Cereal Biotechnology and Biochemistry

Online ISSN: 2783-5170

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

The effect of foliar application of Vitaspirin and some organic and inorganic compounds on the quantity and quality of grain yield of dryland wheat

Firouzeh Sharifi Kalyani[1], Adel Siosemardeh[1] ✉, Farzad Hosseinpanahi[1], Saied Jalali-Honarmand[2,3], Paul Struik[4] & Muhammad Farooq[5]

[1] Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

[2] Department of Agronomy and Plant Breeding, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran.

[3] Cereal Research Center, Razi University, Kermanshah, Iran.

[4] Centre for Crop Systems Analysis, Wageningen University, Netherlands.

[5] Department of Plant Sciences, College of Agricultural and Marine Sciences, Sultan Qaboos University, Oman.

✉ Corresponding author. E-mail: a33@uok.ac.ir

ABSTRACT

Introduction: In Iran, the calcareous soil, coupled with its elevated acidity and deficiency in organic matter, results in limited nutrient mobility within the soil. Consequently, the soil application of nutrients may not yield effective results. Under these circumstances, foliar application of nutrients enhances the plant's nutrient uptake while avoiding the adverse effects associated with fertilization in soil. Therefore, this research aimed to examine the impact of foliar application of vitasprin and various organic substances on the physiological characteristics and quantitative and qualitative yield of dryland wheat grain.

Materials and methods: This study was carried out during the cropping seasons of 2018-2019 and 2019-2020 at the research farm and crop plant physiology laboratory in the faculty of agriculture at the University of Kurdistan. This research was carried out employing a randomized complete block design, incorporating three replications and six distinct treatments on dryland wheat (Azar2). Treatments included foliar application at stem elongation and heading stages at the rate of 40 ml m-2 of urea (4%), zinc sulfate (0.3%), potassium chloride (2%), vitaspirin (0.1%), humic acid (0.1%), and a control. Physiological characteristics were assessed during the heading stage. Grain yield, grain quality traits, and nutrient concentrations in the grain were also determined at the physiological maturity stage.

Results: Rainfall in 2019-2020 was 19% lower than in 2018-2019, leading to reduced RWC, grain yield, and grain potassium content, but increased grain protein content, grain gluten content, strong gluten, falling number, and grain phosphorus content. In both cropping seasons, all foliar application treatments significantly improved the RWC of the leaf. Also, the foliar application of potassium chloride had a positive influence on boosting leaf carbohydrate content. Foliar application of compounds did not have a significant effect on improving grain yield. Foliar application of urea, zinc sulfate, humic acid, and vitaspirin upgraded grain protein content by 18.1, 17.9, 12.7, and 12.6%, respectively. Also, the foliar application of zinc sulfate and humic acid increased grain gluten content by 4.1 and 4%, respectively, compared to the control treatment. The foliar application of humic acid resulted in a 12.5% enhancement in the phosphorus concentration of grain.

Conclusion: In this experiment, the effect of foliar application of nutrients during the stem elongation and heading stages on physiological traits and grain quality was greater than grain yield. This experiment showed that foliar application of vitasprin, urea, and zinc sulfate can be recommended to improve grain quality in terms of grain protein content, gluten index, and falling number.

Keywords: Gene expression, malondialdehyde, Plant stress, Zn application.

Article Type: Research Article

Article history: Received: 01 Sep 2024, **Revised:** 30 Oct 2024, **Accepted:** 24 Nov 2024, **Published online:** 27 Dec 2024

Cite this article: Sharifi Kalyani, F., Siosemardeh, A., Hosseinpanahi, F., Jalali-Honarmand, S., Struik, P, & Farooq, M. (2024). The effect of foliar application of Vitaspirin and some organic and inorganic compounds on the quantity and quality of grain yield of dryland wheat. *Cereal Biotechnology and Biochemistry*, *3*(4), 498-516. DOI: 10.22126/cbb.2025.11566.1097

© The Author(s).

10.22126/cbb.2025.11566.1097

Publisher: Razi University

بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات
شاپا الکترونیکی: ۵۱۷۰-۲۷۸۳
Homepage: https://cbb.razi.ac.ir

تأثیر محلول‌پاشی ویتاسپیرین و برخی ترکیبات آلی و معدنی بر کمیت و کیفیت عملکرد دانه گندم دیم

فیروزه شریفی کالیانی[۱]، عادل سی و سه مرده[۱]✉، فرزاد حسین پناهی[۱] سعید جلالی هنرمند[۲و۳] پایول آستروک[۴] و محمد فاروق[۵]

[۱] گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
[۲] گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
[۳] مرکز تحقیقات غلات، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
[۴] مرکز تجزیه و تحلیل سیستم های محصول، دانشگاه واخنینگن، هلند.
[۵] گروه علوم گیاهی، دانشکده کشاورزی و علوم دریایی، دانشگاه سلطان قابوس، عمان.
✉نویسنده مسئول. رایانامه: a33@uok.ac.ir

چکیده

مقدمه: در ایران به دلیل آهکی بودن خاک، اسیدیته بالا و کمبود مواد آلی خاک، عناصر غذایی تحرک کمی در خاک دارند و کاربرد عناصر غذایی در خاک همیشه مؤثر نیست. در چنین شرایطی محلول‌پاشی عناصر غذایی باعث افزایش جذب عناصر توسط گیاه می‌شود و از طرفی اثرات منفی کاربرد کود در خاک را نخواهد داشت. بنابراین هدف از انجام این مطالعه بررسی تأثیر محلول‌پاشی ویتاسپرین و سایر ترکیبات بر صفات فیزیولوژیک، عملکرد کمی و کیفی دانه گندم دیم بود.

مواد و روش‌ها: این آزمایش در فصل‌های زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی و آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان انجام شد. این مطالعه با استفاده از طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار و شش تیمار مجزا بر روی گندم دیم (آذر۲) انجام شد. تیمارها شامل محلول‌پاشی در مراحل ساقه‌دهی و سنبله‌دهی به میزان ۴۰ میلی‌لیتر در متر مربع اوره (۴ درصد)، سولفات روی (۰/۳ درصد)، کلرید پتاسیم (۲ درصد)، ویتاسپرین (۰/۱ درصد)، اسید هیومیک (۰/۱ درصد) و شاهد بود. صفات فیزیولوژیک در مرحله سنبله‌دهی اندازه گیری شدند. عملکرد دانه، صفات مربوط به کیفیت دانه و غلظت عناصر غذایی موجود در دانه نیز در مرحله رسیدگی کامل بررسی شدند.

یافته‌ها: میزان بارندگی در فصل زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در مقایسه با فصل زراعی ۹۸-۱۳۹۷، ۱۹ درصد کاهش یافت که این امر منجر به کاهش محتوای آب نسبی برگ، عملکرد دانه و محتوای پتاسیم در دانه شد، این در حالی بود که محتوای پروتئین دانه، محتوای گلوتن دانه، محتوای گلوتن قوی دانه، عدد فالینگ و محتوای فسفر دانه را افزایش داد. در هر دو فصل زراعی، همه ترکیبات محلول‌پاشی شده به طور قابل‌توجهی باعث بهبود محتوای آب نسبی در برگ شدند. همچنین محلول‌پاشی کلرید پتاسیم تأثیر مثبتی بر افزایش محتوای کربوهیدرات برگ داشت. ترکیبات محلول‌پاشی شده اثر معنی‌داری بر بهبود عملکرد دانه نداشتند. محلول‌پاشی اوره، سولفات روی، اسید هیومیک و ویتاسپرین به ترتیب ۱۸/۱، ۱۷/۹، ۱۲/۷ و ۱۲/۶ درصد پروتئین دانه را افزایش دادند. همچنین محلول‌پاشی سولفات روی و اسید هیومیک میزان گلوتن دانه را به ترتیب ۴/۱ و ۴ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند. محلول‌پاشی اسید هیومیک نیز غلظت فسفر دانه را ۱۲/۵ درصد بهبود بخشید.

نتیجه‌گیری: در این آزمایش تأثیر محلول‌پاشی عناصر غذایی در مراحل ساقه‌دهی و سنبله‌دهی بر صفات فیزیولوژیک و کیفیت دانه بیشتر از عملکرد دانه بود. نتایج این آزمایش نشان داد که محلول‌پاشی ویتاسپرین، اوره و سولفات روی می‌تواند برای بهبود کیفیت دانه‌ها مانند محتوای پروتئین دانه، شاخص گلوتن و عدد فالینگ پیشنهاد شود.

واژه‌های کلیدی: پروتئین دانه، عدد فالینگ، فسفر دانه، محتوای آب نسبی، مرحله سنبله‌دهی.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

نوع مقاله: دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۱۱ **اصلاح:** ۱۴۰۳/۰۸/۰۹ **پذیرش:** ۱۴۰۳/۰۹/۰۴، **انتشار آنلاین:** ۱۴۰۳/۱۱/۰۷

استناد: شریفی کالیانی، ف.، سی و سه مرده، ع.، حسین پناهی، ف.، جلالی هنرمند، س.، آستروک، پ. و فاروق، م. (۱۴۰۳). تأثیر محلول‌پاشی ویتاسپیرین و برخی ترکیبات آلی و معدنی بر کمیت و کیفیت عملکرد دانه گندم دیم. *بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات*، ۳(۴)، ۴۹۸-۵۱۶. DOI: 10.22126/cbb.2025.11566.1097

ناشر: دانشگاه رازی

© نویسندگان.

مقدمه

غلات به‌عنوان منبع غذایی حیاتی در سرتاسر جهان به‌شمار می‌روند و در بین غلات، گندم ۲۲ درصد از سطح زیر کشت را دارا می‌باشد (Pavia *et al.*, 2019). با توجه به روند روبه رشد جمعیت، امکان گسترش سطح زیر کشت با محدودیت مواجه است. بنابراین، استفاده از راهکارهای مدیریتی مؤثر برای افزایش تولید محصول، امری ضروری می‌باشد (Farooq *et al.*, 2020). عملکرد متوسط گندم در بسیاری از کشورها به‌دلیل استفاده نامتعادل از مواد مغذی، پایین است، بنابراین استفاده از یک رویکرد یکپارچه مانند محلول‌پاشی عناصر غذایی برای رسیدن به یک تغذیه متعادل تأثیر بسزایی دارد (Aziz *et al.*, 2019).

خاک در بسیاری از کشورهای آسیایی، مانند ایران، آهکی، اسیدی و دارای مواد آلی کم است و این امر باعث می‌شود که مواد غذایی به کندی در خاک حرکت کنند (Narimani *et al.*, 2010). در این شرایط می توان از محلول‌پاشی عناصر غذایی برای افزایش جذب توسط گیاه و در عین حال اجتناب از برخی عوارض جانبی منفی کاربرد کود در خاک استفاده کرد (Aziz *et al.*, 2019). تغذیه مناسب گیاه برای بهبود مقاومت به تنش خشکی و افزایش عملکرد و کیفیت دانه گندم حیاتی است. برای دستیابی به یک رژیم غذایی متعادل، یک استراتژی جامع شامل محلول‌پاشی مواد مغذی می‌تواند کیفیت دانه‌های گندم را بهبود بخشد و عملکرد را افزایش دهد (Afzal *et al.*, 2020).

گزارش شده است که محلول‌پاشی روی، پیری برگ را به تاخیر انداخته و طول مدت فتوسنتز، تولید کربوهیدرات، انتقال کربوهیدرات‌ها به دانه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و محتوای روی در دانه را افزایش داده است (Aziz *et al.*, 2019). در تحقیق دیگر، محلول‌پاشی نیتروژن با از بین بردن کمبود نیتروژن برگ و به تاخیر انداختن روند پیری برگ، محتوای پروتئین و گلوتن دانه در گندم را بهبود بخشیده است (Lyu *et al.*, 2022). همچنین در آزمایشی، محلول‌پاشی اوره در مرحله گلدهی باعث افزایش پروتئین دانه، محتوای گلوتن دانه و کاهش تعداد دانه در گندم شد (Rossmann *et al.*, 2019). از طرفی محلول‌پاشی اسید هیومیک نیز با افزایش محتوای کلروفیل برگ، افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و افزایش پروتئین‌های محلول برگ، اثرات مثبتی بر افزایش عملکرد دانه داشت (Delfine *et al.*, 2005). گیاسودین و همکاران (Giasuddin *et al.*, 2007) نیز گزارش کردند که اسید هیومیک از طریق بهبود نفوذپذیری غشای سلول، ورود پتاسیم را تسهیل کرده که این امر در نهایت منجر به فزایش فشار داخلی سلولی، تقسیم سلول و رشد می‌شود. همچنین در این پژوهش بیان کردند که افزایش انرژی در داخل سلول اثرات مثبتی بر تولید کلروفیل و سرعت فتوسنتز دارد. استفاده از ترکیبات آنتی اکسیدانی مانند اسید اسکوربیک راه دیگری برای افزایش مقاومت به تنش در گندم است (Hafez & Gharib, 2016). اسید اسکوربیک با افزایش محتوی کلروفیل، عملکرد و غلظت مواد مغذی را در گیاهان افزایش می‌دهد (El-Awadi *et*

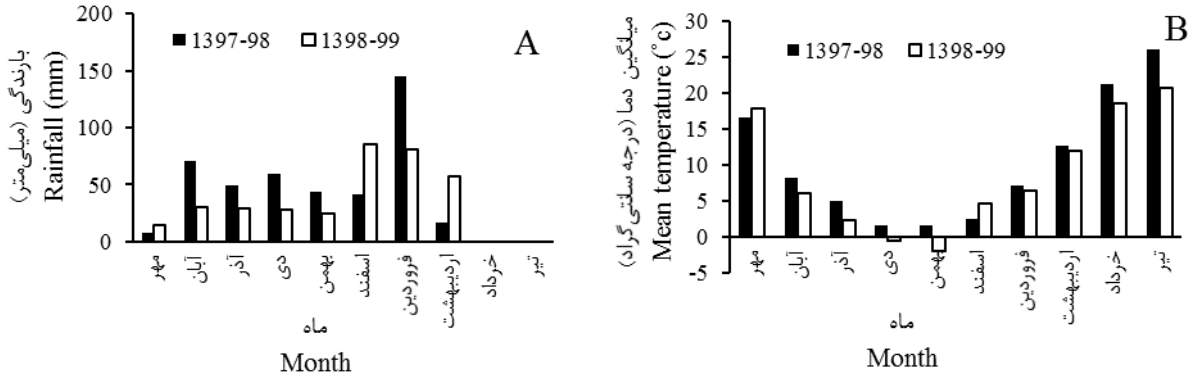
al., 2014). همچنین اسید سالیسیلیک، سطوح هورمون‌های گیاهی از جمله سیتوکینین و اکسین را افزایش می‌دهد که این امر باعث بهبود فعالیت فتوسنتزی، عملکرد دانه، جذب نیتروژن و محتوای پروتئین در گیاهان می‌گردد (Afzal *et al.*, 2020). محبی و همکاران (Mohebbi *et al.*, 2022) نیز بیان کردند که کاربرد اسید سالیسیلیک نقش کلیدی در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیک مانند جوانه‌زنی، رشد و نمو گیاه، تأثیر در باز و بسته شدن روزنه‌ها، فتوسنتز، جذب یون‌ها و پاسخ‌های دفاعی دارد و افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی با کاربرداسید سالیسیلیک در گیاهان گزارش شده است.

در آزمایش‌های انجام شده توسط شریفی کالیانی و همکاران (Sharifi Kalyani *et al.*, 2023a; Sharifi Kalyani *et al.*, 2023b) اثرات مثبت محلول‌پاشی ویتاسپیرین بر افزایش عملکرد دانه نشان داده شده است. هر گرم از ویتاسپرین حاوی ۲۵۰ میلی گرم اسید سالیسیلیک و ۲۰۰ میلی گرم اسید اسکوربیک است. هدف ما در آزمایش بررسی اثرات محلول‌پاشی ویتاسپیرین بر ویژگی‌های کیفی و غلظت عناصر غذایی در دانه گندم دیم بود. این اولین آزمایشی است که به تأثیر محلول‌پاشی ویتاسپیرین بر کیفیت عملکرد گندم می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

محل و مواد آزمایش

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی و آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان در فصل‌های زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ انجام شد. این مزرعه در ۳۵/۱۸ درجه شمالی و ۴۷/۱۸درجه شرقی در ۳۵ کیلومتری شرق شهر سنندج با ارتفاع ۱۸۶۶ متر از سطح دریا واقع شده است. میانگین بارندگی سالیانه در این منطقه ۳۵۰ میلی‌متر است و آب و هوای منطقه از نوع مدیترانه‌ای و نیمه خشک است. خواص فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ و میانگین بارندگی و دمای فصل‌های رشد ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ در شکل ۱ آورده شده است.



شکل ۱- میانگین ماهانه بارندگی (A) و دما (B) در طول فصل‌های رشد ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸.

Figure 1- Average monthly rainfall (A) and temperature (B) during the growing seasons of 2018-2019 and 2019-2020.

جدول ۱- خواص فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در عمق ۳۰-۰ سانتی متری.

Table 1- Physical and chemical properties of the soil at the test site at a 0-30 cm depth.

	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	شن (درصد) Sand (%)	رس (درصد) Clay (%)	نیتروژن (درصد) N (%)	هدایت الکتریکی EC ($dS\ m^{-1}$)	فسفر P ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم K ($mg\ kg^{-1}$)	روی Zn ($mg\ kg^{-1}$)	اسیدیته pH
میانگین ۲ فصل زراعی (۱۳۹۷-۹۹) Average of two cropping seasons (2018-2020)	0.90	35.7	15.75	48.55	0.09	0.48	11.50	336	0.45	7.36

طرح آزمایشی و تیمارهای محلول‌پاشی

در هر دو فصل زراعی در فصل پاییز، برای آماده‌سازی بستر بذر، شخم با استفاده از گاوآهن (چیزل) و به دنبال آن دیسک زده شد. قبل از کاشت، با توجه به نتایج آزمایش خاک، کود اوره (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) همراه با کود سولفات پتاسیم (۲۵ کیلوگرم در هکتار) و کود سوپر فسفات (۶۰ کیلوگرم در هکتار) به خاک اضافه شد. آزمایش بر روی بذور گندم رقم آذر ۲ که از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان تهیه شده بود، انجام شد. رقم آذر ۲ از تلاقی ارقام سرداری (سفید) و اینیا حاصل شده است و نسبت به خشکی، سرما، ورس و ریزش دانه متحمل می‌باشد. رقم آذر ۲ در مقایسه با رقم سرداری از عملکرد بیشتری برخوردار است و زود رس نیز می‌باشد (Keshavarz *et al.*, 2016). در این رقم، میزان پروتئین دانه ۱۱/۷۲-۱۱/۳۰ درصد و میانگین عملکرد دانه تا ۲/۰۴ تن در

هکتار گزارش شده است (Eskandari & Roustaei, 2007). بذر گندم دیم (آذر۲) با تراکم ۳۵۰ بذر در متر مربع کاشته شد که معادل ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار است. این مطالعه با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و شش تیمار مجزا انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل محلول‌پاشی اوره (Urea, Merck, 818710) با غلظت چهار درصد (Khan *et al.*, 2009)، سولفات روی ($ZnSO_4.7H_2O$,Merck, 108883) با غلظت ۰/۳ درصد (Saifullah *et al.*, 2014)، کلرید پتاسیم (K CL, Merck, 104936) با غلظت دو درصد، ویتاسپرین (Aspirin+Vitamin C, Aspirina C Rooyan) با غلظت ۰/۱ درصد (Sharifi Kalyani *et al.*, 2023b)، اسید هیومیک ($C_9H_9NO_6$, 1415-93-6) با غلظت ۰/۱ درصد و شاهد بود. ترکیبات شیمیایی مورد استفاده در این آزمایش از آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان تأمین شد. محلول‌پاشی ترکیبات مختلف به میزان ۴۰۰ لیتر در هکتار در دو مرحله ساقه‌دهی (کد ۳۱ زادوکس) و سنبله-دهی (کد ۵۹ زادوکس) انجام شد. زمان انجام محلول‌پاشی‌ها، در هنگام غروب آفتاب بود (Unyayar *et al.*, 2004). ماده توین ۲۰ (Tween 20) با غلظت ۰/۱ درصد نیز به‌عنوان مویان در تهیه محلول‌ها استفاده شد. هر واحد آزمایشی از ۱۹ ردیف به طول شش متر تشکیل شده بود. بین ردیف‌ها فاصله‌ی ۱۵ سانتی‌متری وجود داشت. فاصله بین تیمارها نیم متر و فاصله بین تکرارها دو متر تعیین شد. علف‌های هرز پهن برگ در اوایل فروردین ماه به‌صورت دستی کنترل شدند. کاشت گندم در ۴ آبان ماه ۱۳۹۷و ۳۰ مهر ماه ۱۳۹۸ انجام شد. همچنین برداشت گندم در ۱۸ تیرماه ۱۳۹۸ و ۹ تیرماه ۱۳۹۹ صورت گرفت.

صفات فیزیولوژیک

برای اندازه‌گیری غلظت کربوهیدرات‌های محلول از روش یم و ویلیس (Yemm & Willis, 1954) و محتوی پرولین محلول در برگ از روش بیتس و همکاران (Bates *et al.*, 1973) استفاده شد. زمان نمونه‌گیری جهت اندازه‌گیری این صفت‌ها یک هفته پس از انجام محلول‌پاشی دوم (در مرحله سنبله‌دهی، کد ۵۹ زادوکس) و بافت مورد نظر برگ پرچم بود. نمونه‌ها با استفاده از نیتروژن مایع منجمد شدند و تا زمان انجام آزمایش‌ها در فریزر با دمای ۴۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. همچنین محتوای آب نسبی در برگ از روش ریتچی و همکاران (Ritchie *et al.*, 1990) در مرحله سنبله‌دهی اندازه گیری شد.

جهت اندازه‌گیری محتوای آب نسبی در برگ (RWC[1]) در ابتدا وزن تر اولیه نمونه برگ پرچم (FW[2]) ثبت گردید، سپس به مدت ۲۴ ساعت نمونه برگ پرچم در داخل آب مقطر نگه‌داری شد و وزن آن به‌عنوان وزن آماس (TW[3]) یادداشت شد. سپس نمونه برگ پرچم در آون با دمای ۸۰-۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت

[1]. Relative Water Content
[2]. Fresh Weight
[3]. Turgence Weight

قرار گرفت و وزن آن به‌عنوان وزن خشک (DW[4]) لحاظ شد و در نهایت محتوای آب نسبی در برگ بر حسب درصد با استفاده از معادله زیر بدست آمد:

معادله (۱)

$$RWC = [(FW - DW)/(TW - DW)] \times 100$$

عملکرد دانه

جهت تعیین عملکرد دانه، در مرحله رسیدگی کامل (کد ۹۳ زادوکس)، از هر کرت مساحتی به اندازه ۱×۱ متر برداشت شد.

خصوصیات کیفی دانه

در مرحله رسیدگی کامل (کد ۹۳ زادوکس)، خصوصیات کیفی دانه مورد بررسی قرار گرفت. محتوای پروتئین دانه با استفاده از دستگاه NIR[5] -7200 اندازه‌گیری شد. برای ارزیابی صفات مرتبط با گلوتن و عدد فالینگ، دانه‌های گندم با استفاده از آسیاب آزمایشگاهی (Perten 3100, Sweden) آسیاب شدند. میزان گلوتن قوی و گلوتن کل نیز با استفاده از دستگاه گلوتن شور (Glutomatic System) اندازه‌گیری شد (Amiri *et al.*, 2018).

معادله (۲)

$$Glu\ (t) = Glu(s) + Glu\ (w)$$

Glu (t)، Glu (s) و Glu (w) به‌ترتیب گلوتن کل (g)، گلوتن قوی (g) و گلوتن ضعیف (g) هستند.

محاسبه شاخص گلوتن با استفاده از فرمول (گلوتن قوی تقسیم بر گلوتن کل) ضرب در ۱۰۰ انجام شد. عدد فالینگ با ارزیابی فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز با استفاده از روش استاندارد AACC, 65-81B و دستگاه فالینگ نامبر (1500-Perten Instruments, Huddinge, Sweden) تعیین شد (Amiri *et al.*, 2018).

غلظت فسفر و پتاسیم دانه

غلظت فسفر و پتاسیم دانه در مرحله رسیدگی کامل (کد ۹۳ زادوکس) تعیین شد. غلظت فسفر دانه با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Jenway 6505 UV/Vis. Spectrophotometer) ارزیابی شد (Jones *et al.*, 1991). اندازه گیری غلظت پتاسیم دانه نیز با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر (XP-5, BWB Flame photometer) انجام شد (Chapman & Pratt, 1962).

تجزیه و تحلیل آماری

پس از جمع‌آوری داده‌ها، آزمون بارتلت جهت بررسی همگنی واریانس خطاهای آزمایشی در فصل‌های زراعی مختلف انجام شد. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS (ver. 9.1) انجام شد که در آن سال‌ها و بلوک‌ها به صورت اثرات تصادفی و محلول‌پاشی به عنوان اثر ثابت در نظر گرفته شد. همچنین مقایسه میانگین‌ها داده‌ها به روش LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. محاسبه ضرایب همبستگی با استفاده از نرم افزار SPSS (ver.16) انجام شد. نمودارها نیز در محیط نرم افزار Excel رسم شدند.

[4]. Dry Weight
[5]. Near Infrared Reflectance

نتایج و بحث

تأثیر سال و محلول‌پاشی بر عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که در این آزمایش عملکرد دانه تنها تحت تأثیر سال قرار گرفت ($p\leq0.05$، جدول ۲). عملکرد دانه در فصل زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در مقایسه با فصل زراعی ۹۸-۱۳۹۷ کاهش یافت. بیش‌ترین عملکرد دانه در تیمار محلول‌پاشی اسید هیومیک مشاهده شد، اما اختلاف آن با تیمار شاهد معنی‌دار نبود (جدول ۳). اثرات مثبت محلول‌پاشی اسید هیومیک بر عملکرد دانه گندم در آزمایش‌های مختلفی گزارش شده است و این امر به افزایش تعداد سنبله در متر مربع، طول سنبله و تعداد سنبلچه نسبت داده شده است (Delfine *et al.*, 2005; Sharifi Kalyani *et al.*, 2023b). با کاهش سطح برگ، اکثر فرآیندهای فتوسنتزی توسط سنبله‌ها انجام می‌شود. بنابراین، افزایش تعداد سنبله‌ها منجر به افزایش عملکرد دانه می‌گردد (Sharifi Kalyani *et al.*, 2023b).

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب اثر تیمار محلول‌پاشی بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیک گندم دیم در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی درفصل‌های زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸.

Table 2- Combined analysis of variance of effect of foliar application treatment on grain yield and some physiological characteristics of dry land wheat in a randomized complete block design in 2018-2019 and 2019-2020.

		میانگین مربعات Mean Squares			
منابع تغییرات Source of Variation	درجه آزادی Df	عملکرد دانه Grain yield	محتوی آب نسبی Relative water content	پرولین Proline	کربوهیدرات‌های محلول Soluble carbohydrate
سال Year	1	53245*	89.52**	0.253^{ns}	213^{ns}
بلوک (سال) Block (year)	4	2944	4.15	0.052	30.62
تیمار Treatment	5	2295^{ns}	253**	0.026^{ns}	55.20^{ns}
سال×تیمار Year×Treatment	5	477^{ns}	15.85*	0.021*	33.75**
خطا Error	20	341	5.6	0.006	5.83
ضریب تغییرات C V	-	6.52	2.85	7.04	4.28

**، * و ns به‌ترتیب نشان دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم اختلاف معنی‌دار هستند.

**, *, and ns, indicate a significant difference at 1%, 5% probability level and no significant difference, respectively.

جدول ۳- تأثیر محلول‌پاشی ترکیبات مختلف آلی و معدنی بر عملکرد دانه و کیفیت دانه گندم دیم.

Table 3- Influence of foliar application of different organic and inorganic compounds on grain yield, and grain quality of dryland wheat.

	عملکرد دانه (گرم بر متر مربع) Grain yield (gm^{-2})	پروتئین دانه (درصد) Grain protein content (%)	گلوتن کل (گرم) Total gluten (g)	گلوتن قوی (گرم) Strong gluten (g)	شاخص گلوتن (درصد) Gluten index (%)	عدد فالینگ (ثانیه) Falling number (sec)	پتاسیم دانه (میلی‌گرم بر گرم) Grain potassium ($mg\ g^{-1}$)
سال Year							
۱۳۹۷-۹۸ 2018-2019	321[a]	10.92[b]	5.52[b]	3.81[b]	69.21[a]	271[b]	2.72[a]
۱۳۹۸-۹۹ 2019-2020	244[b]	12.25[a]	6.07[a]	4.21[a]	69.37[a]	288[a]	2.61[b]
محلول‌پاشی Foliar application							
شاهد Control	248[a]	10.41[c]	5.83[b]	3.67[a]	63.03[b]	257[c]	2.56[a]
اوره Urea	287[a]	12.30[a]	5.70[b]	4.10[a]	72.01[a]	290[ab]	2.73[a]
سولفات روی Zinc sulfate	281[a]	12.27[a]	6.07[a]	4.16[a]	68.53[a]	300[a]	2.62[a]
اسید هیومیک Humic acid	307[a]	11.73[ab]	6.06[a]	4.12[a]	67.89[ab]	299[a]	2.58[a]
کلرید پتاسیم Potassium chloride	282[a]	11.09[bc]	5.48[c]	3.99[a]	72.74[a]	255[c]	2.79[a]
ویتاسپیرین Vitaspirin	292[a]	11.72[ab]	5.65[bc]	4.04[a]	71.54[a]	277[b]	2.70[a]

مقادیر درون یک گروه در یک ستون با حرف یکسان فاقد اختلاف معنی‌دار به روش LSD و در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Values within a group in a column bearing followed by the same letter are not significantly different by LSD's test and at the 5% probability level.

اثر سال و محلول‌پاشی بر صفات فیزیولوژیک

محتوای نسبی آب برگ (RWC)

در آزمایش حاضر، میزان RWC در برگ تحت تأثیر اثرات متقابل سال× تیمار محلول‌پاشی قرار گرفت ($p\leq0.05$، جدول ۲). حداکثر RWC در تیمار محلول‌پاشی با اسید هیومیک در فصل زراعی ۹۸-۱۳۹۷ مشاهده شد. این در حالی بود که تیمار محلول‌پاشی اسید هیومیک به طور قابل توجهی RWC را در فصل زراعی ۹۹-۱۳۹۸ نیز بهبود بخشید (شکل ۲A). در این آزمایش بیشترین عملکرد دانه در تیمار محلول‌پاشی اسید هیومیک به‌دست آمد (جدول ۳). همچنین RWC و عملکرد دانه در هر دو فصل زراعی همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند. ضریب همبستگی عملکرد دانه و RWC در سال‌های ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ به‌ترتیب $r= 0.732$، $p\leq0.01$ و $r=0.505$، $p\leq0.05$ بود. در واقع با افزایش میزان RWC، گیاه از میزان فتوسنتز و تعرق بیشتری برخوردار است، بنابراین مقاومت به تنش در گیاه

بهبود می‌یابد و این امر در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه می‌گردد (Maghsoudi *et al.*, 2019).

پرولین برگ

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها بیانگر آن بود که اثرات متقابل سال× تیمار محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری بر میزان پرولین در برگ گذاشت ($p\leq0.05$، جدول ۲). در این آزمایش، بیشترین محتوای پرولین برگ در تیمار محلول‌پاشی ویتاسپرین در فصل زراعی ۹۹-۱۳۹۸ یافت شد (شکل 2B). وجود اسید سالیسیلیک در ساختار ویتاسپرین احتمالاً مسئول اثرات آن بر افزایش تجمع پرولین است. از طرفی اسید سالیسیلیک با افزایش تجمع پرولین و مهار سنتز آمینو سیکلوپروپان کربوکسیلیک اسید، تحمل تنش را در گیاهان افزایش می دهد (Estaji & Niknam, 2020). بالاتر بودن میزان پرولین در فصل زراعی ۹۹-۱۳۹۸، احتمالاً به‌دلیل کاهش بارندگی و افزایش تنش خشکی (شکل 1A) است زیرا در این شرایط به‌دلیل افزایش سنتز پرولین از گلوتامات، کاهش اکسیداسیون پرولین، افزایش فعالیت آنزیم پروتئاز و کاهش استفاده از پرولین ناشی از کاهش رشد، میزان پرولین افزایش می‌یابد (Todaka *et al.*, 2017).

کربوهیدرات‌های محلول برگ

میزان کربوهیدرات‌های محلول در برگ تحت تأثیر اثرات متقابل سال× تیمار محلول‌پاشی قرار گرفت ($p\leq0.01$، جدول ۲). حداکثر میزان کربوهیدرات‌های محلول برگ در تیمار محلول‌پاشی اسید هیومیک در فصل زراعی ۹۹-۱۳۹۸ مشاهده شد. این در حالی بود که تیمار شاهد در فصل زراعی ۹۸-۱۳۹۷کمترین محتوای کربوهیدرات‌های محلول برگ را داشت (شکل 2C). استفاده از اسید هیومیک به شکل محلول‌پاشی، سنتز کربوهیدرات‌ها را با افزایش نرخ رشد و بهبود کارایی فتوسنتزی افزایش می‌دهد (El-Bassiouny *et al.*, 2014). محلول‌پاشی کلرید پتاسیم در هر دو فصل زراعی به طور قابل توجهی محتوای کربوهیدرات‌های محلول برگ را بهبود بخشید (شکل 2C). پتاسیم احتمالاً با تأثیر بر فعالیت آنزیم‌های دخیل در تولید پیروات (فسفونول پیروات کربوکسیلاز، فسفونول پیروات کربوکسی کیناز و آنزیم مالیک) و متابولیسم گلوکز (گلوکز ۶-فسفات دهیدروژناز و نشاسته) محتوای کربوهیدرات را در گیاهان افزایش می دهد. همچنین پتاسیم با افزایش محتوای کلروفیل برگ و بهبود فعالیت‌های فتوسنتزی باعث افزایش تولید کربوهیدرات در گیاهان می شود (Yang *et al.*, 2004; Sharifi Kalyani *et al.*, 2023b).

تاثیر سال و محلول‌پاشی بر کیفیت دانه

کیفیت آرد گندم از اهمیت ویژه ای برخوردار است و یکی از پارامترهای تعیین کننده کیفیت آرد، میزان پروتئین دانه است، همچنین ترکیب پروتئین و محتوای گلوتن به طور قابل توجهی بر کیفیت نانوایی آرد آن تأثیر می گذارد (Rossmann *et al.*, 2019). در این آزمایش، میزان پروتئین در دانه، میزان گلوتن کل در دانه و میزان گلوتن قوی در دانه تحت تأثیر اثرات سال قرار گرفتند (به‌ترتیب

$p\leq0.01$، $p\leq0.01$ و $p\leq0.01$، جدول ۴). میزان صفات نامبرده در فصل زراعی ۱۳۹۸-۹۹ بیشتر از فصل زراعی ۱۳۹۷-۹۸ بود (جدول ۳). در این آزمایش کاهش میزان بارندگی در فصل زراعی ۹۹-۱۳۹۸ باعث کاهش عملکرد دانه و افزایش پروتئین دانه در گندم شد (جدول ۳)، همچنین افزایش میزان گلوتن دانه در فصل زراعی ۹۹-۱۳۹۸ نیز ناشی از افزایش پروتئین دانه بود زیرا گلوتن بخش اعظم پروتئین دانه را تشکیل می دهد (Noorka *et al.*, 2009). افزایش محتوی پروتئین‌ها در پاسخ به تنش خشکی را می‌توان به عوامل متعددی از جمله تنظیم اسمزی، سنتز پروتئین های جدید توسط ژن های مقاوم به تنش، یا کاهش فعالیت آنزیم های تجزیه کننده پروتئین نسبت داد. علاوه بر این، محتوای پروتئین بالا در دانه‌ها را می توان به کاهش فعالیت فتوسنتزی، پر شدن ناکافی دانه و کاهش نسبت نشاسته به پروتئین دانه در نتیجه شرایط خشکی نسبت داد (Amiri *et al.*, 2018).

پروتئین دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که میزان پروتئین دانه علاوه بر اثرات سال، تحت تأثیر اثرات تیمار محلول‌پاشی نیز قرار گرفت ($p\leq0.01$، جدول ۴). استفاده از اوره، سولفات روی، اسید هیومیک و ویتاسپرین به شکل محلول‌پاشی منجر به افزایش محتوای پروتئین دانه به ترتیب ۱۸/۱، ۱۷/۹، ۱۲/۷ و ۱۲/۶ درصد شد (جدول ۳). نیتروژن مهم‌ترین نقش را در تجمع پروتئین دانه ایفا می کند (Rossmann *et al.*, 2019). کاربرد اشکال مختلف نیتروژن ($NH4^+$، $NO3^-$ و اوره) به روش محلول‌پاشی کیفیت دانه‌ها و محتوای پروتئین موجود در دانه‌ها را افزایش می‌دهد. این بهبود به افزایش انتقال مجدد نیتروژن و افزایش جذب نیتروژن پس از گلدهی نسبت داده شده است (Lyu *et al.*, 2022). همچنین محلول‌پاشی سولفات روی اثرات مثبتی بر افزایش معنی-دار میزان پروتئین دانه دارد زیرا روی بر بیان ژن های سنتز کننده پروتئین‌ها اثر مستقیم داشته و همچنین در ساختار اسیدهای آمینه مانند تریپتوفان، آسپاراژین، هیستیدین و گلوتامین نقش دارد (Hemantaranjan & Garg, 1988). علاوه بر این، روی به دلیل نقشی که در فعال کردن RNA پلیمراز و انتقال اسیدهای آمینه دارد، مقدار پروتئین دانه را افزایش می دهد. در یک تحقیق مشخص شد که استفاده از اسید هیومیک به روش محلول‌پاشی، محتوای پروتئین دانه‌ها را با افزایش جذب نیتروژن بهبود بخشید (Delfine *et al.*, 2005).

گلوتن دانه

در آزمایش حاضر، علاوه بر اثرات سال، اثرات تیمار محلول‌پاشی بر میزان گلوتن کل در دانه نیز معنی‌دار بود ($p\leq0.01$، جدول ۴). محلول‌پاشی سولفات روی و اسید هیومیک باعث افزایش محتوای گلوتن دانه به ترتیب ۴/۱ و ۴ درصد نسبت به تیمار شاهد شدند. در این آزمایش، محلول‌پاشی سولفات روی و اسید هیومیک با افزایش محتوای پروتئین دانه باعث افزایش محتوای گلوتن دانه شدند (جدول ۳). همچنین نتایج تجزیه واریانس مرکب

داده‌ها بیانگر آن بود که شاخص گلوتن تنها تحت تأثیر اثرات تیمار محلول‌پاشی قرار گرفت ($p\leq0.05$، جدول ۴). بیشترین شاخص گلوتن در محلول‌پاشی کلرید پتاسیم مشاهده شد. همچنین کمترین گلوتن کل در این تیمار به‌دست آمد. از طرفی این تیمار باعث افزایش گلوتن قوی نسبت به شاهد و کاهش میزان گلوتن کل نسبت به شاهد شد. برای محاسبه شاخص گلوتن از نسبت گلوتن قوی به گلوتن کل استفاده می شود. در نتیجه در این تیمار، شاخص گلوتن به دلیل افزایش گلوتن قوی و کاهش گلوتن کل افزایش یافت (جدول ۳). تاثیر محلول‌پاشی کلرید پتاسیم بر کاهش گلوتن کل در مقایسه با افزایش گلوتن قوی، معنی‌دارتر بود (جدول ۳).

عدد فالینگ

اثرات سال و اثرات تیمار محلول‌پاشی بر میزان عدد فالینگ معنی‌دار بود (به‌ترتیب $p\leq0.05$ و $p\leq0.01$، جدول ۴). در فصل زراعی ۹۹-۱۳۹۸، عدد فالینگ افزایش یافت (جدول ۳)، این امر احتمالاً به دلیل کاهش میزان بارندگی در این فصل زراعی است (شکل ۱A). با کاهش میزان بارندگی و بروز تنش خشکی، کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز منجر به افزایش عدد فالینگ می‌شود (Jalali-Honarmand *et al.*, 2016). محلول‌پاشی سولفات روی، اسید هیومیک، اوره و ویتاسپرین منجر به افزایش عدد فالینگ از ۲۵۷ ثانیه (شاهد) به ترتیب به ۳۰۰، ۲۹۹، ۲۹۰ و ۲۷۷ ثانیه شد (جدول ۳). اثرات مثبت محلول‌پاشی اوره بر افزایش عدد فالینگ قبلا نیز گزارش شده است (Rossmann *et al.*, 2019). محدوده ایده آل برای عدد فالینگ گندم بین ۲۵۰ تا ۳۰۰ ثانیه است (Amiri *et al.*, 2018). عدد فالینگ به عنوان شاخصی از فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز عمل می کند که نقش مهمی در تجزیه نشاسته و تبدیل آن به قندهای ساده تر از جمله گلوکز ایفا می کند (Amiri *et al.*, 2018). محلول‌پاشی سولفات روی، اسید هیومیک، اوره و ویتاسپرین با افزایش عدد فالینگ، آن را به محدوده مطلوب خود رساندند (جدول ۳).

فسفر دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها حاکی از آن بود که میزان فسفر در دانه تحت تأثیر اثرات متقابل سال× تیمار محلول‌پاشی قرار گرفت ($p\leq0.05$، جدول ۴). حداکثر فسفر دانه در تیمار محلول‌پاشی اسید هیومیک در فصل زراعی ۹۸-۱۳۹۷ گزارش شد. این تیمار همچنین بالاترین غلظت فسفر دانه را در فصل زراعی ۹۹-۱۳۹۸ نشان داد (شکل ۳). اسید هیومیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و افزایش فرآیندهای فتوسنتزی، رشد را در هر دو بخش روی زمین و زیرزمین گیاه تسهیل می کند، بنابراین اسید هیومیک به جذب مواد مغذی مانند فسفر کمک می کند (Delfine *et al.*, 2005). در آزمایش نصیرالاسلامی و همکاران (Nasiroleslami *et al.*, 2021)، محلول‌پاشی اسید هیومیک به میزان ۲ کیلوگرم در هکتار در مراحل پنجه، ساقه و سنبله‌دهی، محتوای فسفر در گیاه را افزایش داد.

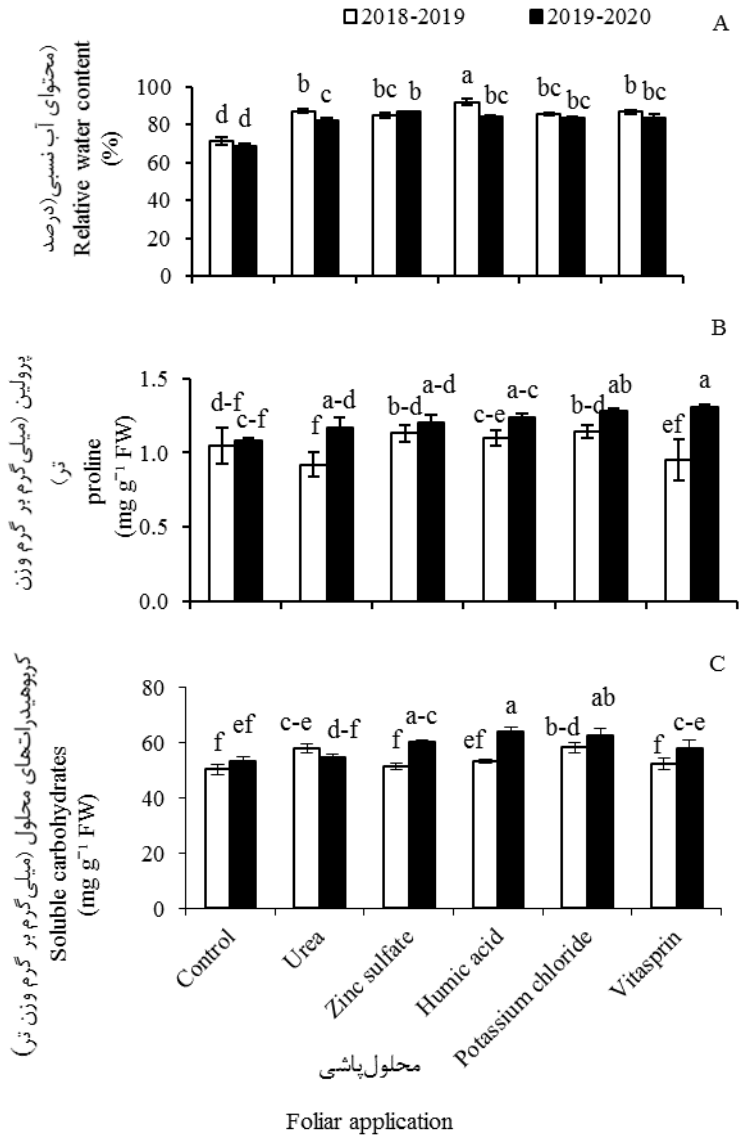
همچنین متلو و تاس (Mutlu & Tas, 2022) گزارش کردند که محلول‌پاشی اسید هیومیک با اثرات مثبتی که بر فعالیت‌های فتوسنتزی در برگ دارد منجر به افزایش رشد، جذب عناصر ماکرو و ریز مغذی از خاک و بهبود غلظت عناصر در گیاه می‌گردد

پتاسیم دانه

در این آزمایش، میزان پتاسیم در دانه تحت تأثیر اثرات سال بود ($p\leq0.05$، جدول ۴). در فصل زراعی ۹۹-۱۳۹۸ به دلیل کاهش بارندگی (شکل 1A) غلظت پتاسیم در دانه کاهش یافت (جدول ۳). در شرایط خشکی، رشد ریشه و انتشار پتاسیم در خاک محدود می شود، بنابراین جذب پتاسیم توسط ریشه و محتوای پتاسیم در گیاه کاهش می یابد (Wang *et al.*, 2013). احمد و همکاران (Ahmad *et al.*, 2021) نیز گزارش کردند که تنش خشکی با کاهش محتوای کلروفیل در گیاه منجر به کاهش فعالیت‌های فتوسنتزی، رشد، جذب عناصر غذایی از خاک و غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاه می‌گردد.

نتیجه گیری

بارندگی در فصل زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در مقایسه با فصل زراعی ۹۸-۱۳۹۷، ۱۹ درصد کاهش داشت که این امر منجر به کاهش RWC، عملکرد دانه و محتوای پتاسیم در دانه شد، این در حالی بود که محتوای پروتئین دانه، محتوای گلوتن دانه، محتوای گلوتن قوی دانه، عدد فالینگ و محتوای فسفر دانه را افزایش داد. در این آزمایش تأثیر محلول‌پاشی عناصر غذایی در مراحل ساقه‌دهی و سنبله‌دهی بر صفات فیزیولوژیکی و کیفیت دانه بیشتر از عملکرد دانه بود. در هر دو فصل زراعی، همه تیمارهای محلول‌پاشی به طور قابل‌توجهی باعث بهبود RWC در برگ شدند. همچنین محلول‌پاشی کلرید پتاسیم تأثیر مثبتی بر افزایش محتوی کربوهیدرات‌های محلول برگ داشت. همه ترکیبات محلول‌پاشی شده عملکرد دانه را افزایش دادند اما تفاوت آن‌ها با شاهد معنی‌دار نبود. نتایج این آزمایش نشان داد که محلول‌پاشی ویتاسپرین، اوره و سولفات روی می‌تواند برای بهبود کیفیت دانه‌ها مانند محتوای پروتئین دانه، شاخص گلوتن و عدد فالینگ پیشنهاد شود. پژوهش ما در ارزیابی تأثیر محلول‌پاشی ویتاسپیرین بر کیفیت دانه گندم دیم پیش قدم بود. نتایج نشان داد که کاربرد ویتاسپرین به‌صورت محلول‌پاشی بر صفات فیزیولوژیکی و کیفی دانه گندم اثرگذار بود. علاوه بر این، محلول‌پاشی اسید هیومیک به عنوان یک تیمار موثر برای افزایش محتوای فسفر در دانه گندم عمل کرد.



شکل ۲- تأثیر تیمار محلول‌پاشی ترکیبات مختلف آلی و معدنی بر محتوای آب نسبی (A)، پرولین (B) و کربوهیدرات‌های محلول برگ (C) گندم دیم. ستون‌های دارای حرف مشترک، فاقد اختلاف معنی‌دار به روش LSD و در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند. میله های عمودی نشان دهنده خطای استاندارد میانگین (n=3) هستند.

Figure 2- Influence of foliar application treatment of different organic and inorganic compounds on relative water content (A), proline (B), and leaf soluble carbohydrates (C) of dryland wheat. Columns with the same letter have no significant difference by LSD method and at the 5% probability level; vertical bars represent the standard error of the mean (n = 3).

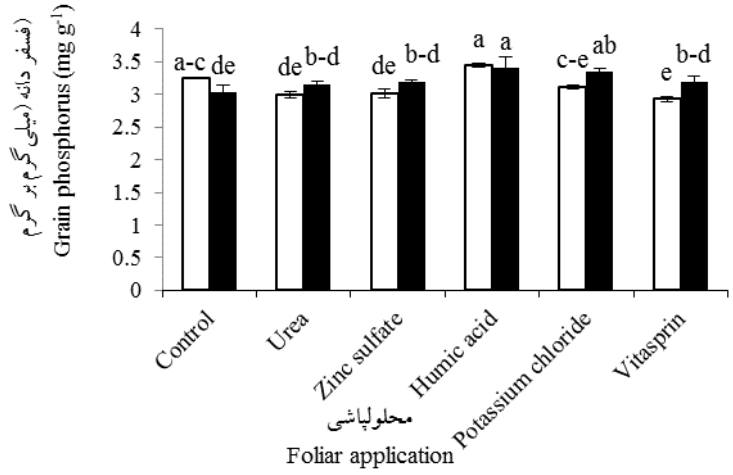
جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب اثر تیمار محلول‌پاشی بر برخی خصوصیات کیفی بذر گندم دیم در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در فصل‌های زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸.

Table 4- Combined analysis of variance of effect of foliar application treatment on some seed quality characteristics of dry land wheat in a randomized complete block design in 2018-2019 and 2019-2020.

منابع تغییرات Source of Variation	درجه آزادی Df	میانگین مربعات Mean Squares						
		پروتئین دانه Grain protein	گلوتن کل Total gluten	گلوتن قوی Strong gluten	شاخص گلوتن Gluten index	عدد فالینگ Falling number	پتاسیم دانه Grain potassium	فسفر دانه Grain phosphorus
سال Year	1	15.94**	2.72**	1.42**	0.23^{ns}	2669*	0.092*	0.00052*
بلوک (سال) Block (year)	4	0.64	0.05	0.02	0.85	342	0.004	0.00003
تیمار Treatment	5	3.16**	0.32**	0.19^{ns}	79.33*	2475**	0.047^{ns}	0.00070^{ns}
سال×تیمار Year×Treatment	5	0.25^{ns}	0.02^{ns}	0.06^{ns}	12.33^{ns}	133^{ns}	0.010^{ns}	0.00030*
خطا Error	20	0.38	0.05	0.02	6.12	206	0.006	0.00010
ضریب تغییرات C V	-	5.34	3.96	4.26	3.57	5.14	3.06	3.93

**، * و ns به‌ترتیب نشان دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم اختلاف معنی‌دار هستند.

**, *, and ns, indicate a significant difference at 1%, 5% probability level and no significant difference, respectively.



شکل ۳- تأثیر محلول‌پاشی ترکیبات مختلف آلی و معدنی بر محتوای فسفر دانه گندم دیم. ستون‌های دارای حرف مشترک، فاقد اختلاف معنی‌دار به روش LSD و در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند. میله‌های عمودی نشان دهنده خطای استاندارد میانگین (n = 3) هستند.

Figure 3- Influence of foliar application of different organic and inorganic compounds on grain phosphorus content of dryland wheat. Columns with the same letter have no significant difference by LSD method and at the 5% probability level; vertical bars represent the standard error of the mean (n=3).

References

Afzal, I., Akram, M. W., Rehman, H. U., Rashid, S., & Basra, S. M. A. 2020. Moringa leaf and sorghum water extracts and salicylic acid to alleviate impacts of heat stress in wheat. South African Journal of Botany, 129, 169-174. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629918321148

Ahmad, A., Aslam, Z., Naz, M., Hussain, S., Javed, T., Aslam, S., & Jamal, M.A. 2021. Exogenous salicylic acid-induced drought stress tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) grown under hydroponic culture. PloS One, 16(12), 36–53. https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0260556

Amiri, R., Sasani, S., Jalali-Honarmand, S., Rasaei, A., Seifolahpour, B., & Bahraminejad, S. 2018. Genetic diversity of bread wheat genotypes in Iran for some nutritional value and baking quality traits. Physiology and Molecular Biology of Plants, 24, 147-157. 10.1007/s12298-017-0481-4. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29398846/

Aziz, M. Z., Yaseen, M., Abbas, T., Naveed, M., Mustafa, A., Hamid, Y., ... & Xu, M. G. 2019. Foliar application of micronutrients enhances crop stand, yield and the biofortification essential for human health of different wheat cultivars. Journal of Integrative Agriculture, 18(6), 1369-1378. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095311918620957

Bates, L. S., Waldren, R. A., & Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil, 39, 205-207. https://link.springer.com/article/10.1007%2FBF00018060?LI=true.

Chapman, H. D., & Pratt, P. F. 1962. Methods of analysis for soils, plants and waters. Soil Science, 93(1), 68. https://doi.org/10.1097/00010694-196201000-00015

Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E., & Alvino, A. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomy for Sustainable Development, 25(2), 183-191. https://www.agronomy-journal.org/articles/agro/abs/2005/02/a4034/a4034.html

El-Awadi, M. E., El-Lethy, S. R., & El-Rokiek, K. G. 2014. Effect of the two antioxidants; Glutathione and ascorbic acid on vegetative growth, yield and some biochemical changes in two wheat cultivars. Journal of Plant Sciences, 2(5), 215-221. https://www.sciencepublishinggroup.com/article/10.11648/j.jps.20140205.20

El-Bassiouny, H. S. M., Bakry, B. A., Attia, A. A. E. M., & Abd Allah, M. M. 2014. Physiological role of humic acid and nicotinamide on improving plant growth, yield, and mineral nutrient of wheat (*Triticum durum* L.) grown under newly reclaimed sandy soil. Agricultural Sciences, 2014. https://www.scirp.org/html/5-3000762_48012.htm

Eskandari, I., & Roustaei, M. 2007. Determination of appropriate seeding depth for bread wheat genotypes in cold drylands area of maragheh. Iranian Journal of Seed and Plant, 23 (3), 357-371. [In Persian].

Estaji, A., & Niknam, F. 2020. Foliar salicylic acid spraying effect'on growth, seed oil content, and physiology of drought-stressed *Silybum marianum* L. plant. Agricultural Water Management, 234, 106116. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377419317275

Farooq, M., Hussain, M., Habib, M., Khan, M., Ahmad, I., Farooq, S., & Siddique, K. 2020. Influence of seed priming techniques on grain yield and economic returns of bread wheat

planted at different spacings. Crop and Pasture Science, 71(8), 725–738. https://www.researchgate.net/publication/343318318

Giasuddin, A. B., Kanel, S. R., & Choi, H. 2007. Adsorption of humic acid onto nanoscale zerovalent iron and its effect on arsenic removal. Environmental Science and Technology, 41(6), 2022-2027. https://doi.org/10.1021/es0616534

Hafez, E. M., & Gharib, H. S. 2016. Effect of exogenous application of ascorbic acid on physiological and biochemical characteristics of wheat under water stress. International Journal of Plant Production, 10(4), 579-596. https://ijpp.gau.ac.ir/article_3051.html

Hemantaranjan, A., & Garg, O. K. 1988. Iron and zinc fertilization with reference to the grain quality of triticum aestivum L. Journal of Plant Nutrition, 11(6-11), 1439-1450. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904168809363900

Jalali-Honarmand, S., Saeidi, M., Rasaei, A., & Peik, E. 2016. Effects of supplemental irrigation and source limitation on grain quality of Iranian bread wheat genotypes. Plant Knowledge Journal, 5(1), 9-12. https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/informit.042313921952969

Jones, J., Wolf, B., & Mills H. A. 1991. Plant Analysis Handbook: A Practical Sampling, Preparation, Analysis, and Interpretation Guide. Micro-Macro Publishing, Athens, GA, USA.

Keshavarz, A., Esfandiyaripour, E. M., Tavazo, M., Ahmadifar, M., & Khanchi, M. 2016. Wheat seed multiplication and supplying program. Agricultural Extension and Education Publications [In Persian].

Khan, P., Memon, M., Imtiaz, M. & Aslam, M. 2009. Response of wheat to foliar and soil application of urea at different growth stages. Pakistan Journal of Botany, 41(3), 1197–1204. https://www.researchgate.net/publication/228499056

Lyu, X., Liu, Y., Li, N., Ku, L., Hou, Y., & Wen, X. 2022. Foliar applications of various nitrogen (N) forms to winter wheat affect grain protein accumulation and quality via N metabolism and remobilization. The Crop Journal, 10(4), 1165-1177. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214514121002208

Maghsoudi, K., Emam, Y., Ashraf, M., & Arvin, M. J. 2019. Alleviation of field water stress in wheat cultivars by using silicon and salicylic acid applied separately or in combination. Crop and Pasture Science, 70(1), 36-43. https://doi.org/10.1071/CP18213

Mohebbi, M., Ghobadi, M. E., & Chaghazardi. H. R. 2022. The effect of seed treatment with salicylic acid, humic acid and zinc on the yield of durum wheat under rainfed conditions. Cereal Biotechnology and Biochemistry, 1 (3), 318-334. [In Persian]

Mutlu, A., & Tas, T. 2022. Foliar application of humic acid at heading improves physiological and agronomic characteristics of durum wheat (*Triticum durum* L.). Journal of King Saud University-Science, 34(8), 102320. https://www.researchgate.net/publication/363602186

Narimani, H., Rahimi, M. M., Ahmadikhah, A., & Vaezi, B. 2010. Study on the effects of foliar spray of micronutrient on yield and yield components of durum wheat. Archives of Applied Science Research, 2(6), 168-176.

Nasiroleslami, E., Mozafari, H., Sadeghi-Shoae, M., Habibi, D., & Sani, B. 2021. Changes in yield, protein, minerals, and fatty acid profile of wheat (*Triticum aestivum* L.) under fertilizer management involving application of nitrogen, humic acid, and seaweed extract.

Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 21(4), 2642–2651. https://www.researchgate.net/publication/353604045

Noorka, I. R., Rehman, S., Haidry, J. R., Khaliq, I., Tabassam, S., & Din, M. 2009. Effect of water stress on physico-chemical properties of wheat (*Triticum aestivum* L.). Pakistan Journal of Botany, 41(6), 2917-2924. https://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/41(6)/PJB41(6)2917.pdf

Pavia, I., Roque, J., Rocha, L., Ferreira, H., Castro, C., Carvalho, A., ... & Correia, C. (2019). Zinc priming and foliar application enhances photoprotection mechanisms in drought-stressed wheat plants during anthesis. Plant Physiology and Biochemistry, 140, 27-42.

Ritchie, S. W., Nguyen, H. T., & Holaday, A. S. 1990. Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science, 30(1), 105-111. https://doi.org/10.2135/cropsci1990.0011183X003000010025x

Rossmann, A., Buchner, P., Savill, G. P., Hawkesford, M. J., Scherf, K. A., & Mühling, K. H. 2019. Foliar N application at anthesis alters grain protein composition and enhances baking quality in winter wheat only under a low N fertiliser regimen. European Journal of Agronomy, 109, 125909. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1161030118303368

Saifullah, N., Bibi, S., Ahmad, M., & Ok, Y. S. 2014. Effectiveness of zinc application to minimize cadmium toxicity and accumulation in wheat (*Triticum aestivum* L.). Environmental Earth Sciences, 71, 1663-1672. https://www.researchgate.net/publication/257794779

Sharifi Kalyani, F., Siosemardeh, A., Hosseinpanahi, F., & Jalali Honarmand, S. 2023a. The effect of seed priming treatments and foliar application of vitaspirin and urea on wheat grain yield under dryland conditions. Cereal Research Communications, 51(3), 761-771. https://real.mtak.hu/172540/

Sharifi Kalyani, F., Siosemardeh, A., Hosseinpanahi, F., & Jalali-Honarmand, S. (2023b. Effect of Nutrients Foliar Application on Physiological Traits, Morphological Traits, Radiation Use Efficiency, and Grain Yield of Dryland Wheat. Gesunde Pflanzen, 1-15. https://link.springer.com/article/10.1007/s10343-023-00892-7

Todaka, D., Zhao, Y., Yoshida, T., Kudo, M., Kidokoro, S., Mizoi, J., Kodaira, K., Takebayashi, Y., Kojima, M., Sakakibara, H., Toyooka, K., Sato, M., Fernie, A., Shinozaki, K., & Yamaguchi-Shinozaki, K. 2017. Temporal and spatial changes in gene expression, metabolite accumulation and phytohormone content in rice seedlings grown under drought stress conditions. The Plant Journal, 90(1), 61–78. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28019048/

Unyayar, S., Keles, Y., & Unal, E. 2004. Proline and ABA Levels in two sunflower genotypes subjected to water stress. Bulgarian Journal of Plant Physiology, 30(3-4), 34-37. https://www.researchgate.net/publication/309309825

Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q., & Guo, S. 2013. The critical role of potassium in plant stress response. International Journal of Molecular Sciences, 14(4), 7370-7390. https://www.mdpi.com/1422-0067/14/4/7370

Yang, X. E., Liu, J. X., Wang, W. M., Ye, Z. Q., & Luo, A. C. 2004. Potassium internal use efficiency relative to growth vigor, potassium distribution, and carbohydrate allocation in

rice genotypes. Journal of Plant Nutrition, 27(5), 837-852. https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1081/PLN-120030674

Yemm, E. W., & Willis, A. 1954. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. Biochemical Journal, 57(3), 508. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1269789/