



Effects of seed coating and foliar spraying on yield, yield components and some physiological traits of two rainfed barley cultivars

Ali Rasaei¹ , Ramin Lotfi² & Rahman Rajabi¹

¹ Sararood Branch, Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kermanshah, Iran.

² Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran.

Corresponding author. E-mail: a.rasaei@areeo.ac.ir

ABSTRACT

Introduction: In most cases, the actual yield of the crop is lower than the potential yield due to management and technology weaknesses, and the difference between them is considered the yield gap. One of the important aspects effective in reducing the yield gap of rainfed cereals is optimal plant nutrition. The use of pretreatment technology with nutrients (seed coating) along with foliar spraying may be effective in mitigating the effects of moisture stress in rainfed conditions and improving plant establishment, growth and yield. The present experiment was conducted with the aim of seed coating of barley seeds along with foliar spraying of nutrients during the growth and development period as supplementary nutrition methods, along with research recommendations for basal fertilizers.

Materials and methods: The experiment was conducted during the 2023-2024 crop year, using a factorial design based on a randomized complete block design with three replications. The experimental treatments included the application of basic fertilizer, seed coating and foliar application combinations as follows: 1- no seed coating + basic fertilizer research recommendation, 2- seed coating + basic fertilizer research recommendation, 3- no seed coating + basic fertilizer research recommendation + foliar application and 4- seed coating + basic fertilizer research recommendation + foliar application on two barley varieties, Qaflan and Artan, which are suitable for cultivation in moderate cold temperate regions. The research recommendation for basic nitrogen fertilizer is 85 kg/ha of urea for rainfed barley, of which 65 kg/ha was applied in the fall as a substrate under the seedbed and 20 kg/ha at the earliest opportunity in March (depending on environmental conditions). Additionally, phosphorus fertilizer was not applied due to the presence of absorbable phosphorus, with an average concentration of 12.5 mg/kg.

Results: The results of the experiment showed that the effect of supplementary nutrition on grain yield, yield components, plant height, spike length, SPAD and NDVI was significant. Also, significant differences were observed between the two barley cultivars only in grain yield traits, thousand-grain weight, harvest index, SPAD and NDVI. The highest grain yield (2832 kg/ha), thousand-grain weight (43.9 g), spike number (292 spikes/m²) and spikelet number per spike (21 spikelets per spike) were obtained in the treatment of seed coating + basic fertilizer research recommendation + foliar spraying, and the lowest grain yield (1712 kg/ha), thousand-grain weight (35 g), spike number (179 spikes/m²) and spikelet number (18 spikelets per spike) were obtained in the treatment without seed coating + basic fertilizer research recommendation. For other traits, their highest and lowest values were also obtained in the two mentioned combinations.

Conclusion: In case of adequate rainfall during rapid growth and the stage of storing nutrients in vegetative organs, using seed coating and supplementary nutrition through foliar spraying achieved adequate yield per area under rainfed conditions.

Keywords: Seed Coating, Plant Establishment, Leaf Greenness, Normalized Difference Vegetation Index, Grain Yield.

Article Type: Research Article

Article history: Received: 31 Mar 2025, Revised: 11 May 2025, Accepted: 31 May 2025, Published online: 28 Jun 2025

Cite this article: Rasaei, A., Lotfi, R. & Rajabi, R. (2025). Effects of seed coating and foliar spraying on yield, yield components and some physiological traits of two rainfed barley cultivars. *Cereal Biotechnology and Biochemistry*, 4(2), 241-254. DOI: [10.22126/cbb.2025.12859.1119](https://doi.org/10.22126/cbb.2025.12859.1119)



© The Author(s).
doi [10.22126/cbb.2025.12859.1119](https://doi.org/10.22126/cbb.2025.12859.1119)

Publisher: Razi University



بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات

شاپا الکترونیکی: ۵۱۷۰-۲۷۸۳

Homepage: <https://cbb.razi.ac.ir>



بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات

اثرات بذرمال و محلول پاشی بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک دو رقم جو

دیم

علی رسائی^۱✉، رامین لطفی^۲ و رحمان رجبی^۱

^۱ معاونت سرارود، مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.

^۲ مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران.

✉ نویسنده مسئول. رایانامه: a.rasaei@areeo.ac.ir

چکیده

مقدمه: در اکثر موارد عملکرد واقعی گیاه به دلیل ضعف‌های مدیریتی و فناوری کمتر از عملکرد پتانسیل می‌باشد، که اختلاف بین این دو به‌عنوان خلاء عملکرد در نظر گرفته می‌شود. تغذیه بهینه گیاهی یکی از جنبه‌های مهم و موثر در کاهش خلاء عملکرد غلات دیم است. استفاده از فناوری پیش تیمار با عناصر غذایی (بذرمال) در کنار محلول پاشی ممکن است در تخفیف آسیب‌های تنش رطوبتی در شرایط دیم و بهبود استقرار گیاهان، رشد و عملکرد آن‌ها موثر باشد. آزمایش حاضر با هدف بذرمال کردن بذور جو همراه با محلول پاشی مواد مغذی در طول دوره رشد و نمو به‌عنوان شیوه‌های تغذیه‌ای تکمیلی به‌همراه توصیه‌های تحقیقاتی کودهای پایه اجرا شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش در سال زراعی ۱۴۰۲-۴۰۳، به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل کاربرد ترکیبات تغذیه کودهای پایه، بذرمال و محلول پاشی به‌صورت ۱- بدون بذرمال + توصیه تحقیقاتی کودهای پایه، ۲- بذرمال + توصیه تحقیقاتی کودهای پایه، ۳- بدون بذرمال + توصیه تحقیقاتی کودهای پایه + محلول پاشی و ۴- بذرمال + توصیه تحقیقاتی کودهای پایه + محلول پاشی بر دو رقم جو قافلان و آرتان که مناسب کشت در مناطق معتدل سرد هستند استفاده شد. توصیه تحقیقاتی کود پایه نیترژن ۸۵ کیلوگرم در هکتار اوره برای جو دیم است که ۶۵ کیلوگرم در هکتار آن در پائیز به صورت جایگذاری در زیر بستر بذر و ۲۰ کیلوگرم در هکتار در اولین فرصت در اسفند ماه (بسته به شرایط محیطی) مصرف شد. همچنین کود فسفر به دلیل وجود فسفر قابل جذب با مقدار متوسط ۱۲/۵ میلی گرم در کیلوگرم استفاده نشد.

یافته‌ها: نتایج آزمایش نشان داد اثر تغذیه تکمیلی بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد، ارتفاع بوته، طول سنبله و میزان سبزی‌نگی و NDVI معنی‌دار بود. همچنین بین دو رقم جو تفاوت معنی‌دار فقط در صفات عملکرد دانه، وزن هزار دانه، شاخص برداشت و میزان سبزی‌نگی و NDVI دیده شد. بیشترین میزان عملکرد دانه (۲۸۳۲) کیلوگرم در هکتار، وزن هزار دانه (۴۳/۹ گرم)، تعداد سنبله (۲۹۲ سنبله در مترمربع) و تعداد سنبلچه در سنبله (۲۱ سنبلچه در سنبله) در تیمار بذرمال + توصیه تحقیقاتی کودهای پایه + محلول پاشی به‌دست آمد و کمترین میزان عملکرد دانه (۱۷۱۲) کیلوگرم در هکتار، وزن هزار دانه (۳۵ گرم)، تعداد سنبله (۱۷۹ سنبله در مترمربع) و تعداد سنبلچه (۱۸) سنبلچه در سنبله) مربوط به تیمار بدون بذرمال + توصیه تحقیقاتی کودهای پایه بود. برای سایر صفات نیز بیشترین و کمترین مقادیر آن‌ها در دو ترکیب مذکور به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: در صورت بارندگی مناسب در زمان رشد سریع و مرحله ذخیره مواد غذایی در اندام‌های رویشی با استفاده از تغذیه تکمیلی بذرمال و محلول پاشی به عملکرد مناسب در واحد سطح در شرایط دیم دست یافت.

واژه‌های کلیدی: بذرمال، استقرار گیاه، سبزی‌نگی برگ، شاخص نرمال شده گیاهی، عملکرد دانه.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

نوع مقاله: دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۱۱ **اصلاح:** ۱۴۰۴/۰۲/۲۱ **پذیرش:** ۱۴۰۴/۰۳/۱۰ **انتشار آنلاین:** ۱۴۰۴/۰۴/۰۷

استناد: رسائی، ع، لطفی، ر. و رجبی، ر. (۱۴۰۴). اثرات بذرمال و محلول پاشی بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک دو رقم جو دیم. *بیوتکنولوژی و*

بیوشیمی غلات، ۴(۲)، ۲۴۱-۲۵۴. DOI: [10.22126/cbb.2025.12859.1119](https://doi.org/10.22126/cbb.2025.12859.1119)



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه رازی

مقدمه

جو (*Hordeum vulgare* L.)، چهارمین غله مهم جهان بعد از ذرت، گندم و برنج از لحاظ سطح زیر کشت و عملکرد دانه است و یکی از قدیمی‌ترین محصولات زراعی می‌باشد که از دیرباز برای تغذیه انسان و دام کشت شده است. با اینکه اهمیت جو به‌عنوان یک منبع تغذیه‌ای اساسی نسبت به گذشته کاهش یافته است اما با توجه به قابلیت زراعت آن در طیف گسترده‌ای از شرایط اقلیمی، یک محصول راهبردی در امنیت غذایی به‌ویژه برای مکان‌هایی که رشد سایر غلات با چالش روبرو هستند می‌باشد. تولید این محصول در جهان حدود ۱۴۲/۶ میلیون تن می‌باشد که تقریباً ۶۵ درصد آن برای خوراک حیوانات و نزدیک به ۵ درصد به‌طور مستقیم در تغذیه انسان نقش دارد. مابقی نیز برای سایر مصارف بکار می‌رود (Badea & Wijekoon, 2021; Newton *et al.*, 2011). در کشور ایران نیز بین پنج محصول اول تولید شده جو بعد از گندم با سهم ۱۵/۲۲ درصد از سطح زیر کشت محصولات و ۱۳/۴۵ درصد از تولید، دومین رتبه را به خود اختصاص داده است. استان کرمانشاه دارای ۸۲۸۲۴۱ هکتار اراضی زراعی می‌باشد که ۲۰۳۷۳۱ هکتار آن آبی و حدود ۶۲۴۵۱۰ هکتار به‌صورت دیم است. از این مقدار حدود ۱۱۲ هزار هکتار جو دیم با متوسط عملکرد حدود ۱۶۸۵ کیلوگرم در هکتار کاشت می‌شود. آمار مذکور نشان

دهنده اهمیت جو دیم در این استان است

(Agricultural Statistics, 2022-2023).

افزایش تقاضای جهانی برای مواد غذایی، همزمان با محدودیت اراضی مستعد و قابل کشت، پژوهشگران بخش کشاورزی را با چالش‌های بزرگی روبرو ساخته است. در چنین شرایطی که توسعه افقی اراضی کشاورزی عملاً امکان‌پذیر نیست، ارتقای عملکرد در واحد سطح به‌عنوان اصلی‌ترین راهبرد مطرح می‌شود (Foley *et al.*, 2011). یکی از ابزارهای کلیدی در این مسیر، استفاده از مدیریت تغذیه‌ای مناسب و به‌کارگیری روش‌های نوین تأمین عناصر غذایی است (Marschner, 2012). تغذیه صحیح گیاه نه‌تنها به معنای فراهم بودن هر عنصر به مقدار کافی است، بلکه ایجاد تعادل و رعایت نسبت بین عناصر غذایی اهمیت ویژه‌ای دارد؛ زیرا در صورت بروز عدم تعادل، افزودن یک عنصر غذایی می‌تواند به جای افزایش عملکرد، موجب کاهش رشد و افت کیفیت محصول شود (Fageria *et al.*, 2011). در همین راستا، روش‌هایی مانند بذر مال کردن (seed coating) و محلول‌پاشی (foliar feeding)، به‌عنوان دو راهکار مهم و کارآمد در کشاورزی نوین مطرح شده‌اند. این روش‌ها با تأمین سریع و هدفمند عناصر غذایی در مراحل حساس رشد، نقش بسزایی در افزایش سرعت استقرار گیاهچه، بهبود شاخص‌های رشدی، ارتقای کیفیت فیزیولوژیک و در نهایت افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات

برگ و توسعه سطح فتوسنتزی، کارایی این روش نیز بیشتر می شود (Bana et al., 2022).

هدف از اجرای این آزمایش بررسی اثرات تغذیه تکمیلی به شیوه بذرمال و محلول پاشی به همراه کاربرد کودهای پایه (براساس توصیه تحقیقاتی) بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک دو رقم جو در شرایط دیم در کرمانشاه بود.

مواد و روش ها

به منظور بررسی اثرات تغذیه تکمیلی در جو دیم با رویکرد استفاده از بذرمال و محلول پاشی در کنار تغذیه پایه این محصول، در مزرعه تحقیقاتی معاونت موسسه تحقیقات کشاورزی دیم سرارود کرمانشاه با طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۱۹ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی، ارتفاع از سطح دریا ۱۳۵۲ متر با آب و هوای سرد و معتدل در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲، به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. عامل اول شامل کاربرد ترکیبات تغذیه کودهای پایه، بذرمال و محلول پاشی در چهار سطح به صورت ۱- بدون بذرمال + توصیه تحقیقاتی کودهای پایه، ۲- بذرمال + توصیه تحقیقاتی کودهای پایه، ۳- بدون بذرمال + توصیه تحقیقاتی کودهای پایه + محلول پاشی و ۴- بذرمال + توصیه تحقیقاتی کودهای پایه + محلول پاشی و عامل دوم دو رقم جو قافلان و آرتان که

زراعی دارند (Bana et al., 2022; Javed et al., 2024; Stadnik et al., 2024). بررسی های علمی متعدد نشان داده است که کاربرد بهینه این روش ها در محصولاتی مانند جو، می تواند کارایی مصرف عناصر غذایی را افزایش داده و نیاز به مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی را کاهش دهد (Usmanova et al., 2024; Mathew & Puthur, 2021). کاربرد خاکی کودها در شرایطی که آب قابل دسترس محدود است، همواره منجر به افزایش جذب و انتقال عناصر غذایی به اندام های هوایی گیاه نمی شود. در چنین شرایطی، افزودن کودهای شیمیایی به خاک علاوه بر کاهش کارایی، می تواند موجب افزایش شوری محلول خاک و بروز تنش بیشتر در گیاه گردد (Fageria et al., 2011). در مقابل، استفاده از روش محلول پاشی برگی در این شرایط روشی مؤثرتر برای بهبود وضعیت تغذیه ای گیاه به شمار می آید؛ زیرا جذب عناصر غذایی به طور مستقیم از طریق اندام های هوایی انجام می گیرد و اثرات منفی افزایش شوری خاک حذف می شود (Fernández & Brown, 2013). موفقیت محلول پاشی وابسته به ظرفیت جذب و میزان نفوذ محلول به برگ است. این روش تا حدودی می تواند کمبود جذب عناصر غذایی از طریق ریشه را جبران نماید (Fernández et al., 2015). در مجموع، اثر بخشی محلول پاشی به سطح اندام های جذب کننده (برگ ها) بستگی دارد، به طوری که با افزایش سطح

مناسب کشت در مناطق معتدل سرد هستند، (Ahakpaz Karkaji et al., 2024) بودند. تیمار توصیه تحقیقاتی کود پایه نیتروژن به صورت ۶۰ درصد پاییز و ۴۰ درصد به صورت سرک همراه با بارندگی‌های بهار بود که ۶۵ کیلوگرم در هکتار در پاییز به صورت جایگذاری در زیر بستر بذر و ۲۰ کیلوگرم در هکتار در اولین فرصت در اسفند ماه (بسته به شرایط محیطی) برای جبران خسارت سرما و تحریک پنجه‌زنی مصرف شد. همچنین کود فسفر به دلیل وجود فسفر قابل جذب با مقدار متوسط ۱۲/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم براساس مقادیر جدول ۱ (جبران کمبود از ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) مورد نیاز جو دیم و مطابق دستورالعمل موسسه تحقیقات کشاورزی دیم استفاده نشد (AREEO, 2022). بذرمال ترکیب هیومیک اسید ۱۲ درصد + فولویک اسید ۳ درصد + پتاسیم ۸ درصد به میزان نیم لیتر برای ۱۰۰ کیلوگرم بذر بود. برای محلول‌پاشی نیز همین ترکیب برای کرمانشاه که امکان تولید عملکرد دانه بالای ۲ تن در هکتار را دارد، به میزان ۳ لیتر در هکتار به صورت یک لیتر در هکتار در مرحله پنجه زنی، یک لیتر در هکتار در مرحله رشد طولی ساقه و یک لیتر در هکتار در مرحله ۷ روز بعد از گلدهی بود. اندازه هر کرت آزمایشی ۵۰ متر مربع (۵×۱۰ متر)، فاصله بین واحدهای آزمایشی در داخل بلوک‌ها نیم و فاصله بین

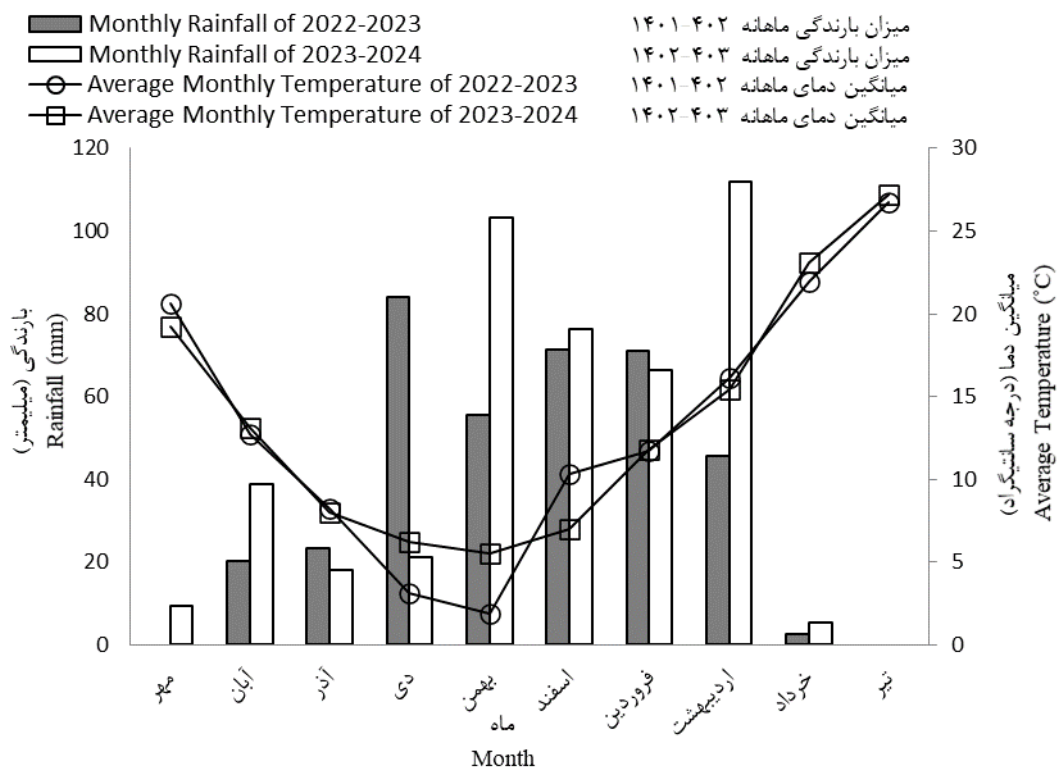
یک و نیم متر در نظر گرفته شد. محلول‌پاشی در هوای آرام (سرعت باد کم‌تر از هشت کیلومتر در ساعت) و خنک قبل از ساعت نه صبح انجام گرفت. برای عملیات خاک‌ورزی از گاوآهن قلمی مجهز به غلتک استفاده شد. کاشت جو به کمک کارنده مناسب برای دیم و مجهز به سیستم جایگذاری کود (آسکه مدل ۲۲۰۰، ۱۳ ردیفه با فاصله ردیف ۱۷/۵ سانتی‌متر) به صورت ردیفی با تراکم ۴۰۰ دانه در مترمربع در سیستم تناوبی آیش-جو با عمق حدود ۴ تا ۵ سانتی متر انجام گرفت. قبل از اجرای آزمایش نمونه خاکی به روش مرکب (۵ الی ۸ نمونه) از عمق ۰-۲۵ سانتی‌متری تهیه گردید. نتایج آن در جدول ۱ گزارش شده است. میزان مواد آلی آن کم، فسفر قابل جذب متوسط و بیش از حد بحرانی (۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و پتاسیم قابل جذب آن بیش از حد بحرانی (۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) مورد نیاز برای جو دیم بود (جدول ۱).

تغییرات بارندگی و دمای سال زراعی اجرای آزمایش در مقایسه با وضعیت سال زراعی قبل (۱۴۰۱-۱۴۰۲) در شکل ۱ نشان داده شده است. به دلیل افزایش بارندگی‌های مؤثر در فصل بهار مصرف کود سرک در کرمانشاه امکان‌پذیر بود.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Physical and chemical characteristics of soil

عمق خاک (سانتی‌متر) Depth of soil (cm)	بافت Texture	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS/m)	اسیدیته pH	منگنز Mn	مس Cu	روی Zn	آهن Fe	فسفر P	پتاسیم K	کربن آلی (درصد) OC (%)
0-25	سیلتی کلی لوم Silty clay loam	0.55	7.6	16.2	1.4	0.5	6.9	12.5	465	0.70



شکل ۱- میزان بارندگی (میلی‌متر) و میانگین دمای ماهیانه (درجه سانتی‌گراد) سال اجرای آزمایش (۱۴۰۳-۱۴۰۲).

Figure 1- Rainfall (mm) and average monthly temperature (°C) of the year of the experiment (2023-2024).

یکنواخت به صورت تصادفی به طول یک متر در هر کرت) اندازه‌گیری شد. برای تعداد دانه در سنبله، تعداد ۳۰ بوته به صورت تصادفی از هر کرت انتخاب و تعداد دانه در بوته محاسبه شد. در زمان برداشت دو

کلیه عملیات داشت از قبیل مدیریت آفات و علف‌های هرز انجام شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک گیاه، صفات ارتفاع گیاه (میانگین ۱۰ مشاهده در هر تیمار)، تعداد سنبله در مترمربع (شمارش پنج ردیف کاشت

نمونه به ابعاد یک مترمربع برداشت و پس از توزین عملکرد بیولوژیک به دست آمد. عملکرد دانه از برداشت کل محصول هر کرت با کمباین آزمایشی و سپس توزین بذور محاسبه شد. از هر کرت دو نمونه هزارتایی بذر شمارش و وزن شد و میانگین آن‌ها برای وزن هزار دانه هر کرت در نظر گرفته شد. عملکرد کاه از تفاضل عملکرد دانه از عملکرد بیولوژیک بر حسب کیلوگرم در هکتار به دست آمد. یک هفته بعد از آخرین مرحله محلول پاشی صفات شاخص کلروفیل برگ با دستگاه اسپد (SPAD) و شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی^۱ (NDVI) با دستگاه گرین سیکر (Green Seeker) اندازه‌گیری شد. پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین به کمک نرم افزار SAS 9.1 انجام گرفت. مقایسات میانگین داده‌ها براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تغذیه تکمیلی:

نتایج تجزیه واریانس صفات (جدول ۲)، نشان داد اثر تغذیه تکمیلی (محلول پاشی و بذرمال) بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد کاه، تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد سنبلچه در سنبله، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، ارتفاع بوته، طول سنبله، میزان سبزی‌نگی و NDVI معنی‌دار بود (جدول ۲). در

تمامی صفات یادشده بیشترین میانگین به دست آمده به تغذیه تکمیلی بذرمال+ توصیه تحقیقاتی کودهای پایه+ محلول پاشی مربوط بود و کمترین میانگین نیز از پایه بدون بذر مال+ توصیه تحقیقاتی کودهای پایه به دست آمد (جدول ۳). برای عملکرد دانه بیشترین میانگین با مقدار ۲۸۳۲ کیلوگرم در هکتار مربوط به سطح بذرمال+ توصیه تحقیقاتی کودهای پایه+ محلول پاشی بود و کمترین آن در سطح بدون بذرمال+ توصیه تحقیقاتی کودهای پایه با میانگین ۱۷۱۲ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۳). به همین ترتیب بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک با میانگین ۶۸۰۳ کیلوگرم در هکتار، عملکرد کاه ۳۹۷۱ کیلوگرم در هکتار، وزن هزار دانه ۴۳/۹ گرم، تعداد سنبله در مترمربع ۲۹۳ عدد، تعداد سنبلچه در سنبله ۲۱ عدد، ارتفاع بوته ۸۴ سانتی‌متر، شاخص برداشت ۲۴ درصد، میزان سبزی‌نگی ۴۲ و NDVI ۰/۷ مانند عملکرد دانه در تیمار بذرمال+ توصیه تحقیقاتی کودهای پایه+ محلول پاشی حاصل شد که تفاوت معنی‌دار با مقادیر میانگین صفات مذکور در تیمار بدون بذرمال+ توصیه تحقیقاتی کودهای پایه داشتند. همچنین بجز صفات عملکرد بیولوژیک و عملکرد کاه برای بقیه صفات میانگین‌های به دست آمده در تیمار بذرمال+ توصیه تحقیقاتی کودهای پایه بیشتر از میانگین‌های آن‌ها در تیمار بدون بذرمال+ توصیه تحقیقاتی کودهای پایه+ محلول پاشی بود (جدول ۲).

¹ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

ارقام:

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر رقم بر صفات عملکرد دانه، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، میزان سبزینگی و NDVI معنی دار بود و برای سایر صفات اثر رقم معنی دار نبود (جدول ۲). به طوری که بیشترین میزان عملکرد دانه با میانگین (۲۴۵۶) کیلوگرم در هکتار، وزن هزار دانه (۴۲ گرم)، شاخص برداشت (۲۲/۵ درصد)، میزان سبزینگی (۳۹) و میزان NDVI (۰/۶۵) به رقم قافلان مربوط بود (جدول ۴). اثر متقابل تغذیه تکمیلی × رقم بر هیچ یک از صفات اندازه گیری شده در آزمایش معنی دار نبود (جدول ۲).

نتایج تحقیقات نشان می دهند بذر مال کردن بذور جو در شرایط تنش رطوبت با پلیمر فوق جاذب آب همراه با قارچ کش کارایی قارچ کش را کاهش نمی دهد و در شرایط خشکی می تواند رطوبت موضعی اطراف بذر را بهتر نگه دارد، سرعت سبز شدن و یکنواختی افزایش دهد و شاخص های اولیه سلامت گیاهچه (طول ریشه/ساقه چه و درصد سبز شدن) بهبود بخشد. بنابراین می تواند به بهبود استقرار بوته کمک کند که در نهایت می تواند عملکرد را تثبیت کند (Gubišová et al., 2024). همچنین پوشش بذر با بیوپلیمرهایی که همراه با میکروارگانیسم های مفید (قارچ های مفید) روی بذور جو اعمال شدند باعث افزایش درصد

جوانه زنی، یکنواختی سبز شدن و بهبود تداوم رشد رویشی شدند؛ به طوری که بیماری های اولیه کاهش یافته و در نتیجه تراکم بوته و عملکرد دانه نیز افزایش یافت. از دیگر اثرات مثبت آن، افزایش شاخص های سلامت مانند افزایش محتوای کلروفیل، آنتی اکسیدان های غیر فعال/فعال، و بهبود تعامل ریشه-میکروارگانیسم است که جذب عناصر غذایی را تسهیل می کند (Usmanova et al., 2024). محلول پاشی برگ با اسید سالیسیلیک (SA) در سه مرحله رشد و نمو سه رقم جو نشان داد محلول پاشی اسید سالیسیلیک در مرحله پایان پنجه زنی در شرایط تنش آبی توانست برخی پارامترهای فیزیولوژیک را بهبود دهد که شامل افزایش محتوای کلروفیل، افزایش پروتئین های دفاعی و فعالیت آنتی اکسیدانی، کاهش نشانه های استرس اکسیداتیو بود که موجب افزایش وزن هزار دانه و عملکرد دانه جو شد (Shoaa et al., 2024). محلول پاشی نیتروژن (در غلظت های مختلف، در مراحل پنجه زنی و ساقه رفتن جو به طور قابل توجهی موجب افزایش ارتفاع گیاه، بهبود جذب نیتروژن، بهبود شاخص های رشدی، افزایش تعداد سنبله در واحد سطح (افزایش پنجه های بارور)، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و افزایش محتوای پروتئین دانه نسبت به شاهد شد (Khaskheli et al., 2018).

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک دو رقم جو دیم تحت تیمارهای تغذیه تکمیلی

Table 2- Analysis of variance of yield, yield components and some physiological traits of two rainfed barley cultivars under supplementary nutrition treatments

منابع تغییرات S. O. V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)										NDVI
		عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد کاه Straw yield	وزن هزار دانه TKW	تعداد سنبله در واحد سطح NO. spike/m ²	تعداد سنبله در سنبله NO. spikelet/spike	ارتفاع بوته Plant height	شاخص برداشت Harvest Index	طول سنبله Spike length	میزان سبزی‌نگی SPAD	
تکرار Replication	2	366858.3 ^{ns}	2906.1 ^{ns}	231908.3 ^{ns}	4.9 ^{ns}	515.4 ^{ns}	1.2 ^{ns}	11.5 ^{ns}	1.2 ^{ns}	0.05 ^{ns}	2.5 ^{ns}	0.002 ^{ns}
تغذیه تکمیلی Supplementary nutrition (S)	3	4668468.1 ^{**}	1254400.5 ^{**}	1168322.4 ^{**}	81.8 [*]	12897.9 ^{**}	14.0 [*]	815.3 ^{**}	35.4 ^{**}	1.3 [*]	165.6 ^{**}	0.04 ^{**}
رقم Cultivar (C)	1	1845930.7 ^{ns}	735000.0 [*]	250104.2 ^{ns}	109.2 [*]	7920.7 ^{ns}	15.0 ^{ns}	368.2 ^{ns}	27.5 ^{**}	0.9 ^{ns}	88.2 [*]	0.03 [*]
تغذیه تکمیلی × رقم S×C	3	61400.8 ^{ns}	21736.8 ^{ns}	12277.9 ^{ns}	2.1 ^{ns}	253.9 ^{ns}	0.2 ^{ns}	57.2 ^{ns}	0.5 ^{ns}	0.007 ^{ns}	8.3 ^{ns}	0.001 ^{ns}
خطا Error	14	496595.3	152273.6	146010.4	22.8	1753.4	3.4	82.2	5.6	0.3	18.9	0.004
ضریب تغییرات CV (%)	-	12.50	17.10	11.39	11.79	17.67	9.10	12.36	11.06	11.30	11.62	10.73

ns, *, ** به ترتیب بیانگر تفاوت غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

ns, *, ** non-significant and significant at 5% and 1% probability level, respectively.

TKW: 1000 Kernel Weight NDVI: Normalized Difference Vegetation Index

Supplementary nutrition treatments: 1- no seed coating + basic fertilizer research recommendation, 2- seed coating + basic fertilizer research recommendation, 3- no seed coating + basic fertilizer research recommendation + foliar application and 4- seed coating + basic fertilizer research recommendation + foliar application

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک دو رقم جو دیم تحت تیمارهای تغذیه تکمیلی

Table 3- Mean Comparison of yield, yield components and some physiological traits of two rainfed barley cultivars under supplementary nutrition treatments

تغذیه تکمیلی Supplementary nutrition	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg/ha)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg/ha)	عملکرد کاه (کیلوگرم در هکتار) Straw yield (kg/ha)	وزن هزار دانه (گرم) TKW (g)	تعداد سنبله در واحد سطح NO. spike/m ²	تعداد سنبله در سنبله NO. spikelet/spike	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)	شاخص برداشت (درصد) Harvest Index (%)	طول سنبله (سانتی متر) Spike Length (cm)	میزان سبزیگی SPAD	NDVI
1	4668.7 ^c	1712.7 ^c	2955.8 ^b	35.4 ^b	179.2 ^c	18.0 ^b	59.6 ^b	18.2 ^b	4.1 ^c	31.2 ^b	0.53 ^b
2	5447.8 ^{bc}	2305.2 ^b	3142.5 ^b	42.1 ^a	239.3 ^b	21.1 ^a	82.0 ^a	22.1 ^a	4.8 ^{ab}	41.3 ^a	0.68 ^a
3	5629.3 ^b	2277.2 ^c	3351.8 ^b	40.4 ^{ab}	236.8 ^b	20.1 ^{ab}	67.9 ^b	21.7 ^a	4.3 ^{bc}	35.0 ^b	0.56 ^b
4	6803.5 ^a	2832.0 ^a	3971.2 ^a	43.9 ^a	292.7 ^a	21.4 ^a	84.0 ^a	24.0 ^a	5.1 ^a	42.2 ^a	0.70 ^a
LSD5%	872.62	483.21	473.17	5.90	51.85	2.26	11.23	2.94	0.64	5.38	0.08

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار با یکدیگر ندارند.

Means followed by the same letter within a column are not significantly different according to the least significant difference (LSD) test at 5% probability level.

TKW: Thousand Kernel Weight NDVI: Normalized Difference Vegetation Index

no seed coating + basic fertilizer research recommendation, 2- seed coating + basic fertilizer research recommendation, 3- no seed coating + basic fertilizer research recommendation + foliar application and 4- seed coating + basic fertilizer research recommendation + foliar application

جدول ۴- مقایسه میانگین برخی صفات زراعی و فیزیولوژیک دو رقم جو دیم

Table 4- Mean Comparison of some agronomic and physiological traits of two rainfed barley cultivars

مرحله رشد GrowthStage	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg/ha)	وزن هزار دانه (گرم) TKW (g)	شاخص برداشت (درصد) Harvest Index (%)	میزان سبزیگی SPAD	NDVI
قافلان Qaflan	2456.8	42.6	22.5	39.3	0.65
آرتان Artan	2106.8	38.3	20.4	35.5	0.58
LSD5%	341.6	4.1	2.0	3.8	0.05

TKW: Thousand Kernel Weight NDVI: Normalized Difference Vegetation Index

تسهیل می‌کند (Usmanova et al., 2024).

محلول‌پاشی برگ‌گی با اسید سالیسیلیک (SA) در سه مرحله رشد و نمو سه رقم جو نشان داد محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در مرحله پایان پنجه‌زنی در شرایط تنش آبی توانست برخی پارامترهای فیزیولوژیک را بهبود دهد که شامل افزایش محتوای کلروفیل، افزایش پروتئین‌های دفاعی و فعالیت آن‌تی‌اکسیدانی، کاهش نشانه‌های استرس اکسیداتیو بود که موجب افزایش وزن هزار دانه و عملکرد دانه جو شد (Shoaa et al., 2024). محلول‌پاشی نیتروژن (در غلظت‌های مختلف، در مراحل پنجه‌زنی و ساقه‌رفتن جو به‌طور قابل توجهی موجب افزایش ارتفاع گیاه، بهبود جذب نیتروژن، بهبود شاخص‌های رشدی، افزایش تعداد سنبله در واحد سطح (افزایش پنجه‌های بارور)، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و افزایش محتوای پروتئین دانه نسبت به شاهد شد (Khaskheli et al., 2018).

در آزمایش حاضر نیز، میزان بارندگی در سال اجرای آزمایش یعنی سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ در ایستگاه

نتایج تحقیقات نشان می‌دهند بذر مال کردن بذور جو در شرایط تنش رطوبت با پلیمر فوق جاذب آب همراه با قارچ کش کارایی قارچ‌کش را کاهش نمی‌دهد و در شرایط خشکی می‌تواند رطوبت موضعی اطراف بذر را بهتر نگه دارد، سرعت سبز شدن و یکنواختی افزایش دهد و شاخص‌های اولیه سلامت گیاهچه (طول ریشه/ساقه‌چه و درصد سبز شدن) بهبود بخشد. بنابراین می‌تواند به بهبود استقرار بوته کمک کند که در نهایت می‌تواند عملکرد را تثبیت کند (Gubišová et al., 2024). همچنین پوشش بذر با بیوپلیمرهایی که همراه با میکروارگانیسم‌های مفید (قارچ‌های مفید) روی بذور جو اعمال شدند باعث افزایش درصد جوانه‌زنی، یکنواختی سبز شدن و بهبود تداوم رشد رویشی شدند؛ به‌طوری‌که بیماری‌های اولیه کاهش یافته و در نتیجه تراکم بوته و عملکرد دانه نیز افزایش یافت. از دیگر اثرات مثبت آن، افزایش شاخص‌های سلامت مانند افزایش محتوای کلروفیل، آن‌تی‌اکسیدان‌های غیرفعال/فعال، و بهبود تعامل ریشه-میکروارگانیسم است که جذب عناصر غذایی را

افزایش دهد. در واقع نتایج نشان می‌دهد درصد افزایش عملکرد ناشی از محلول پاشی در تیمارهای بدون پوشش بذر نسبت به پوشش بذر بیشتر است و این ممکن است به دلیل اثرات مثبت تیمار پوشش بذر باشد که تا حدی عملکرد دانه را به عملکرد پتانسیل نزدیک‌تر کرده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر چنین نتیجه می‌شود در صورت پیش‌بینی وضعیت آب و هوایی از نظر میزان و توزیع بارندگی مناسب در زمان بعد از زمستان‌گذرانی و در فصل بهار می‌توان برای جو دیم علاوه بر تغذیه آن به شکل اضافه کردن کودهای پایه به خاک براساس مقادیر توصیه تحقیقاتی، در زمان رشد سریع و مرحله ذخیره مواد غذایی در اندام‌های رویشی با استفاده از ترکیبات تغذیه‌ای به شکل تغذیه تکمیلی به عملکرد مناسب در واحد سطح دست یافت. همچنین استفاده از ترکیبات مغذی برای بذرمال بذور جو به دلیل استقرار مناسب گیاهچه‌ها به خصوص در شرایط دیم که وابسته به بارندگی است عمل تغذیه تکمیلی را در زمان جوانه‌زنی به همراه محلول پاشی با یکدیگر داشت.

سپاسگزاری

این مقاله بخشی از نتایج پروژه تحقیقاتی خاص با کد مصوب ۰۲۰۹۶۴-۰۳۹-۱۵-۱۵-۰ است. بدین وسیله از زحمات تمام همکاران موسسه موسسه تحقیقات کشاورزی دیم و معاونت سرارود کرمانشاه که در این پروژه ما را یاری نمودند سپاسگزاری می‌گردد.

سرارود ۴۵۰/۵ میلی‌متر بود که نسبت به سال زراعی گذشته آن ۲۰/۷ درصد افزایش داشت. پراکنش بارندگی در پاییز ۶۶/۲، در زمستان ۲۰۰/۸ و در بهار ۱۸۳/۵ میلی‌متر بود. به عبارت دیگر، ۱۴/۷ درصد بارش‌ها در پاییز، ۴۴/۶ درصد در زمستان و ۴۰/۷ درصد در بهار به وقوع پیوسته است. بر اساس این نتایج، در سال اجرای آزمایش بارندگی‌ها بجز برای فصل زمستان که نسبت به سال قبل آن (۲۱۰/۷ میلی‌متر) ۹/۹ میلی‌متر کمتر بود، برای فصول پائیز و بهار نسبت به آمار سال قبل از آزمایش به ترتیب ۵۳ (۴۳/۳ میلی‌متر) و ۵۴ درصد (۱۱۹ میلی‌متر) افزایش یافت. با توجه به این که ایستگاه سرارود در تقسیم بندی اقلیمی دیم از ایستگاه‌های اصلی منطقه معتدل به شمار می‌آید و بارش‌های بهاری در این مناطق از اهمیت فوق العاده‌ای در تولید غلات دیم برخوردار می‌باشد، بنابراین میزان و پراکنش مناسب بارندگی‌ها در طول فصل زراعی به ویژه در بهار این امکان را فراهم می‌کند که در زمان بعد از رفع سرما و رشد و نمو جو دیم، تغذیه تکمیلی آن‌ها را برای دستیابی به پتانسیل واقعی و تولید جو دیم در این منطقه انجام داد. به طوری که عملکرد دانه در کرت‌های بدون پوشش بذر + محلول پاشی (۲۲۷۷/۲ کیلوگرم در هکتار) نسبت به کرت‌های بدون پوشش بذر و بدون محلول پاشی (۱۷۱۲/۷ کیلوگرم در هکتار) ۳۵ درصد افزایش دهد و عملکرد دانه در کرت‌های با پوشش بذر و با محلول پاشی (۲۸۳۲/۰ کیلوگرم در هکتار) نسبت به کرت‌های با پوشش بذر و بدون محلول پاشی (۲۳۰۵/۲ کیلوگرم در هکتار) ۲۳ درصد

References

- Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). 2022. Technical guidelines for rainfed barley cultivation in different regions of the country. [In Persian]
- Agricultural Statistics. 2022-2023. Ministry of Agriculture Jihad, Crops, No1: p. 100. [In Persian]
- Ahakupaz Karkaji, F., Noormand Moaied, F., Azimzadeh, M., Rohi, E.,... & Eskandari, I. 2024. Artan, a new barley variety with high yield potential, suitable for cultivation in cold and moderate cold rainfed areas of Iran. *Research Achievements for Field and Horticulture Crops*, 2(12): 271-292. [In Persian]
- Badea, A., & Wijekoon, Ch. 2021. Benefits of Barley Grain in Animal and Human Diets. *Cereal Grains V 1*. IntechOpen.
- Bana, R. S., Sharma, V., & Singh, D. 2022. Foliar nutrient supplementation with micronutrient fertilizers: Current status and prospects. *Frontiers in Plant Science*, 13, 870614. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.870614>
- Fageria, N. K., Baligar, V. C., & Jones, C. A. 2011. Growth and mineral nutrition of field crops (3rd ed.). CRC Press.
- Fernández, V., & Brown, P. H. 2013. From plant surface to plant metabolism: the uncertain fate of foliar-applied nutrients. *Frontiers in Plant Science*, 4, 289. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00289>
- Fernández, V., Sotiropoulos, T., & Brown, P. 2015. Foliar fertilization: Scientific principles and field practices. Paris: International Fertilizer Industry Association (IFA).
- Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., ... & Zaks, D. P. M. 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478(7369), 337–342. <https://doi.org/10.1038/nature10452>
- Gubišová, M., Gubišová, M., Hudcovicová, M., Hrdlicová, M., Ondreichková, K., Cilík, P., Klčová, L., Kaňuková, S., & Gubiš, J. 2024. Superabsorbent Seed Coating and Its Impact on Fungicide Efficacy in a Combined Treatment of Barley Seeds. *Agriculture*, 14(5), 707. <https://doi.org/10.3390/agriculture14050707>
- Javed, T., Afzal, I., Shabbir, R., Ikram, K., Zaheer, M. S., Faheem, M., Ali, H. H., & Iqbal, J. 2022. Seed coating technology: An innovative and sustainable approach for improving seed quality and crop performance. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 21(8): 536-545. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2022.03.003>
- Khaskheli, S. A., Ahmed, M., Shah, S. M. A., Khan, B., Mengal, A. A., & Ziad, T. 2018. Impact of foliar applied nitrogen on the growth and yield of barley (*Hordeum vulgare* L.) at local climate condition at Sindh. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 13(1), 136–143.
- Marschner, P. 2012. Marschner's mineral nutrition of higher plants (3rd ed.). Academic Press.
- Mathew, V. & Jos Puthur, J. 2021. Seed nutrimpriming with zinc is an apt tool to alleviate malnutrition. *Environmental Geochemistry and Health*, 44(8): 2355-2373. <https://doi.org/10.1007/s10653-021-01054-2>
- Newton, A. C., Flavell, A. J., George, T. S., Leat, Ph., Mullholland, B., Ramsay, L., Revoredo-Giha, C., Russell, J., Steffenson, B. J., Swanston, J. S., Thomas, W. T. B., Waugh, R., White, Ph. J., & Bingham, H. J. 2011. Crops that feed the world 4. Barley: a

- resilient crop? Strengths and weaknesses in the context of food security. *Food Security*, 3: 141-178.
- Shoaa, M., Mohajeri, F., Owji, M. R., & Bagheri, A. R. 2024. Influence of the timing of the application of salicylic acid on the quantitative yield and some biochemical characteristics of barley under deficit irrigation. *Turkish Journal of Field Crops*, 29(2): 260-273. <https://doi.org/10.17557/tjfc.1502359>
- Stadnik, B., Tobiasz-Salach, R., & Migut, D. 2024. Influence of foliar application of microelements on yield and yield components of spring malting barley. *Agriculture*, 14(3), 505. <https://doi.org/10.3390/agriculture14030505>
- Usmanova, A., Brazhnikova, Y., Omirbekova, A., Kistaubayeva, A., Savitskaya, I., & Ignatova, L. 2024. Biopolymers as Seed-Coating Agent to Enhance Microbially Induced Tolerance of Barley to Phytopathogens. *Polymer*, 16(3), 376. <https://doi.org/10.3390/polym16030376>.