Cereal Biotechnology and Biochemistry

Online ISSN: 2783-5170

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

Investigation of foliar application of potassium compounds on yield, yield components and grain protein of dryland wheat

Ali Rasaei[1] ✉ & Vali Feiziasl[2]

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

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

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

ABSTRACT

Introduction: Among the macro-elements for plants, potassium has a fundamental role, such as osmotic adjustment, maintaining turgor pressure, stomatal function, enzyme activity, protein synthesis, oxidant metabolism, photosynthesis and resistance to environmental stresses (humidity and heat) at the end of the dryland wheat growth period. Although about 80% of the potassium required by the plant is provided by diffusion, because the diffusion of potassium ions in dry soil is reduced 100 times compared to wet soil, therefore, with water limitation and moisture stress conditions, the absorption of this element by the plant is greatly reduced. Therefore, in order to solve the limitations of the absorption of this element through the roots in the conditions of moisture stress and heat at the end of the season, the present experiment was carried out by spraying potassium compounds on dryland wheat at different stages of growth.

Materials and methods: The experiment was conducted on dryland wheat (Rijaw cultivar) as a split plot based on a randomized complete block design with three replications in the Dryland Agricultural Research Sub-Institute during the 2021-2022 cropping seasons. The factor of the growth stage in the main plots included pregnancy (booting stage) and the beginning of flowering and the spraying factor with four levels in the sub-plots included the control treatment (without spraying), potassium sulfate solution spraying at a concentration of 1%, potassium dihydrogen phosphate (KH2PO4) at a concentration of 1% and potassium sulfate at a concentration of 1% + urea 1%. The volume of spraying solution for each experimental treatment in a sub-plot with an area of 100 square meters was calculated for 500 liters per hectare and it was performed after adding the spraying soap (surfactant) in cool and calm weather (wind speed less than 8 km/h) before 9 am.

Results: The main effect of foliar application time on biological yield, grain yield, yield components, straw yield and percentage of protein and potassium of Rijaw wheat grain was not significant. However, the main effect of foliar spraying on biological yield, grain yield, the thousand seeds weight, the number of seeds per spike and seed protein percentage was significant. The highest biological and grain yield were obtained from foliar application of 1% potassium sulfate with values of 4495 and 1604 kg/ha, respectively, which, despite the difference of 365 and 248 kg/ha, had not significantly different from the biological and grain yield of potassium dihydrogen phosphate foliar application. The lowest biological and grain yield were also related to the control treatment with values of 3588 and 1175 kg/ha, respectively. Foliar spraying of different potassium compounds could increase the thousand seeds weight and the number of seeds per spike by 4.5 grams and 6 seeds, respectively. The highest increase for thousand seeds weight with 40 grams was attributed to potassium sulfate + urea foliar spraying and the highest number of seeds per spike with 32.5 seeds was allocated to potassium sulfate foliar application, which did not show a significant difference with potassium sulfate + urea foliar application. The interaction effect of foliar application time with different foliar application treatments was also significant only on seed potassium percentage. The highest increase in seed protein percentage of 4.8 units was related to potassium sulfate treatment, which was not significantly different from the other two treatments of potassium sulfate + urea and potassium dihydrogen phosphate.

Conclusion: Overall, the application of foliar application of potassium compounds increased the grain yield by 211 kg per hectare, in terms of increasing the yield and percentage of grain protein among the tested treatments, potassium sulfate foliar application is recommended.

Keywords: Protein, Number of Grains per Spike, Grain Yield, Biological Yield, Straw Yield, Thousand Kernel Weight.

Article Type: Research Article

Article history: Received: 27 May 2023, **Revised:** 01 Jul 2023, **Accepted:** 17 Sept 2023, **Published online:** 23 Sept 2023

Cite this article: Rasaei, A. & Feiziasl, V. (2023). Investigation of foliar application of potassium compounds on yield, yield components and grain protein of dryland wheat. *Cereal Biotechnology and Biochemistry*, *2*(3), 311-325. DOI: 10.22126/cbb.2023.9761.1057

© The Author(s).

10.22126/cbb.2023.9761.1057

Publisher: Razi University

بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات

شاپا الکترونیکی: ۵۱۷۰-۲۷۸۳

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

اثر محلول‌پاشی کودهای پتاسیم‌دار بر عملکرد، اجزای عملکرد و پروتئین دانه گندم دیم

علی رسائی[۱]✉، ولی فیضی‌اصل[۲]

[۱] استادیار پژوهش، معاونت سرارود، مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.

[۲] استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران.

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

چکیده

مقدمه: در میان عناصر غذایی پرمصرف برای گیاه، پتاسیم دارای نقش اساسی و مهمی مانند تنظیم اسمزی، حفظ فشار تورژسانس، عملکرد روزنه‌ای، فعالیت آنزیم‌ها، سنتز پروتئین‌ها، متابولیسم اکسیدانت‌ها، فتوسنتز و مقاومت به تنش‌های محیطی (رطوبتی و گرمایی) در اواخر دوره رشد گندم دیم می‌باشد. اگرچه حدود ۸۰ درصد پتاسیم مورد نیاز گیاه از طریق انتشار در محلول خاک تأمین می‌شود، اما با توجه به اینکه انتشار یون‌های پتاسیم در خاک خشک ۱۰۰ مرتبه نسبت به خاک مرطوب کاهش می‌یابد، بنابراین با محدودیت آب و شرایط تنش رطوبتی، جذب این عنصر توسط گیاه به شدت کاهش می‌یابد. از این‌رو، برای رفع محدودیت‌های جذب این عنصر از طریق ریشه در شرایط تنش رطوبتی و گرمای آخر فصل، آزمایش حاضر با هدف محلول‌پاشی ترکیبات پتاسیمی روی گندم دیم در مراحل مختلف نمو اجرا شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش روی گندم دیم (رقم ریژاو) به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در معاونت مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم سرارود کرمانشاه در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ اجرا شد. عامل مرحله نموی محلول‌پاشی شامل آبستنی (چکمه‌ای شدن) و شروع گلدهی در کرت‌های اصلی و تیمار محلول‌پاشی با چهار سطح شامل شاهد (بدون محلول‌پاشی)، محلول‌پاشی سولفات پتاسیم با غلظت یک درصد، فسفات دی‌هیدروژن‌پتاسیم (KH_2PO_4) با غلظت یک درصد و سولفات پتاسیم با غلظت یک درصد + اوره یک درصد در کرت‌های فرعی بودند. حجم محلول‌پاشی برای هر تیمار آزمایشی در کرت فرعی با مساحت ۱۰۰ مترمربع برای ۵۰۰ لیتر در هکتار محاسبه و پس از افزودن سورفکتانت در هوای خنک و آرام (سرعت باد کمتر از هشت کیلومتر بر ساعت) قبل از ساعت نه صبح انجام گرفت.

یافته‌ها: اثر اصلی زمان محلول‌پاشی روی عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، اجزای عملکرد، عملکرد کاه، درصد پروتئین و پتاسیم دانه گندم ریژاو معنی‌دار نبود، اما اثر محلول‌پاشی بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و درصد پروتئین دانه معنی‌دار شد. در این شرایط، بیشترین عملکرد بیولوژیک و دانه به‌ترتیب با مقادیر ۴۴۹۵ و ۱۶۰۴ کیلوگرم در هکتار از محلول‌پاشی سولفات پتاسیم یک درصد به دست آمد که با وجود اختلاف ۳۶۵ و ۲۴۸ کیلوگرم در هکتار، تفاوت معنی‌داری با عملکرد بیولوژیک و دانه تیمار محلول‌پاشی پتاسیم‌دی‌هیدروژن فسفات نداشتند. کمترین عملکرد بیولوژیک و دانه نیز به‌ترتیب با مقادیر ۳۵۸۸ و ۱۱۷۵ کیلوگرم در هکتار، مربوط به تیمار شاهد بود. محلول‌پاشی ترکیبات مختلف پتاسیمی توانست وزن هزاردانه و تعداد دانه در سنبله را به ترتیب ۴/۵ گرم و ۶ عدد افزایش دهد. بیشترین وزن هزار دانه با ۴۰ گرم در تیمار محلول‌پاشی سولفات پتاسیم + اوره و بیشترین تعداد دانه در سنبله با ۳۲/۵ عدد در تیمار محلول‌پاشی سولفات پتاسیم دیده شد که با محلول‌پاشی سولفات پتاسیم + اوره تفاوت معنی‌داری نشان نداد. اثر متقابل زمان محلول‌پاشی در تیمارهای مختلف محلول‌پاشی نیز فقط بر درصد پتاسیم دانه معنی‌دار بود. بیشترین افزایش درصد پروتئین دانه با ۴/۸ واحد مربوط به تیمار سولفات پتاسیم بود که با دو تیمار دیگر سولفات پتاسیم + اوره و پتاسیم دی‌هیدروژن‌فسفات تفاوت معنی‌داری نداشت.

نتیجه‌گیری: در مجموع اعمال تیمارهای محلول‌پاشی ترکیبات پتاسیمی باعث افزایش ۲۱۱ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه شد که از لحاظ افزایش عملکرد و درصد پروتئین دانه در میان تیمارهای مورد آزمایش، محلول‌پاشی سولفات پتاسیم قابل توصیه می باشد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده، عملکرد کاه، وزن هزار دانه.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

نوع مقاله: دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۰۶ **اصلاح:** ۱۴۰۲/۰۴/۱۰ **پذیرش:** ۱۴۰۲/۰۶/۲۶، **انتشار آنلاین:** ۱۴۰۲/۰۷/۰۱

استناد: رسائی، ع. و فیضی‌اصل، و. (۱۴۰۲). اثر محلول‌پاشی کودهای پتاسیم‌دار بر عملکرد، اجزای عملکرد و پروتئین دانه گندم دیم. *بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات*، ۲(۳)، ۳۱۱-۳۲۵. DOI: 10.22126/cbb.2023.9761.1057

ناشر: دانشگاه رازی

© نویسندگان.

CC BY NC

مقدمه

امنیت غذایی و دسترسی همگانی به غذای کافی و مطلوب و سلامت تغذیه‌ای از محورهای اصلی توسعه اقتصادی، سلامت جامعه و زیر ساخت نسل‌های آینده کشور است. گندم از مهم‌ترین محصولات راهبردی است که مورد استفاده انسان و حیوان می‌باشد. تولید این محصول در جهان حدود ۷۶۱ میلیون تن می‌باشد که تقریباً ۲۰ درصد انرژی و ۲۵ درصد نیازهای پروتئینی جمعیت جهان را فراهم می‌کند (FAO, 2020). استان کرمانشاه دارای ۸۲۰ هزار هکتار اراضی زراعی می‌باشد که حدود ۱۲۰ هزار هکتار آن آبی و حدود ۷۰۰ هزار هکتار به‌صورت دیم است. از این مقدار هر ساله حدود ۳۰۰ هزار هکتار گندم دیم با متوسط عملکرد حدود ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کاشت می‌شود. مابقی یا به‌صورت آیش و یا به کشت نخود، جو و ... اختصاص دارد. آمار مذکور نشان دهنده اهمیت گندم دیم در این استان است (Agricultural Statistics, 2021-2022).

با افزایش سریع جمعیت کشور، نیاز به تولید بیشتر و با کیفیت بهتر محصول راهبردی گندم بیش از پیش احساس می‌شود. بهترین راه برای نیل به این هدف، افزایش تولید در واحد سطح و غنی‌سازی زیستی محصول تولیدی با استفاده از نهاده‌های کودی از طریق روش‌های مطمئن و کارآمد می‌باشد. این امر باعث ایجاد تعادل بهتر بین عناصر غذایی در گیاه و کاهش تنش‌های محیطی و زیستی در آن و در نهایت تولید محصول سالم و غنی از عناصر معدنی و پروتئین کافی می‌شود (Feizi Asl, 2020).

جذب عناصر غذایی از محلول خاک توسط گیاه تحت اثر فاکتورهایی مانند جریان توده‌ای آب، ظرفیت تبادل یون‌ها و اسیدیته خاک قرار می‌گیرند. در میان عناصر غذایی پرمصرف، پتاسیم دارای نقشی اساسی و مهم در رشد گیاه می‌باشد (Jahanbin *et al.*, 2015). پتاسیم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی پرمصرف سهم عمده‌ای در تنظیم پتانسیل اسمزی سلول‌ها و فشار تورگر آن‌ها دارد. گیاهانی مانند گندم که مقادیر زیادی نشاسته سنتز و ذخیره می‌کنند، به میزان بیش‌تری به پتاسیم نیاز دارند (Salisbury & Rose, 1992). گیاهان تحت شرایط محیطی متفاوت در درون سلول‌های خود مواد محلول با وزن مولکولی کم (اسیدهای آمینه، قندها و ...) که به‌طور کلی مواد محلول سازگار نامیده می‌شوند را تجمع می‌نمایند. یکی از مهم‌ترین آن‌ها، اسید آمینه پرولین است. عنصر پتاسیم در بیوسنتز پرولین نقش به‌سزایی دارد. پرولین به عنوان محافظ اسمزی در طی تنش کم‌آبی عمل نموده و مقاومت گیاه را نسبت به تنش خشکی افزایش می‌دهد (Demiral & Turkan, 2005). حد بحرانی پتاسیم قابل استفاده در خاک برای گندم دیم ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد (Malakouti & Gheybi, 1997). در آزمایشی مشخص شد که در خاک با کاهش جذب پتاسیم، تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه تریتیکاله تا ۵۴ درصد شد. در این شرایط، با اعمال پتاسیم، افت عملکرد ناشی از تنش خشکی به ۱۶ درصد

رسید (Wyrwa *et al*., 1998). در شرایط کاهش رطوبت خاک، مقدار جذب پتاسیم نیز کاهش می‌یابد. به منظور جلوگیری از کاهش جذب این عنصر، باید غلظت پتاسیم محلول در خاک افزایش یابد (Johnston *et al*., 1998; Gath, 1992). بنابراین در تنش‌های مختلف محیطی به ویژه تنش خشکی و کاهش آب قابل استفاده در خاک، میزان جذب پتاسیم از طریق ریشه بسیار محدود می‌شود و در نتیجه علایم کمبود این عنصر غذایی با وجود میزان بالای پتاسیم قابل استفاده در خاک، از اواخر دوره رویشی و اوایل مرحله زایشی گندم دیم، بیش از سایر عناصر غذایی (بعد از نیتروژن) در دیم‌زارهای ایران مشاهده می‌شود. همچنین پتاسیم از فراوان‌ترین کاتیون داخل سلول‌های گیاهی است که وجود مقدار کافی آن با توجه به نقشی که در حفظ پتانسیل آبی گیاه و جلوگیری از هدر رفت آب دارد، سبب حفظ فعالیت فتوسنتزی و جلوگیری از کاهش شدید فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی در شرایط تنش آبی می‌شود (Tavakoli *et al*., 2015). با توجه به بالا بودن میزان پتاسیم قابل استفاده در دیم‌زارهای ایران، مصرف خاکی این عنصر غذایی برای جلوگیری از برهم زدن تعادل عناصر غذایی در خاک و اندام‌های گیاهی توصیه نمی‌شود (Feizi Asl, 2020).

با توجه به نقش پتاسیم در تنظیم اسمزی، حفظ فشار تورژسانس، عملکرد روزنه‌ای، فعالیت آنزیم‌ها، سنتز پروتئین‌ها، متابولیسم اکسیدان‌ها، فتوسنتز و در نتیجه مقاومت به تنش‌های محیطی (رطوبتی و گرمایی) حاکم در اواخر دوره رشد گندم دیم (پرشدن دانه)، تأمین بهینه این عنصر غذایی در مراحل مختلف رشد گیاه می‌تواند نقش بسزایی در کاهش اثرات تنش‌های محیطی و افزایش کمی و کیفی محصول داشته باشد (Reisi *et al*., 2021). روش محلول‌پاشی ترکیبات پتاسیم‌دار، یکی از موفق‌ترین روش‌هایی است که می‌توان در شرایط دیم از آن بهره گرفت. این روش به شرایط خاک بستگی ندارد و وقتی که خاک خشک باشد، به ویژه در اواخر دوره رشد گندم دیم که بارندگی اتفاق نمی‌افتد و فعالیت جذبی ریشه کم است، می‌توان از محلول‌پاشی پتاسیم استفاده نمود (Havlin *et al*., 1999). اما این‌که محلول‌پاشی پتاسیم تا چه حد بتواند صدمات ناشی از کاهش جذب این عنصر غذایی را از طریق ریشه در شرایط دیم و حاکم بودن تنش‌های گرمایی و رطوبتی، جبران نماید و در بهبود کمی و کیفی عملکرد تولیدی مؤثر واقع شود، باید در شرایط مختلف اقلیمی و خاکی مورد آزمون قرار گیرد. در صورت رفع محدودیت جذب عنصر پتاسیم در گندم دیم، به نظر می‌رسد عملکرد دانه و کیفیت محصول تولیدی به دلیل نقش اساسی این عنصر در چرخه نیترات در گیاه و انتقال مجدد مواد به سنبله، بهبود یابد و این مسئله می‌تواند اقتصاد کشاورزان دیمکار را در مناطق زیر کشت گندم دیم بهبود بخشد.

بنابراین به‌منظور رفع محدودیت‌های جذب عنصر پتاسیم از طریق ریشه در شرایط تنش رطوبتی و گرمای آخر فصل، آزمایش حاضر با محلول‌پاشی ترکیبات مختلف

پتاسیم‌دار روی گندم دیم در مراحل مختلف رشد چکمه‌خوش و ابتدای دوره گلدهی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌منظور بررسی اثرات محلول‌پاشی ترکیبات مختلف پتاسیم‌دار بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و پروتئین دانه گندم دیم (رقم ریژاو)، در معاونت مؤسسه 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 ۴۰۱-۱۴۰۰ به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمار محلول‌پاشی در دو مرحله نموی شامل: ۱) سطح آبستنی (چکمه‌ای شدن ZS40) و ۲) شروع گلدهی (ZS60) در کرت‌های اصلی و تیمار محلول‌پاشی ترکیبات حاوی پتاسیم در چهار سطح شامل: ۱) تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی)، ۲) محلول‌پاشی سولفات پتاسیم به غلظت یک درصد (۱۰ گرم سولفات روی در لیتر)، ۳) محلول‌پاشی پتاسیم دی‌هیدروژن‌فسفات (KH_2PO_4) به غلظت یک درصد (۱۰ گرم پتاسیم دی‌هیدروژن‌فسفات در لیتر) و ۴) محلول‌پاشی سولفات پتاسیم به غلظت یک درصد (۱۰ گرم سولفات پتاسیم در لیتر) + اوره یک درصد (۱۰ گرم اوره در لیتر) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. میزان محلول مورد استفاده برای محلول‌پاشی در تمامی تیمارها ۵۰۰ لیتر در هکتار در نظر گرفته شد. بر این اساس در تیمارهای دو و سه، به‌ترتیب پنج کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و پتاسیم دی‌هیدروژن‌فسفات (KH_2PO_4) و در تیمار چهارم، پنج کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم + پنج کیلوگرم در هکتار اوره به صورت محلول‌پاشی مصرف گردید. در زمان محلول‌پاشی به منظور کاهش کشش سطحی و پخش یکنواخت محلول روی برگ‌ها، افزایش قدرت نفوذ محلول در برگ‌ها، حفظ عناصر غذایی و افزایش فعالیت مواد غذایی روی شاخ و برگ، از یک سورفکتانت (صابون محلول‌پاشی) به غلظت توصیه شده مطابق با برچسب کالا (معمولاً ۰/۱ تا ۰/۵درصد) همراه با ترکیبات محلول‌پاشی استفاده شد. اندازه هر کرت آزمایشی ۱۰۰ متر مربع (۱۰×۱۰ متر)، فاصله بین تیمارها در داخل بلوک‌ها یک متر و فاصله بین بلوک‌ها دو متر در نظر گرفته شد. محلول مورد نیاز بر حسب ۵۰۰ لیتر در هکتار در نظر گرفته شد. به‌طوریکه برای هر کرت فرعی پنج لیتر محلول تهیه شد و در هوای آرام (سرعت باد کم‌تر از هشت کیلومتر در ساعت) و خنک قبل از ساعت نه صبح انجام گرفت.

قبل از اجرای آزمایش نمونه خاکی به روش مرکب (۱۰ الی ۱۵ نمونه) از عمق ۲۵-۰ 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 گندم دیم بود (جدول ۱). مطابق این نتایج در کرمانشاه نیاز نیتروژنی گندم رقم ریژاو به میزان ۹۰ کیلوگرم در

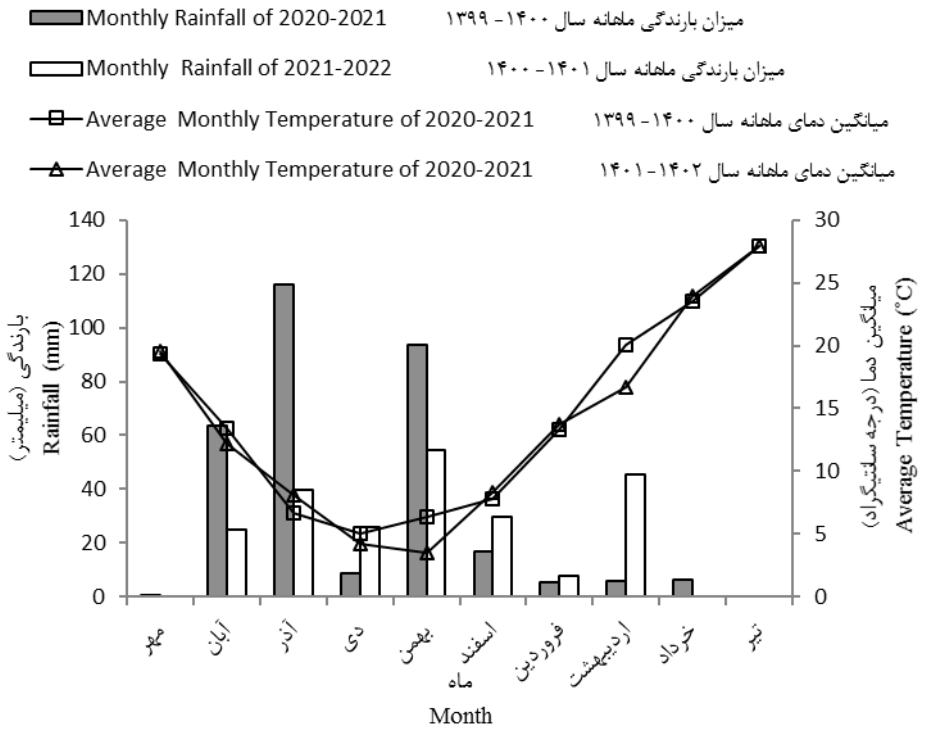
هکتار اوره همزمان با کاشت به روش سیستم جایگذاری مصرف شد.

تغییرات بارندگی و دمای سال زراعی اجرای آزمایش در مقایسه با وضعیت سال زراعی قبل (۱۴۰۰-۱۳۹۹) در شکل ۱ نشان داده شده است. به‌دلیل کاهش بارندگی‌های مؤثر در فصل بهار، امکان مصرف کود سرک در کرمانشاه مقدور نشد.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1- Physical and chemical characteristics of the soil of the experimental field

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 (%)
				میلی‌گرم در کیلوگرم mg per kg						
0-25	سیلتی کلی لوم Silty clay loam	0.55	7.6	16.2	1.4	0.5	6.9	14.4	565	0.70



شکل ۱- میزان بارندگی (میلی‌متر) و میانگین دمای ماهیانه (درجه سانتی‌گراد) سال اجرای آزمایش (۴۰۱-۱۴۰۰).

Figure 1- Rainfall (mm) and average monthly temperature (°C) of the year of the experiment (2021-2022).

کاشت گندم به کمک کارنده مناسب برای دیم و مجهز به سیستم جایگذاری کود (آسکه مدل ۲۲۰۰، ۱۳ ردیفه) به صورت ردیفی با تراکم ۳۵۰ دانه در مترمربع در سیستم تناوبی آیش –گندم انجام گرفت. تمامی 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 یکنواخت به صورت تصادفی به طول یک متر در هر کرت فرعی) اندازه‌گیری شدند. برای تعداد دانه در سنبله، تعداد ۳۰ بوته به صورت تصادفی از هر کرت فرعی انتخاب و تعداد دانه در بوته شمارش شد. در زمان برداشت پس از توزین عملکرد بیولوژیک، نمونه‌ها خرمنکوبی شده، عملکرد دانه و وزن هزار دانه تعیین گردید. عملکرد کاه از تفاضل عملکرد دانه از عملکرد بیولوژیک بر حسب کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. مقدار دو کیلوگرم بذر کاملاً تمیز شده از هر کرت فرعی برای تعیین محتوای پروتئین دانه و غلظت پتاسیم در دانه در آزمایشگاه شیمی و حاصلخیزی خاک مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم مورد استفاده قرار گرفت. پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین به کمک نرم افزار GenStat14 انجام گرفت. مقایسات میانگین تیمارها براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای محلول‌پاشی و مراحل نمو نشان داد، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها از لحاظ عملکرد دانه، اجزای عملکرد، ارتفاع بوته، درصد پتاسیم و پروتئین دانه گندم وجود نداشت (جدول ۲)، اما به طورکلی میانگین محلول‌پاشی ترکیبات پتاسیمی در مرحله شروع گلدهی به میزان ۶۴۸ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه بیشتری (۶۴ درصد) نسبت به محلول‌پاشی‌ها در مرحله آبستنی تولید نمود (جدول ۳). این مقدار افزایش حدود ۶۲ درصد میانگین ده سال اخیر (۱۰۳۷ کیلوگرم در هکتار) و ۵۷ درصد میانگین سه سال اخیر عملکرد دانه گندم دیم (۱۱۲۸ کیلوگرم در هکتار) در ایران می‌باشد (Agricultural Statistics, 2021-2022) که قابل چشم پوشی نیست اما از لحاظ آماری معنی دار نبود.

اثر محلول‌پاشی ترکیبات پتاسیمی بر عملکرد بیولوژیک و دانه، وزن هزاردانه، تعداد دانه در سنبله و محتوای پروتئین دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد بیولوژیک به میزان ۴۴۹۵ کیلوگرم در هکتار از محلول‌پاشی سولفات پتاسیم یک درصد به دست آمد. با وجود اختلاف ۳۶۵ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری با عملکرد بیولوژیک تیمار محلول‌پاشی پتاسیم دی‌هیدروژن‌فسفات نداشت. کمترین عملکرد بیولوژیک به میزان ۳۵۸۸ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۴). همانند عملکرد بیولوژیک بیشترین عملکرد دانه به میزان ۱۶۰۴ کیلوگرم در هکتار از محلول‌پاشی سولفات پتاسیم به دست آمد که با وجود اختلاف ۲۴۸ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری با عملکرد دانه تیمار محلول‌پاشی پتاسیم دی‌هیدروژن‌فسفات نداشت. کمترین عملکرد دانه به میزان ۱۱۷۵ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۴). در مجموع اعمال تیمارهای محلول‌پاشی ترکیبات پتاسیمی باعث افزایش ۲۱۱ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه شد (میانگین سه محلول‌پتاسیم نسبت به شاهد) که از لحاظ افزایش

عملکرد دانه در میان تیمارهای مورد آزمایش، محلول‌پاشی سولفات پتاسیم نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود. پژوهشگران دیگری نیز افزایش عملکرد دانه گندم را از طریق محلول‌پاشی سولفات پتاسیم به ویژه در شرایط تنش رطوبتی گزارش کرده‌اند (Arabi *et al*., 2002; EL-Abady *et al*., 2009; Aown *et al*., 2012; Raza *et al*., 2013; Sadeghi Fard *et al*., 2022). همچنین گزارش شده است که استفاده از پتاسیم حتی در کمترین سطح، به طور معنی‌داری باعث افزایش عملکرد گندم می‌شود (Campillo *et al*., 2010; Malghani *et al*., 2010). در آزمایشی که درکشور مصر تحت شرایط تنش رطوبتی انجام شد، مشخص گردید کاربرد پتاسیم عملکرد دانه گندم را به میزان قابل توجهی افزایش داد (ElHadi *et al*., 1997). این در حالی است که در آزمایشی دیگر در محل اجرای پژوهش حاضر (ایستگاه سرارود) گزارش شد که محلول‌پاشی کلرور پتاسیم یک درصد روی عملکرد دانه گندم دیم رقم ریژاو اثر مثبت معنی‌داری نداشته است. شاید دلیل آن وجود پتاسیم قابل جذب (۳۶۸ میلی گرم بر کیلوگرم) بیش از حد بحرانی برای گندم دیم در خاک این ایستگاه بوده باشد. با توجه به میزان پتاسیم قابل جذب بسیار زیاد در خاک محل اجرای آزمایش (۵۶۵ میلی گرم بر کیلوگرم)، این اختلاف نتایج شاید به دلیل نوع ترکیب پتاسیمی انتخاب شده و یا انتخاب مراحل متفاوت برای محلول‌پاشی در دو پژوهش باشد (Dashadi, 2020). از نظر اثر پتاسیم بر ارتفاع بوته گندم برخلاف نتایج آزمایش حاضر، گزارش شده است که استفاده از پتاسیم (K_2O) به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار به‌طور معنی‌داری باعث افزایش ارتفاع گیاه گندم نسبت به تیمار شاهد می‌شود (Sharma, 2002).

تیمارهای محلول‌پاشی از سه جزء عملکرد دانه توانستند دو جزء وزن هزاردانه و تعداد دانه در سنبله را به طور معنی‌داری ($P \leq 0.01$) تحت تأثیر قرار دهند (جدول ۲). نتایج نشان داد که محلول‌پاشی ترکیبات مختلف پتاسیمی توانست وزن هزاردانه و تعداد دانه در سنبله را به ترتیب ۴/۵ گرم و ۶ دانه در سنبله افزایش دهد که در این میان بیشترین افزایش برای وزن هزاردانه با ۴۰ گرم به محلول‌پاشی سولفات پتاسیم + اوره و بیشترین تعداد دانه در سنبله با ۳۲/۵ عدد، به محلول‌پاشی سولفات پتاسیم اختصاص یافت که با محلول‌پاشی سولفات پتاسیم + اوره تفاوت معنی‌داری نشان نداد. حداقل وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله به ترتیب با ۲۸/۱ گرم و ۲۳ عدد از تیمار شاهد (بدون محلولپاشی) به دست آمد که با تیمار محلول‌پاشی پتاسیم دی‌هیدروژن‌فسفات تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۴). در آزمایشی اثر نیتروژن و پتاسیم روی گندم دیم نتایج نشان داد که مصرف نیتروژن به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌طور معنی‌داری ارتفاع گیاه، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و عملکرد بیولوژیک را افزایش داد. همچنین مصرف ۹۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم منجر به افزایش تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه شد (Adnan *et al*., 2016). نتایجی مبنی بر تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و پتاسیم بر تعداد دانه در سنبله گزارش شده است. به‌طوری‌که با افزایش مصرف

نیتروژن و پتاسیم تعداد دانه در سنبله افزایش یافت (Gul *et al.*, 2013). در آزمایشی دیگر، اثر محلول‌پاشی نیتروژن و پتاسیم بر گندم دیم در خاک‌های با میزان پتاسیم بالا انجام شد که در آن، تیمارهای ۰ و ۵۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار به‌صورت خاک کاربرد و تیمارهای ۰ و ۳ کیلوگرم در هکتار پتاسیم و همچنین ۰ و ۳ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به صورت محلول‌پاشی استفاده شد. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی پتاسیم باعث افزایش عملکرد دانه از ۲۹۸۸ به ۳۰۸۹ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با مصرف خاکی پتاسیم شد که این افزایش عملکرد را به تعداد دانه در سنبله نسبت دادند و به این نتیجه رسیدند که مصرف پتاسیم به‌صورت محلول‌پاشی در گندم در خاک‌های با پتاسیم بالا، در فصول زراعی تحت شرایط تنش های آبی سبب افزایش عملکرد دانه می‌شود (Limon-ortega *et al.*, 2020). در آزمایش حاضر نیز محلول‌پاشی سولفات پتاسیم توانست هر دو جزء وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله را افزایش دهد و از این طریق عملکرد دانه را نسبت به تیمار شاهد بهبود بخشد. با در نظر گرفتن روابط بین دو جزء عملکرد و عملکرد دانه، به نظر می‌رسد افزایش بیش از حد وزن هزار دانه در شرایط آزمایش باعث افزایش عملکرد دانه نگردید، زیرا در آن تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله کمتر از تیمار محلول‌پاشی سولفات پتاسیم بود (جدول ۴).

تیمارهای محلول‌پاشی، ۲۴ درصد محتوای پروتئین دانه گندم دیم را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. بیشترین افزایش با ۴۸ درصد مربوط به تیمار سولفات پتاسیم می‌باشد که با دو تیمار دیگر سولفات پتاسیم + اوره و پتاسیم دی‌هیدروژن‌فسفات تفاوت معنی‌داری نداشت. این نتایج نیز برتری افزایش کیفیت دانه گندم دیم را در محلول‌پاشی سولفات پتاسیم نسبت به دو تیمار محلول‌پاشی دیگر آشکار می‌سازد (جدول ۴). با توجه به نتایج مربوط به اثر اصلی تیمارهای محلول‌پاشی می‌توان استنباط نمود اولاً محلول‌پاشی ترکیبات پتاسیمی، اجزای عملکرد دانه شامل وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله و پروتئین دانه را بهبود بخشیدند. ثانیاً با توجه به وضعیت عملکرد کمی و کیفی حاصل از سه تیمار محلول‌پاشی می‌توان گفت تیمار محلول‌پاشی سولفات پتاسیم یک درصد مناسب‌ترین ترکیب پتاسیمی برای افزایش کمی و کیفی عملکرد گندم دیم و بهبود شرایط فتوسنتزی آن می‌باشد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات متقابل زمان محلول‌پاشی در تیمارهای محلول‌پاشی فقط بر محتوای پتاسیم دانه معنی‌داری بود (جدول ۲). بیشترین درصد پتاسیم دانه در تیمار محلول‌پاشی سولفات پتاسیم + اوره در مرحله شروع گلدهی با میانگین ۰/۶۷ درصد به‌دست آمد (جدول ۵).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثرهای محلول‌پاشی کودهای مختلف پتاسیم در دو مرحله رشد گندم دیم

Table 2- Variance analysis of the effects of foliar application of different potassium fertilizers in two growth stages of dryland wheat

منابع تغییرات S. O. V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)								
		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 دانه در سنبله NO. grain/spike	ارتفاع بوته Plant height	پتاسیم دانه Seed K	پروتئین Protein
تکرار Replication	2	80312^{ns}	31409^{ns}	48794^{ns}	13.7^{ns}	41^{ns}	25.0^{ns}	350.9*	0.0253^{ns}	150.1^{ns}
مرحله رشد Growth Stage	1	22492964^{ns}	2523746^{ns}	9947998^{ns}	3.8^{ns}	1502^{ns}	1.2^{ns}	83.4^{ns}	0.0294^{ns}	1.9^{ns}
خطای اصلی E1	2	6482229	189668	4455654	2.1	288	33.1	7.5	0.0381	7.4
محلول‌پاشی Spraying	3	919730*	232600*	254980^{ns}	145.6**	2853^{ns}	111.7**	71.7^{ns}	0.0001^{ns}	23.5*
مرحله رشد×محلول‌پاشی Growth Stage ×Spraying	3	377885^{ns}	32369^{ns}	581406^{ns}	22.1^{ns}	307^{ns}	22.2^{ns}	62.6^{ns}	0.0011*	7.8^{ns}
خطای فرعی E2	12	253248	50930	450466	18.1	1132	16.5	51.5	0.0003	4.1
ضریب تغییرات CV (%)		12.5	16.9	25.1	12.6	20.1	14.7	13.8	2.8	16.3

ns، * و ** 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: Thousand kernel weight

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرهای دو مرحله رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات کیفی دانه گندم

Table 3- Mean Comparison of the effects of two growth stages on yield, yield components and quality traits of wheat

مرحله رشد GrowthStage	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 دانه در سنبله NO. grain/spike	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	پتاسیم دانه (درصد) Seed K (%)	پروتئین (درصد) Protein (%)
چکمه خوش Booting	3043	1010	2033	33.3	159.1	27.3	50.3	0.58	12.7
گلدهی Flowering	4979	1658	3321	34.1	174.9	27.8	54.0	0.65	12.1
LSD5%	4472	765	3708	2.6	29.8	10.1	4.8	0.34	4.8

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

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرهای محلول‌پاشی کودهای مختلف پتاسیم بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات کیفی دانه گندم تحت

Table 4- Mean Comparison of the effects of foliar application of different potassium fertilizers on yield, yield components and quality traits of wheat grain

محلول‌پاشی Spraying	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 دانه در سنبله NO. grain/spike	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	پتاسیم دانه (درصد) Seed K (%)	پروتئین (درصد) Protein (%)
شاهد No Spray	3588b	1175b	2412a	28.1c	179.8a	23.0c	50.1a	0.62a	10.0b
سولفات پتاسیم K_2SO_4	4495a	1604a	2891a	34.0b	149.2a	32.5a	54.7a	0.62a	14.8a
سولفات پتاسیم + اوره K_2SO_4+Urea	3830b	1200b	2630a	40.0a	148.0a	29.8ab	55.3a	0.61a	12.4ab
فسفات دی‌هیدروژن پتاسیم KH_2PO_4	4131ab	1356ab	2775a	32.6bc	191.2a	25.0bc	48.3a	0.62a	12.4ab
LSD5%	633	284	844	5.4	42.3	5.1	9.0	0.02	2.5

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

جدول ۵- مقایسه اثرهای محلول‌پاشی کودهای مختلف پتاسیم در دو مرحله رشد بر میزان پتاسیم دانه گندم

Table 5- Mean Comparison of the effects of foliar application of different potassium fertilizer in two growth stages on the potassium content of wheat grain

مرحله رشد Growth Stage	محلول‌پاشی Spraying	پتاسیم دانه (درصد) Seed Potassium (%)
چکمه خوش Booting	شاهد No Spray	0.60b
	سولفات پتاسیم K_2SO_4	0.59bc
	سولفات پتاسیم + اوره K_2SO_4+Urea	0.56c
	فسفات دی‌هیدروژن پتاسیم KH_2PO_4	0.59bc
گلدهی Flowering	شاهد No Spray	0.65a
	سولفات پتاسیم K_2SO_4	0.65a
	سولفات پتاسیم + اوره K_2SO_4+Urea	0.67a
	فسفات دی‌هیدروژن پتاسیم KH_2PO_4	0.65a
LSD5%		0.30

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.

اگرچه نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل زمان محلول‌پاشی با تیمارهای محلول‌پاشی اثر معنی‌داری بر محتوای پروتئین دانه گندم دیم نداشت (جدول ۲)، اما تفاوت‌های چشمگیری از این لحاظ بین تیمارها وجود داشت و محلول‌پاشی ترکیبات پتاسیمی به ویژه سولفات پتاسیم در هر دو مرحله آبستنی و شروع گلدهی توانست محتوای پروتئین دانه را به‌ترتیب ۴۵ و ۵۲ درصد نسبت به شاهد افزایش دهد (جدول ۵). این افزایش‌ها با توجه به پائین بودن محتوای پروتئین دانه ارقام مختلف گندم دیم به‌منظور افزایش کیفیت دانه بسیار با اهمیت است. بنابراین به منظور افزایش محتوای پروتئین دانه محلول‌پاشی سولفات پتاسیم در یکی از مراحل آبستنی و شروع گلدهی توصیه می‌شود، اما به منظور افزایش کمی و کیفی عملکرد دانه محلول‌پاشی سولفات پتاسیم یک درصد در مرحله شروع گلدهی توصیه می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که محلول‌پاشی ترکیبات پتاسیمی به ویژه پس از گلدهی توانسته است محتوای پروتئین دانه را در ارقام مختلف گندم بهبود بخشد (Abdi *et al*., 2002; Hasheminasab *et al*., 2014; Jahanbin *et al*., 2015).

میزان بارندگی در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در ایستگاه سرارود ۲۲۷/۵ میلی متر بود که نسبت به سال زراعی گذشته ۲۸/۴ درصد کاهش داشت. پراکنش بارندگی در پاییز ۶۴، در زمستان ۱۱۰ و در بهار ۵۳ میلی‌متر بود. به‌عبارت دیگر، ۲۸/۳ درصد بارش‌ها در پاییز، ۴۸/۳ درصد در زمستان و ۲۳/۴ درصد در بهار به وقوع پیوسته است.

بر اساس این نتایج، بارندگی‌های هر سه فصل پاییز، زمستان و بهار نسبت به آمار بلندمدت به ترتیب ۵۲ (۷۰ میلی‌متر)، ۴۰ (۷۴ میلی‌متر) و ۵۷ درصد (۷۱ میلی‌متر) کاهش یافت که از لحاظ میزان تقریباً وضعیت مشابهی داشتند، اما از لحاظ درصد بیشترین کاهش مربوط به فصل بهار بود. با توجه به این‌که ایستگاه سرارود در تقسیم‌بندی اقلیمی دیم از ایستگاه‌های اصلی منطقه معتدل به‌شمار می‌آید و بارش‌های بهاری در این مناطق از اهمیت فوق العاده‌ای در تولید گندم دیم برخوردار می‌باشد، بنابراین کاهش بارندگی‌ها در طول فصل زراعی به ویژه در بهار صدمات جبران ناپذیری به دستیابی به پتانسیل واقعی و تولید گندم دیم در این منطقه می‌زند. اثر زمان محلول‌پاشی روی صفات عملکرد، اجزای عملکرد و درصد پروتئین و پتاسیم دانه گندم معنی‌دار نشد. به بیان دیگر، برای محلول‌پاشی ترکیبات پتاسیمی در گندم دیم انتخاب مرحله رشدی خاصی که بتواند در تمامی سطوح تیمارهای محلول‌پاشی پاسخ مشابهی دهد عملاً یافت نشد. در صورت نیاز برای انتخاب مرحله مناسب باید از اثر تلفیقی تیمارهای محلول‌پاشی در مرحله رشدی استفاده شود. محلول‌پاشی سولفات پتاسیم توانست عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری (۴۲۹ کیلوگرم در هکتار) نسبت به شاهد افزایش دهد. این تیمار بیشترین پروتئین دانه (۱۴/۸ درصد) را نیز تولید نمود که از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با تیمار شاهد داشت. اثر متقابل زمان محلول‌پاشی در تیمارهای محلول‌پاشی بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد معنی‌دار نبود.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر، استنباط می‌شود که مرحله خاصی را نمی‌توان برای محلول‌پاشی ترکیبات پتاسیمی از لحاظ افزایش عملکرد دانه و پروتئین دانه تعیین نمود. با اعمال محلول‌پاشی ترکیبات پتاسیمی نمی‌توان اظهار داشت عملکرد دانه گندم دیم به‌طور معنی‌دار و قابل قبولی (جبران هزینه‌های محلول‌پاشی) افزایش یابد. همچنین محلول‌پاشی ترکیبات پتاسیمی احتمالاً بتواند محتوای پروتئین دانه را افزایش دهد؛ به‌طوریکه سولفات پتاسیم مناسب‌ترین ترکیب می‌باشد.

سپاسگزاری

این مقاله بخشی از نتایج پروژه تحقیقاتی خاص به سفارش معاونت امور تولیدات گیاهی وزارت جهاد کشاورزی با کد مصوب ۰۴-۱۵-۱۵-۰۸۱-۰۰۱۲۷۰ است. بدین‌وسیله از زحمات تمام همکاران مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم و معاونت سرارود کرمانشاه که در این پروژه ما را یاری نمودند، سپاسگزاری می‌گردد.

References

Abdi, M., Mohamadi G. N., & Golchin, A. 2002. The influence of foliar nutrition of urea and potassium chloride on grain yield, grain protein content, yield components and leaf relative water content of Sardari wheat under rainfed condition. Agricultural Science, 8(1), 29-38. [In Persian]

Adnan, M., Shah, Z., Ullah, H., Khan, B., Arshad, M., Ahmad, M. I., Ali khan, G., Alam, M., Basir, A. Rahman, I., Ali, M., & Ullah khan, W. 2016. Yield response of wheat to nitrogen and potassium fertilization. Published by Bolan Society for Pure and Applied Biology, 5(4), 868-875. http://dx.doi.org/10.19045/bspab.2016.50109

Agricultural Statistics. 2021-2022. Ministry of Agriculture Jihad, Crops, No1: p. 100. [In Persian]

Aown, M., Raza, S., Saleem, M. F., Anjum, S. A., Khaliq, T., & Wahid, M. A. 2012. Foliar application of potassium under water deficit conditions improved the growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). The Journal of Animal & Plant Sciences, 22(2), 431-437.

Arabi, M. I. E., MirAli, N., & Jawhar, M. 2002. Effect of foliar and soil potassium fertilization on wheat yield and severity of *Septoria tritici* blotch. Australasian Plant Pathology, 31, 359–362. https://doi.org/10.1071/AP02040

Campillo, R, Jobet, C., & Undurraga, P. 2010. Effects of nitrogen on productivity, grain quality, and optimal nitrogen rates in winter wheat cv. Kumpainia in Andisols of southern Chile. Chilian Journal of Agricultural Research, 70, 122-131.

Dashadi, M. 2020. Influence of nitrogen and potassium application on yield and yield components of Rainfed wheat under different rotation managements. Iranian Dryland Agronomy Journal, 9(2), 153-172. https://doi.org/10.22092/idaj.2020.342343.297. [In Persian]

Demiral, T., & Turkan, I. 2005. Comparative lipid peroxidation, antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. Environmental and Experimental Botany, 53, 247-257. http://dx.doi.org/10.1016

EL-Abady, M., Seadh, S., EL-Ward, A., Ibrahim, A., & EL-Emami, A. M. 2009. Irrigation with holding and potassium foliar application effect on wheat yield and quality. International Journal of Sustainable Crop Production, 4(4), 33-39.

ElHadi, A. H., Ismail, A. K. M., & El Akabawy, M. A. 1997. Effect of potassium on the drought resistance of crops in Egyptian conditions. In: A. E. Johnston(ed) food security in the WANA region, the essential need for balanced fertilization, 26-30 May 1997, Izmir, Turkey, pp. 328-336.

Feizi Asl, V. 2020. Evaluation of soil fertility status in northwest of Iran drylands by nutrient index value (NIV). Water and Soil (Agricultural Sciences and Technology), 34(4), 897-919. https://doi.org/ 10.22067/JSW.V34I4.84165. [In Persian]

Food and Agriculture Organization. Wheat production in 2020 from pick lists: Crops/World regions/Production quantity. UN Food and Agriculture Organization, Statistics Division, FAOSTAT. 2022. Retrieved 7 March 2022.

Gath, S. 1992. Dynamics of K availability in soils (German). Report of the institute furlandeskultar, Jestus-Liebig University Giessen, Germany.

Gul, B., Ansari, R., Flowers, T. J., & Khan, M. A. 2013. Germination strategies of halophyte seeds under salinity. Environmental and Experimental Botany, 92: 4-18. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.11.006

Hasheminasab, F. S., Mousavi Baygi, M., Bakhtiari, B., & Bannayan, M. 2014. The effects of rainfall on dryland wheat yield and water requirement satisfaction index at different time scales. Irrigation and Water Engineering, 5(1), 1-13. [In Persian]

Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L., & Nelson, W. L. 1999. Soil fertility and fertilizers, an introduction to nutrient management. Prentice – Hall, Inc.

Jahanbin, Sh., Vafapour, M., Yadavi, A., & Behzadi, Y. 2015. Assessment of growth and some characteristics of wheat cultivar of Alvand under deficit irrigation and foliar application of potassium di-hydrogen phosphate. Agricultural Science and Sustainable Production, 25(3), 103-118. [In Persian]

Johnston, A. E., Barraclough, P. B, Poulton, P. R., & Dawson, C. J. 1998. Assessment of some spatial variable soil factors limiting crop yield. Proceeding No. 419, the International Fertilizer Society, York, UK, 48 Pages .

Limon-ortega, A., Munguia-Lopez, J. P., & Espitia-Rangel, E. 2020. Foliar K application to rainfed wheat in a soil testing high K as an option to improve K use efficiency, grain yield and yield components. Journal of Plant Nutrition, 43(8), 1080-1090. doi: 10.1080/01904167.2020.1724301.

Malakouti, M. J., & Gheybi, M. N. 1997. Determining the critical limit of nutritional elements of strategic crops and correct fertilizer recommendations in the country. Publications of the Agricultural Research, Education and Extension Organization. [In Persian]

Malghani, A. L., Malik, A. U., Sattarb, A., Hassaina, F., Abbasc, G., & Hussaind, J. 2010. Response of growth and yield of wheat to NPK fertilizer. Science International (Lahore), 24 (2), 185-189

Raza, M. A. S., Saleem, M. F., Shah, G. M., Jamil, M., & Khan, I. H. 2013. Potassium applied under drought improves physiological and nutrient uptake performances of wheat (*Triticum Aestivun* L.). Soil Science and Plant Nutrition, 13(1), 175-185. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162013005000016

Reisi, R., Abooei Mehrizi, F., & Poustini, K. 2021. Evaluation of soluble carbohydrates remobilization and some physiological traits of different bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under salt stress and non-stressed conditions. Iranian Journal of Field Crop Science, 52 (2), 229-240. https://doi.org/ 10.22059/IJFCS.2020.299064.654697. [In Persian]

Sadeghi Fard, M., Malakouti, M. J., Jalali, V., & Zare, A. A. 2022. Investigation of the role of potassium Sulfate solution containing zinc chelate in increasing yield and decreasing water consumption in wheat in Kahnooj region (Kerman). Plant Process and Function, 11(49), 63-74. https://doi.org/20.1001.1.23222727.1401.11.49.8.1 [In Persian]

Salisbury, F. B., & Ross, C. W. 1992. Plant physiology. Fourth edition. Wadswarth publishing company, Belmont, California, pp. 682

Sharma, N. 2002. Response of draft wheat to NPK and Ca. Indian Journal Plant Physiology, 25, 364-370.

Tavakoli, N., Ebadi Khazineh, A., & Tavakoli, H. 2015. Variations of dry matter yield, some of osmolytes and nutrient elements in wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) under drought stress. Ecophysiology, 9(353), 353-370. [In Persian]

Wyrwa, P., Diatta, J. B., & Grzebisz, W. 1998. Spring triticale reaction to stimulated drought and potassium fertilization. In: Proceedings of the 11th International symposium on Codes of good fertilizer practice and balanced fertilization. 27-29, Pulawy, Poland, pp. 255-259.