دانه نیز از نظر مراحل مختلف فنولوژیک با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نشان دادند و در بین آنها رقم مهاجر نسبت به دو رقم دیگر درجه-روز رشد بیشتری تا رسیدگی

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که ارقام پیشرفته کنجد با ویژگی مهم مقاومت به ریزش دانه نسبت رقم شاهد زودرس تر بوده و به تعداد روز و درجه-روز رشد کمتری تا تکمیل مراحل رشدی نیاز

کاهش یافت. لذا با توجه صرفه‌جویی در هزینه اضافی در مصارف بیشتر کود اوره و همچنین به منظور کاهش آلودگی زیست محیطی، بر اساس نتایج حاصل از کارایی مصرف نیتروژن مصرف ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در زراعت ارقام کنجد مقاوم به ریزش دانه پیشنهاد می‌شود. در میان ارقام مورد بررسی نیز ارقام مقاوم به ریزش دانه مهاجر و برکت بیشترین کارایی مصرف نیتروژن را داشتند که حاکی از برتری این ارقام از نظر بهره‌برداری از کود مصرفی می‌باشد.

کامل دریافت کرد. از طرفی پاسخ ارقام مورد بررسی نسبت به مقدار نیتروژن مصرفی طی دو سال آزمایش متفاوت بود ولی به طور کلی با افزایش نیتروژن مصرفی، رسیدگی به تأخیر افتاد و طول دوره‌ی رشد گیاه افزایش یافت. همچنین مشخص شد که عملکرد ارقام مقاوم به ریزش دانه به ویژه رقم مهاجر و برکت به طور معنی‌داری بالاتر از سایر ارقام بود. نتایج هر دو سال اجرای آزمایش مبین آن بود که با افزایش مقدار کود اوره مصرفی، میانگین کارایی مصرف نیتروژن

References

1. Sawant, D.M., Alse, U.N., Asewar, B.V., & Khobragade, A.M. (2017). Phenological studies on *Sesamum (Sesamum indicum L.)* varieties under varied weather conditions. *Journal of Agriculture Research and Technology*, 42(3), 119-125.
2. Mostafavi, M.J., Nassiri Mahallati, M., & Koocheki, A. (2018). Growth and phenology analysis of sesame (*Sesamum indicum L.*) under biological and chemical nutritional sources. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 16(1), 15-34. [In Persian]. SID. <https://sid.ir/paper/380698/en>
3. Ladha, J., Tirol-Padre, A., Reddy, C.K., Cassman, K.G., Verma, S., Powlson, D.S., Van Kessel, C., Richter, D.D.B., Chakraborty, D., & Pathak, H. (2016). Global nitrogen budgets in cereals: A 50-year assessment for maize, rice, and wheat production systems. *Nature Science Reporter*, 6, 19355. <https://doi.org/10.1038/srep19355>
4. Harasim, E., Wesołowski, M., Kwiatkowski, C.A., & Cierpiał, R. (2016). Effect of retardants and nitrogen fertilization on winter wheat canopy structure. *Romanian Agricultural Research*, (33).
5. Kashani H., Shahab D., Kandhro M.N., Ahmed N., Saeed Z. & Nadeem A. 2016. Seed Yield and Oil Content of Sesame (*Sesamum indicum L.*) Genotypes in Response to Different Methods of Nitrogen Application. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(30), 1-5. Doi: 10.17485/ijst/2016/v9i30/89371.
6. Patel, H.K., Patel, R.M., Desai, C.K. & Patel, H.B. 2014. Response of summer sesame (*Sesamum indicum L.*) to different spacings and levels of nitrogen under north Gujarat condition. *International Journal of Agricultural Science*, 10(1), 336-343. Doi: 10.5555/20143192762.
7. Lemaire, G., Sinclair, T., Sadras, V., & Bélanger, G. (2019). Allometric approach to crop nutrition and implications for crop diagnosis and phenotyping: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 39(2), 27. <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0570-6>
8. Mohanty, S., Swain, C.K., Sethi, S.K., Dalai, P.C., Bhattacharyya, P., Kumar, A., Tripathi, R., Shahid, M., Panda, B.B., Kumar, U., Lal, B., Gautam, P., Munda, S., & Nayak, A.K. (2017). Crop establishment and nitrogen management affect greenhouse gas emission and biological activity in tropical rice production. *Ecological Engineering*, 104, 80-98. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.03.026>
9. Sidhu, M. S., Sikka, R., & Singh, T. (2004). Performance of transplanted Basmati rice in different cropping systems as affected by nitrogen application. *International Rice Research Notes*, 29(1), 63-65.
10. Gebregergis, Z., Baraki, F., & Teame, G. (2023). Optimizing nitrogen fertilizer use for sesame under rain-fed and irrigation conditions in Northern Ethiopia. *Oil Crop Science*, 8(4), 252-258.

11. Kaufman, R.C., Wilson, J.D., Bean, S.R., Presley, D.R., Blanco-Canqui, H., & Mikha, M. (2013). Effect of nitrogen fertilization and cover cropping systems on sorghum grain characteristics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(24), 5715-5719. <https://doi.org/10.1021/jf401087v>
12. Ali, A., Khan, N., Khan, R., Sohail, Z.U., Ali, M., Junaid, M., & Shah, J.A. (2017). Growth of sesame (*Sesamum indicum* L.) as affected by nitrogen and sulfur under semiarid climate. *Pure and Applied Biology (PAB)*, 6(1), 40-46.
13. Mirzakhani, M. (2019). Response of nitrogen use efficiency and agronomic characteristics of winter wheat to rate, time, and method of nitrogen application. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 50(2), 77-87. [In Persian]. <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2018.245329.654402>
14. Saboury, A., Gholamhoseini, M., Bazrafshan, F., Habibzadeh, F., & Amiri, B. (2022). Effect of irrigation and nitrogen fertilizer on yield, inputs use efficiency, and seed quality of sesame cultivars. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 53(2), 221-234. [In Persian]. <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2021.319665.654807>
15. Siahpoosh, M.R., NejadSadeghi, L., Siahpoosh, M.S., Sheidaie, S., Rezvani, E., & Sadeghi, H. (2024). Introduction and evaluation of agronomic features of commercial non-shattering (indehiscent) sesame cultivars named Barkat, Mohajer, Chamran, and Dezful. *Plant Production*, 46(4), 473-490. [In Persian]
16. Hack, H., Bleiholder, H., Buhr, L., Meier, U., Schnock-Fricke, U., Weber, E., & Witzenger, A. (1992). A uniform code for phenological growth stages of mono- and dicotyledonous plants: Extended BBCH scale, general.
17. Bhan, M., Patel, D., Walikar, L.D., Kumar, P.V., & Agrawal, K.K. (2019). Thermal and radiation environments for assessing crop-weather relationship of soybean in eastern Madhya Pradesh. *Journal of Agrometeorology*, 21(2), 141-147.
18. Meena, H.M., & Rao, A.S. (2013). Growing degree days requirement of sesame (*Sesamum indicum*) in relation to growth and phenological development in Western Rajasthan. *Current Advances in Agricultural Sciences (An International Journal)*, 5(1), 107-110.
19. Fan, X., Lin, F., & Kumar, D. (2004). Fertilization with a new type of coated urea: Evaluation for nitrogen efficiency and yield in winter wheat. *Journal of Plant Nutrition*, 25(1), 853-865.
20. Gebregergis, Z., Baraki, F., & Teame, G. (2023). Optimizing nitrogen fertilizer use for sesame under rain-fed and irrigation conditions in Northern Ethiopia. *Oil Crop Science*, 8(4), 252-258.
21. Li, C.M., Pei, X.Y., Zhang, H.Y., Gao, T.M., Li, F., Wang, L., & Wei, S.L. (2021). Effects of different nitrogen levels on nitrogen metabolism, yield, and quality of summer sesame. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 50(9), 63-70.
22. Poorebrahimi, M., Sirousmehr, A., Eshghizadeh, H., Asgharipour, M., & Khamari, I. (2018). Effect of different levels of nitrogen fertilizer on yield and agronomic characteristics of different corn (*Zea mays* L.) hybrids. *Journal of Crop Production and Processing*, 8(3), 37-49. [In Persian]. <https://doi.org/10.29252/jcpp.8.3.37>
23. Wiebold, B., & Scharf, P. (2006). Potassium deficiency symptoms in drought-stressed crops, plant stress resistance, and the impact of potassium application in south China. *Agronomy Journal*, 98, 1354-1359. <https://doi.org/10.2134/agronj2005.0323>
24. Haghanian, S., Yadavi, A., Balouchi, H.R. & Moradi, A. 2016. Grain, oil yield and nitrogen use efficiency in different varieties of sesame (*Sesamum indicum* L.) under nitrogen fertilizer and weed competition. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 26(1), 1. 67-81. [In Persian].