



Original article

Investigation of the effect of seed priming on improving growth, grain yield, and yield components of different wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under rainfed conditions

Fazel Pargal¹, Esmail Nabizadeh^{2*}, Khadijeh Ahmadi³

1. M.Sc. Graduate of Agronomy, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University of Mahabad, Mahabad, Iran

2. Associate Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Water, Food, and Processed Products, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran

3. Ph.D. in Crop Physiology, Faculty of Agricultural Sciences, Shahed University, Tehran, Iran

Received 28 November 2024; Revised 12 January 2025; Accepted 18 January 2025

Extended abstract

Introduction

Wheat is the third most widely cultivated cereal crop in the world after maize and rice. It is considered a major source of nutrition for the ever-increasing global population as a staple food (Faisal et al., 2023), with an annual global production of 776.7 million tons in 2020/2021. Many strategies have been developed to produce plants capable of withstanding various stresses. Among these approaches, seed priming has been developed as an effective method for enhancing drought tolerance in plants. Selecting an appropriate priming method based on environmental and soil limitations is essential for stress mitigation. Seed priming stimulates physiological processes by soaking seeds in natural or synthetic solutions. This technique is classified into conventional methods (such as hydropriming, osmopriming, and priming with plant growth regulators) and advanced methods such as nano-priming. Based on the above considerations, drought stress represents one of the most significant challenges facing agricultural production, particularly in rainfed cropping systems. Therefore, alongside the development of drought-resistant cultivars, effective agronomic approaches such as seed priming are increasingly required to mitigate drought stress. The objective of this study was to evaluate the effects of seed priming on physiological traits and grain yield of wheat under rainfed conditions.

Materials and methods

This study aimed to evaluate the effects of seed priming on yield and yield components of wheat cultivars under rainfed conditions during the 2020–2021 growing season. The experiment was conducted as a factorial arrangement in a randomized complete block design with three replications at the Qamloo Research Station, Agricultural and Natural Resources Research Center of Kurdistan. Various seed priming treatments, including hydropriming, potassium dihydrogen phosphate, zinc sulfate, potassium nitrate, as well as an unprimed control, were applied to four rainfed wheat cultivars (Azar2, Rasad, Ohadi, and Homa). The priming solutions consisted of 20 mM zinc sulfate, 50 mM potassium dihydrogen phosphate, and 1.5% potassium nitrate prepared with distilled water. Then, each solution was added at a volume five times greater than the seed weight. The seeds were treated in aerated containers using an air pump at 20°C for 12 hours. After the specified duration, the seeds were rinsed three to five times with distilled water and then dried on labeled paper at 20 °C for 48 h. The dried seeds were then packaged and transported to the Qamloo station for planting. Data analysis was performed using SAS 9.1 software. Mean comparisons were performed using Duncan's multiple range test at the 5% probability level.

* Corresponding author: Ismail Nabizadeh; E-Mail: nabizadeh.esmaeil@gmail.com



Results and discussion

The results indicated that seed priming had positive effects on grain yield, germination vigor, and seedling establishment. In this study, potassium nitrate was the most effective priming treatment, resulting in a 45% increase in grain yield compared with the control. This increase in grain yield was attributed to positive effects on several traits, including thousand-grain weight, biological yield, plant height, number of seminal roots, and number of grains per spike. The wheat cultivars exhibited differential responses to priming treatments, with Azar2 producing the highest grain yield (1,293.9 kg ha⁻¹). Additionally, mean comparisons for root length indicated the superiority of Azar2 over the other cultivars. According to the results, potassium nitrate priming of the Azar2 cultivar resulted in a 36% increase in average grain yield compared with unprimed cultivars. Overall, the superiority of seed priming can be attributed to faster germination and improved seedling establishment of wheat seedlings under rainfed conditions.

Conclusion

Based on the results of this study, seed priming, in addition to improving seed vigor and seedling establishment, can enhance wheat grain yield and its components under rainfed conditions in cold regions similar to the study area. In this study, potassium nitrate and potassium dihydrogen phosphate priming treatments had positive effects on most measured traits and contributed to increased wheat grain yield. Seed priming with potassium nitrate accelerated seedling emergence, leading to uniform seedling growth and improved grain yield. This advantage becomes particularly important under rainfed conditions, where seedling emergence depends directly on environmental factors such as effective rainfall; otherwise, seedling loss and yield reduction may occur.

Acknowledgements

The authors sincerely thank the laboratory staff of the Faculty of Agriculture, University of Mahabad, for their invaluable support and assistance throughout this research.

Keywords: Ammonium sulfate, Biological yield, Potassium nitrate, Seedling establishment, Seedling emergence

بررسی تأثیر آماده‌سازی بذر بر بهبود رشد، عملکرد دانه و اجزاء عملکرد ارقام مختلف گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط دیم

فاضل پرگال^۱، اسمعیل نبی‌زاده^{۲*}، خدیجه احمدی^۳

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد، مهاباد
۲. دانشیار، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی آب، غذا و فراسودمندها، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد
۳. دکتری تخصصی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران

مشخصات مقاله	چکیده
واژه‌های کلیدی: استقرار گیاهچه سبز شدن گیاهچه سولفات آمونیوم عملکرد بیولوژیک نیترات پتاسیم	پرایمینگ بذر، به‌ویژه در زراعت دیم گندم، با بهبود استقرار گیاهچه و افزایش تحمل به تنش‌های محیطی، نقش مهمی در افزایش عملکرد و پایداری تولید دارد. این آزمایش به‌منظور ارزیابی اثر پرایمینگ بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارقام گندم در شرایط دیم در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه قاملو مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کردستان انجام شد. تیمارهای مختلف پرایمینگ بذر شامل هیدروپرایمینگ، پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات، سولفات روی، نیترات پتاسیم و تیمار شاهد (بدون پرایم) بر روی چهار رقم گندم دیم به اسامی آذر ۲، رصد، اوحدی و هما اجرا شد. نتایج بیانگر اثرات مثبت پرایمینگ بذر بر افزایش عملکرد دانه، افزایش قدرت رویش و افزایش استقرار بوته بود. در شرایط این تحقیق، بهترین تیمار نیترات پتاسیم بود که سبب افزایش ۴۵ درصدی عملکرد دانه نسبت به شاهد گردید. افزایش عملکرد دانه بر اثر اعمال این تیمار ناشی از اثر مثبت آن بر بعضی صفات دیگر از جمله وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته، تعداد ریشه‌های بذری و تعداد دانه در خوشه بود. ارقام گندم واکنش متفاوتی به پیش‌تیمارهای پرایمینگ نشان داده و در این میان رقم آذر ۲ با عملکرد ۱۲۹۳/۹ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد. همچنین مقایسه میانگین‌ها برای صفت طول ریشه‌چه بیانگر برتری رقم آذر ۲ نسبت به سایر ارقام مورد بررسی بود. بر اساس نتایج این تحقیق اعمال نیترات پتاسیم بر رقم آذر ۲ موجب ۳۶ درصد افزایش عملکرد نسبت به میانگین ارقام بدون اعمال پرایمینگ بذر شد. برتری استفاده از پرایمینگ بذر در زراعت دیم گندم را می‌توان به تسریع فرآیند جوانه زنی، استقرار یکنواخت و بهبود یافته گیاهچه، و افزایش تحمل به تنش‌های محیطی اولیه نسبت داد که در نهایت منجر به افزایش بقا و استقرار موفق گیاهچه در شرایط نامساعد محیطی می‌شود.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۰۸ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۲۹	
تاریخ انتشار: تابستان ۱۴۰۵ ۲۸۷-۲۷۵: ۱۹(۲)	

مقدمه

تولیدکنندگان محصولات زراعی باید توانایی محصولات را برای سازگاری با عوامل تنش‌زای مکرر حفظ کنند (Malko et al., 2022). روش‌های مدیریت یکپارچه زراعی برای کاهش اثرات زیان‌بار خشک‌سالی و افزایش عملکرد کمی و کیفی مورد نیاز است (Melash et al., 2019).

عمل پرایمینگ بذر در گیاهان برای افزایش کیفیت بذر مورد استفاده قرار گرفته است و در نتیجه به استقرار بوته و کاهش تنش خشکی در مزارع کشاورزان کمک می‌کند (Liu

تقاضا برای تولید گندم در پاسخ به رشد جمعیت جهانی و رشد مصرف غذا در حال افزایش است. کمبود آب بیشترین تأثیر را بر کشاورزی دارد، به‌طوری‌که عملکرد در مناطق دیم بین ۴۰ تا ۶۰ درصد کاهش می‌یابد (Saha et al., 2022). در طول فصل رشد گندم، توزیع نابرابر بارش منجر به تنش خشکی در مدیترانه می‌شود. در نتیجه، رشد گندم دیم تحت تأثیر کمبود رطوبت خاک، به‌ویژه در زمان گرده‌افشانی و پر شدن دانه‌ها، تأثیر منفی می‌گذارد (Moradi et al., 2022).

عملکرد دانه و کیفیت گندم دیم است. در کشت گندم دیم که گیاه در مراحل پایانی رشد خود به دلیل رطوبت کم خاک و کاهش فعالیت ریشه در جذب عناصر غذایی از خاک مشکل دارد، این روش می‌تواند در تأمین عناصر غذایی بسیار مؤثر باشد (Melash et al., 2019). انتخاب یک روش پرایمینگ مناسب مطابق با محدودیت‌های زمین برای مبارزه با کم‌آبی مناسب است. هدف از این آزمایش بررسی اثر پرایمینگ بذر بر ویژگی‌های رشد، عملکرد و اجزای عملکرد گندم در شرایط دیم بود.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی، محل و زمان انجام آزمایش

ایستگاه تحقیقات کشاورزی قاملو با مساحت بیش از ۱۳۰ هکتار در ۲۵ کیلومتری شهرستان قروه و ۷۵ کیلومتری شرق سنندج واقع شده است. طول جغرافیایی ایستگاه ۴۷ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی آن ۳۵ درجه و ۱۰ دقیقه شمالی بوده و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۸۶۰ متر است. این ایستگاه دارای شرایط اقلیمی سردسیر است. بافت خاک ایستگاه رسی - رسی لومی با درصد بالایی از آهک بوده، pH خاک در حدود ۷/۷-۷/۳ و درصد کربن آلی خاک بین ۰/۸-۰/۵ متغیر است. درصد رطوبت خاک در شرایط ظرفیت زراعی معادل ۷/۲۱ و در نقطه پژمردگی دائم ۹/۱۵ است. با استفاده از اطلاعات موجود در ایستگاه هواشناسی و پیش‌بینی‌های ۲۴ ساعته و ۷۲ ساعته و ضریب احتمال ریزش نزولات جوی و تغییرات فشار هوا نسبت به آمادگی برای تهیه بذر تیمار شده و آمادگی برای کاشت اقدام شد (جدول ۱ و ۲).

پرایمینگ بذر یک تکنیک تقویت قبل از جوانه‌زنی است که از طریق تنظیم فرآیندهای متابولیکی در مراحل اولیه جوانه‌زنی تحت تنش خشکی باعث ظهور زودرس گیاهچه‌ها می‌شود (Tabassum et al., 2018). پرایمینگ بذر با کاهش زمان جذب، افزایش فعالیت آنزیم پیش از جوانه‌زنی، افزایش تولید متابولیت، ترمیم DNA آسیب دیده و تنظیم اسمز، جوانه‌زنی افزایش یافته و یکنواخت را تضمین می‌کند. گزارش‌های زیادی در مورد پرایمینگ بذر به‌منظور بهبود جوانه‌زنی بذر، رویش گیاهچه، استقرار بوته، رشد محصول، گره‌زایی و بهره‌وری در گیاهان وجود دارد (Hussain and Farooq, 2017). بذرها در یک محلول حاوی مواد مغذی در طول پرایمینگ تغذیه‌ای خیس می‌شوند. مواد مغذی خاک، برگ و دانه ممکن است برای برآوردن نیازهای غذایی گیاه استفاده شود (Farooq et al., 2021). اگر متغیرهای محیطی مطلوب باشند، کودهای اعمال شده به خاک به آرامی (۵ تا ۶ روز) اثر می‌گذارند. استفاده از کودها به‌طور یکنواخت در سطح خاک در کاربرد خاک دشوار است (Johnson et al., 2005). پرایم کردن بذرها سودمند است به‌طوری‌که می‌توان با جوانه زدن بذرها به مواد مغذی دسترسی پیدا کرد و همچنین روشی مقرون‌به‌صرفه در نظر گرفته می‌شود زیرا مواد مغذی بسیار کمی برای پر کردن بذرها مورد نیاز است (Farooq et al., 2021). توسعه گندم دیم معمولاً تحت تأثیر تنش خشکی در مناطق مدیترانه‌ای به دلیل توزیع نامتعادل بارندگی است (Moradi et al., 2022). در چنین مناطقی، مواد مغذی کاربرد شاخ و برگ یک تکنیک مناسب برای کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی و بهبود خصوصیات فیزیولوژیکی،

جدول ۱. میانگین بلندمدت آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات قاملو

Table 1. Long-term average meteorological statistics of Qamlo research station

بارندگی	مطلق دما		متوسط دما		میانگین دما	میانگین یخبندان نسبی	میانگین رطوبت نسبی
	Absolute temperature	Average temperature	Min	Max			
48.86	-8.4	20.6	-0.05	13.2	6.2	117.8	48.86

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایش

Table 2. Physical and chemical properties of the experimental field soil

Soil Text	بافت خاک		پتاسیم	فسفر	ازت کل	کربن آلی	اسیدیته	هدایت الکتریکی	درصد اشباع	عمق نمونه
Cilt	Sand	Clay	K	P	N Total	O.C	pH	EC	SP	Sampling depth
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	ds mol ⁻¹	%	cm
46	36	18	180	10	0.06	0.74	7.1	0.8	37.8	0-30

به تهیه چند نمونه خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر شده و نمونه‌ها به‌منظور تجزیه به آزمایشگاه خاکشناسی ارسال شد، نتایج حاصل از تجزیه نمونه‌ها (جدول ۲) منتج به توصیه‌های کودی به میزان ۱۰۰ کیلوگرم اوره و ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم شد که ۵۰٪ کود اوره و تمامی کود سولفات پتاسیم را در فصل پاییز و بعد از شخم و دیسک در عملیات ثانویه تهیه به خاک اضافه نمودیم و پس از دیسک مجدد نسبت به کرت‌کشی و اجرای نقشه کاشت اقدام شد. نقشه کاشت بر اساس آزمایش فاکتوریل ۴×۵ در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و رعایت اصول تصادفی کردن کرت‌ها تهیه شد. عامل اول چهار رقم گندم و عامل دوم پنج سطح پرایمینگ بود. مشخصات رقم‌های گندم دیم (هما، رصد، اوحدی و آذر ۲) در جدول ۳ آمده است.

مشخصات ارقام و محلول‌های اسمزی مورد آزمایش

ارقامی که در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفتند شامل چهار رقم معرفی شده از سوی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم به نام‌های آذر ۲ (وزن هزار دانه ۳۷ گرم)، هما (وزن هزار دانه ۴۵ گرم)، رصد (وزن هزار دانه ۴۳ گرم)، اوحدی (وزن هزار دانه ۳۴ گرم) بودند، که به‌وسیله چهار نوع پرایمینگ بذر شامل هیدروپرایمینگ، پتاسیم دی هیدروژن فسفات^۱، سولفات روی^۲، نترات پتاسیم^۳ پرایم شده و تیمار شاهد (بدون پرایم) جهت کشت آماده شدند.

عملیات زراعی و نوع طرح بکار گرفته‌شده و نقشه آزمایش

آزمایش در قطعه زمینی که سال قبل آیش بوده پس از شخم و عملیات آماده‌سازی اجرا گردید، قبل از عملیات زراعی اقدام

جدول ۳. مشخصات ارقام مورد بررسی در این آزمایش

Table 3. Characteristics of the varieties examined in this experiment

شماره	نام	نام تجاری	موسسه تهیه رقم	منشاء	تاریخ معرفی	نوع رشد	ارتفاع بوته	وزن هزار دانه
No	Name	Common name	Owner variety	Origination	Introduaction date	Growth type	Plant height (cm)	Thousand grain weight
1	Ohadi	bread wheat	Seed and Plant Improvement Institute	Iran	2010	In between	78	34
2	Azar2	bread wheat	Iran Dryland Agricultural Research Institute	Iran	1999	In between	89	37
3	Homa	bread wheat	Iran Research Dryfarming Institute	Iran	2009	Winter	81	45
4	Rasad	bread wheat	Iran Research Dryfarming Institute	Iran	2007	Winter	85	43

هرکدام پنج برابر محلول اضافه شد و در ظرف‌هایی که به‌وسیله پمپ هوا، هوادهی می‌شدند در دمای ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت تیمار شدند، پس از سپری شدن مدت‌زمان تعیین شده بذور به‌وسیله آب مقطر ۳ تا ۵ بار آبکشی و برای خشک کردن روی کاغذهای شماره‌گذاری شده قرار گرفتند، بذرها برای خشک شدن به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار گرفتند. بذرهای خشک‌شده پس از بسته‌بندی آماده حمل به ایستگاه قاملو به‌منظور کاشت منتقل شدند.

آماده کردن تیمارها

برای تهیه محلول‌های آماده‌سازی بذر ابتدا جرم مولکولی آن را محاسبه و بر اساس عدد آووگادرو $6/02 \times 10^{23}$ (تعداد مولکول گرم از هر ماده‌ای) محلول یک مولار از آن ماده تهیه شد. نسبت به محاسبه مقادیر گرمی لازم از هرکدام از مواد شیمیایی (سولفات روی ۲۰ میلی‌مولار، پتاسیم دی هیدروژن فسفات ۵۰ میلی‌مولار و محلول ۱/۵ درصد از نترات پتاسیم و آب مقطر با هدایت الکتریکی یک میکروموس بر سانتی‌متر) تهیه شدند. سپس به نسبت حجم بذرها توزین شده به

² ZnSO₄

³ KNO₃

¹ KH₂PO₄

عملیات کاشت

این آزمایش در قطعه زمینی که تحت تناوب آیش - گندم قرار داشت در پاییز سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ اجرا شد. عملیات تهیه بستر شامل شخم با گاوآهن برگردان‌دار، دیسک، ماله‌کشی و تسطیح زمین کاشت به‌دقت انجام شد. پس از کرت‌بندی زمین و تنظیم ماشین کاشت بر اساس تعداد ۴۰۰ دانه در مترمربع عملیات کاشت به‌صورت سیستماتیک و بر اساس نقشه کاشت تنظیم‌شده در جهت شرقی- غربی و در عمق ۵ - ۳ سانتی‌متری خاک توسط دستگاه بذرکار شش ردیفه انجام شد، تاریخ کاشت با توجه به احتمال ریزش نزولات جوی در مورخه ۱۳۹۹/۸/۵ انجام و در تاریخ ۱۳۹۹/۸/۱۰ اولین بارندگی به میزان ۳۹/۶ میلی‌متر به وقوع پیوست.

صفات اندازه‌گیری شده در طول دوره رشد و رسیدگی

اندازه‌گیری تعداد ریشه‌های بذری: در فصل پاییز و قبل از بارش برف و یخ بستن زمین، در طول یک خط اقدام به خارج کردن ۱۰ تا ۲۰ بوته سبز شده به همراه خاک آن شد و پس از شستشوی ریشه‌ها و جدا شدن خاک از آن تعداد ریشه‌های بذری اندازه‌گیری و داده‌های به‌دست‌آمده برای هر کرت مرتب گردید.

اندازه‌گیری بنیه و سرعت رشد: برای اندازه‌گیری بنیه و سرعت رشد در فواصل زمانی ۱۴۰۰/۲/۲۱ تا ۱۴۰۰/۳/۱۸ در ۳ نوبت به تاریخ‌های ۱۴۰۰/۲/۲۱ و ۱۴۰۰/۳/۵ و

از یک خط کرت در هر تکرار به طول ۳۰ سانتی‌متر نمونه گیاهی برداشت و پس از قرار دادن در آون به مدت ۴۸ ساعت و در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد نمونه‌ها خشک و سپس توزین گردید و بر اساس شماره‌ی کرت و تکرار، داده‌های به‌دست‌آمده مرتب شدند.

محاسبات آماری

تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمایش با نرم‌افزارهای SAS ver 9.0 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن انجام شد.

نتایج

وزن هزار دانه

طبق نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش حاضر صفت وزن هزار دانه تحت تأثیر ژنوتیپ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. تیمار پرایمینگ بذر به کار رفته نیز در سطح احتمال ۵ درصد اثر معنی‌داری داشت (جدول ۴). باتوجه به نتایج مقایسه میانگین اثر ارقام وزن هزار دانه رقم اوحدی را با میانگین ۳۶/۵ گرم نسبت به دیگر ارقام گندم برتری نشان داد و به دنبال آن به ترتیب ارقام رصد، آذر ۲ و هما قرار گرفتند (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین اثر پرایمینگ بذر بر این صفت حاکی از برتری اثر پرایمینگ بذر با نیترات پتاسیم بر وزن هزار دانه بود. البته دو محلول سولفات روی و پتاسیم دی سولفات نیز بدون اختلاف معنی‌دار با نیترات پتاسیم در مراتب بعدی بودند (شکل ۱).

جدول ۴. تجزیه واریانس خصوصیات زراعی و عملکرد دانه‌ی تحت اثر اسموپرایمینگ بذر ارقام گندم در شرایط دیم کردستان

Table 4: Analysis of variance for the agronomic traits and grain yield influenced by seed osmopriming in wheat cultivars under rainfed conditions in Kurdistan

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات							
		وزن هزار دانه 1000 grain weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	ارتفاع بوته Height plant	طول برگ پرچم Length of the flag leaf	طول پدانکل Peduncle length	ماده خشک برگ Leaf dry mater	
Rep.	تکرار	2	43.40	16874	18395.6	7.99	7.08	162.16	0.021
Variety (V)	رقم	3	63.31**	99027**	13387 ^{ns}	27.86 ^{ns}	16.89*	36.82 ^{ns}	0.029 ^{ns}
Priming (P)	پرایمینگ	4	32.89*	336916**	47808.1**	135.75*	63.95**	142.43*	0.118**
V*P		12	5.96 ^{ns}	20665 ^{ns}	6358.2 ^{ns}	21.83 ^{ns}	1.91 ^{ns}	12.25 ^{ns}	0.007 ^{ns}
Error		38	9.73	17453	7585.4	35.30	5.49	40.19	0.019
C.V		-	9.22	18.15	22.4	6.17	10.75	21.45	21.95

^{ns} و ^{**} به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

^{ns}, *, and ** are respectively non-significant and significant at the five and one percent probability levels

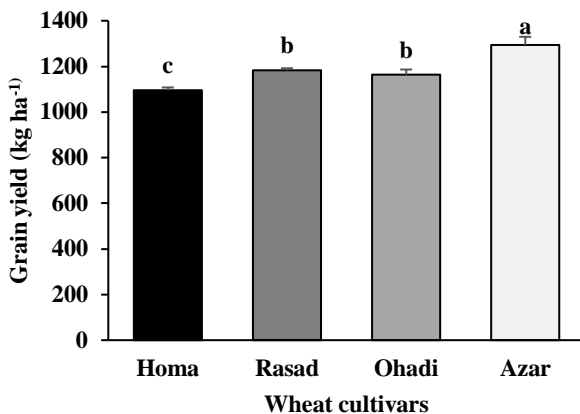
جدول ۵. مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت اثر تیمار پرایمینگ

Table 5. A comparison of the means of the studied traits under the effects of different priming treatments

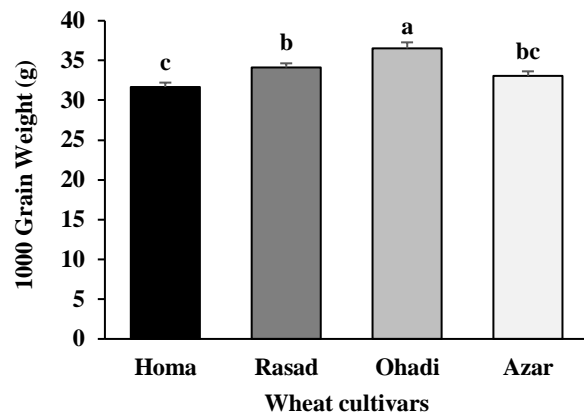
پرایمینگ بذر Seed Priming	وزن هزار دانه		عملکرد بیولوژیک		ارتفاع بوته Height plant	طول برگ پرچم Length of the flag leaf	طول پدانکل Pedance length	ماده خشک برگ Leaf dry mater
	1000 grain weight g	عملکرد دانه Grain yield kg ha ⁻¹	بیولوژیک Biologic yield g m ⁻²	عملکرد دانه Grain yield kg ha ⁻¹				
Hydropriming	33b ^c	1157.4 ^b	328.39 ^b	97.1 ^b	21.38 ^b	23.9 ^b	0.64 ^b	
KNO ₃	36 ^a	1445.1 ^a	497.05 ^a	102.35 ^a	21.05 ^{bc}	31.22 ^a	0.62 ^b	
KHPO ₄	34.25 ^{ab}	1192.4 ^b	354.5 ^b	92.22 ^{ab}	21.7 ^b	31.12 ^a	0.66 ^b	
ZnSO ₄	34.42 ^{ab}	1117.6 ^b	368.67 ^b	96.72 ^b	25.6 ^a	28.87 ^{ab}	0.78 ^a	
Control	31.58 ^c	1000.5 ^c	337.83 ^b	94.42 ^b	19.33 ^c	32.69 ^a	0.51 ^c	

میانگین‌ها با حروف مشابه فاقد تفاوت آماری براساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ هستند.

Means with the same letters are not statistically different based on Duncan's test at the 5% level.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر ارقام گندم بر صفت عملکرد دانه
Fig. 2. Means comparison of the grain yield in wheat cultivars



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر ارقام گندم بر صفت وزن هزار دانه
Fig. 1. Means comparison of the 1000-grain weight wheat cultivars

عملکرد بیولوژیک

اثر پرایمینگ بذر بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. ارقام گندم و اثر متقابل پرایمینگ بذر و ارقام بر صفت عملکرد بیولوژیک غیرمعنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین این صفت برای پرایمینگ‌های مختلف نشان داد که بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در استفاده از محلول نیترات پتاسیم (به میزان ۴۹۸/۱۲ گرم در مترمربع) بدست آمد که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار داشت. سه محلول دیگر در کلاس شاهد قرار گرفتند و تفاوتی با یکدیگر از این لحاظ نداشتند. کمترین عملکرد بیولوژیک در هیدروپرایمینگ با آب مقطر (۳۱۰/۰۴ گرم در مترمربع) به دست آمد (جدول ۵).

عملکرد دانه

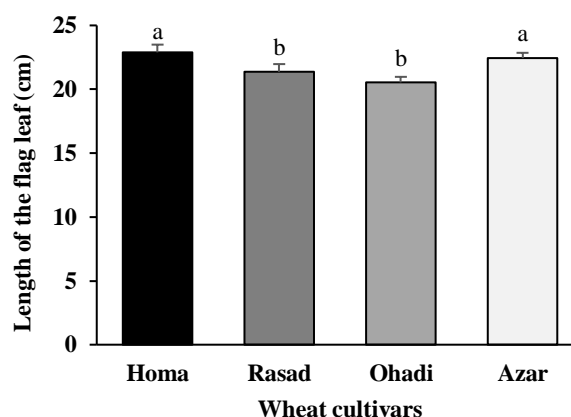
طبق نتایج تجزیه واریانس این مطالعه اثر رقم و پرایمینگ بذر بر صفت عملکرد دانه معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل این دو فاکتور بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که حداکثر عملکرد دانه توسط رقم آذر ۲ با میانگین ۱۲۹۳/۹ کیلوگرم در هکتار، که با دیگر رقم‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌دار داشت. کمترین عملکرد دانه متعلق به رقم هما با میانگین ۱۰۹۹۵/۵ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۲). استفاده از محلول نیترات پتاسیم دارای بیشترین مقدار عملکرد دانه را حاصل نمود. عملکرد دانه در شرایط اعمال این پیش تیمار برابر با ۱۴۵۵/۱ کیلوگرم در هکتار بود که در مقایسه با شاهد (بدون اعمال محلول‌های آماده‌سازی بذر) ۴۵ درصد افزایش عملکرد داشت (جدول ۵).

ارتفاع بوته

ارقام گندم تحت بررسی در شرایط این آزمایش از نظر ارتفاع بوته اختلافی با هم نداشتند. اثر پرایمینگ بذری اعمال شده در سطح احتمال ۵٪ معنی دار بود و اثر متقابل این دو عامل غیر معنی دار شد (جدول ۴). مقایسه میانگین این صفت برای محلول‌های مختلف نشان داد که اثر محلول نیترات پتاسیم موجب این اختلاف معنی دار شده و میانگین طول بوته‌ها در شرایط اعمال این محلول به حدود ۱۰۲ سانتی‌متر بود. در مرحله دوم، محلول پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات بیشترین ارتفاع بوته را موجب شد و با اثر نیترات پتاسیم اختلاف نداشت. دیگر محلول‌های آماده‌سازی بذری قابل توجهی بر ارتفاع بوته نداشتند (جدول ۵).

طول برگ پرچم

طبق نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش حاضر طول برگ پرچم در ارقام مورد بررسی در سطح احتمال ۵٪ معنی دار بود. اثر پرایمینگ بذری بر صفت طول برگ پرچم تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۱٪ داشت (جدول ۴). طبق نتایج مقایسه میانگین اثر پرایمینگ بذری، استفاده از سولفات روی بیشترین تأثیر را بر افزایش طول برگ پرچم داشت (جدول ۵). بیشترین و کمترین طول برگ پرچم به ترتیب مربوط به ارقام هما و اوحدی بود چنانچه در شکل مربوط ملاحظه می‌گردد، بین ارقام هما و آذر در بیشترین میزان و همچنین بین ارقام اوحدی و رصد در کمترین میزان طول برگ پرچم از لحاظ آماری اختلافی وجود نداشت (شکل ۳).



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر ارقام گندم بر صفت طول برگ پرچم

Fig. 3. Means comparison of the Flag Leaf Length in Wheat Cultivars

طول پدانکل

تجزیه واریانس صفات حاکی از اثر معنی دار پرایمینگ بذری بر طول پدانکل ارقام گندم در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود. به طوری که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، اثر رقم و اثر متقابل رقم در پرایمینگ بذری برای این صفت معنی دار نشده است. طبق نتایج مقایسه میانگین اثر پرایمینگ بذری بر صفت طول پدانکل، محلول‌های نیترات پتاسیم، پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات، سولفات روی و هیدروپتاسیم بیشترین اثر را بر طول پدانکل داشتند. در شرایط شاهد کمترین اندازه طول پدانکل (۲۳/۶۹ سانتی‌متر) به دست آمد. (جدول ۵).

ماده خشک برگ

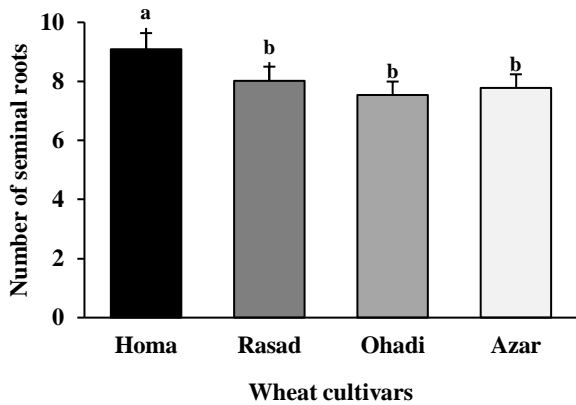
باتوجه به نتایج تجزیه واریانس پرایمینگ بذری بر صفت ماده خشک برگ اثر معنی داری گذاشت. اثر رقم و اثر متقابل رقم در پرایمینگ بذری برای این صفت معنی دار نشد (جدول ۴). مقایسه میانگین برای اثر پرایمینگ بذری بر صفت ماده خشک برگ نشان داد که به ترتیب سولفات روی، پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات، نیترات پتاسیم و هیدروپتاسیم بیشترین اثر را بر ماده خشک برگ داشتند. در شرایط شاهد کمترین اندازه ماده خشک برگ با میانگین ۰/۵۱ سانتی‌متر به دست آمد (جدول ۵).

تعداد ریشه‌های بذری

نتایج برگرفته از تجزیه واریانس گویای آن است که اثر رقم و پرایمینگ بذری بر تعداد ریشه‌های بذری به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی دار بودند اما اثر متقابل این دو عامل تأثیر معنی داری بر این صفت بر جای نهد (جدول ۶). ارزیابی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رقم هما بیشترین تعداد ریشه بذری را تولید کرد و در کلاس بالاتری از سایر ارقام واقع شد (جدول ۷). در مقایسه میانگین پرایمینگ بذری برای این صفت، تیمار شاهد کمترین تعداد ریشه بذری ایجاد شد و اثر سایر تیمارهای پرایمینگ بذری بر تعداد ریشه بذری یکسان بود (شکل ۴).

قوه نامیه

اثر دو عامل آزمایشی پرایمینگ بذری، ارقام گندم و اثر متقابل آن‌ها بر صفت قوه نامیه در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود (جدول ۶). طبق نتایج مقایسه میانگین ترکیب تیماری پرایمینگ بذری در ارقام گندم بر صفت قوه نامیه مشاهده شد



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر ارقام گندم بر صفت تعداد ریشه‌های بذری

Fig. 4. Means comparison of the number of seeds roots in wheat cultivars

که بیشترین قوه نامیه در رقم اوحدی با محلول نیترات پتاسیم (۹۶/۳۳ درصد) و هیدروپرایمینگ (۹۶ درصد) و دی هیدروژن فسفات (۹۶ درصد) به دست آمد. کمترین قوه نامیه نیز متعلق به رقم رصد در شاهد (بدون پرایم) بود (شکل ۵).

تعداد خوشه بارور

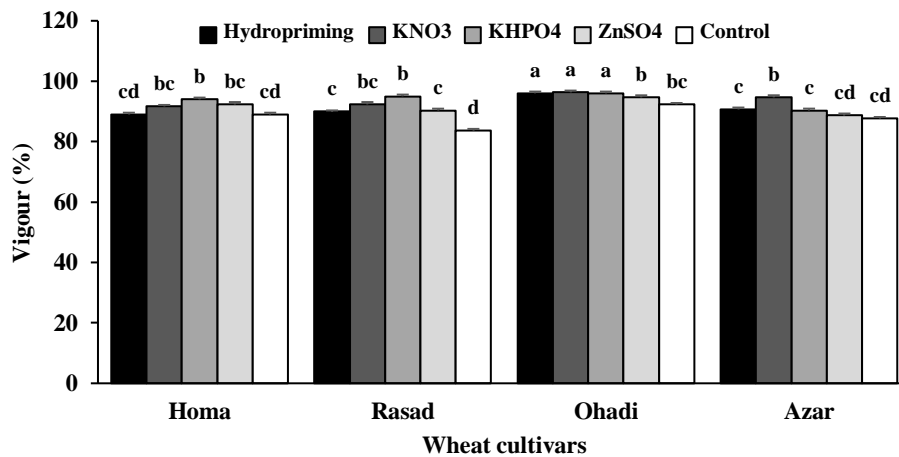
نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که تنها اثر پرایمینگ بذر برای این صفت در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۶). مقایسه میانگین اثر پرایمینگ بذر بر تعداد خوشه بارور نشان داد که نیترات پتاسیم بهترین تیمار برای افزایش تعداد خوشه بارور بوده که با تیمار پتاسیم دی هیدروژن فسفات در یک کلاس آماری بود و کمترین تعداد خوشه بارور در شرایط تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۷).

جدول ۶. تجزیه واریانس خصوصیات زراعی و عملکرد دانه‌ی تحت اثر اسموپرایمینگ بذر ارقام گندم در شرایط دیم کردستان

Table 6. Analysis of variance for agronomic traits and grain yield affected by seed osmopriming in wheat cultivars under rainfed conditions in Kurdistan

S.O.V	DF	میانگین مربعات				
		تعداد ریشه‌های بذری Number of seminal roots	قوه نامیه Vigour	تعداد خوشه بارور Number of fertile ears	تعداد دانه در خوشه Number seed in ear	طول خوشه Ear length
Rep.	تکرار 2	16.75	6.61	1508.15	195.93	0.075
Variety (V)	ژنوتیپ 3	0.58**	76.62**	110.51 ^{ns}	33.09 ^{ns}	1.39 ^{ns}
Priming (P)	رایمینگ 4	3.90**	31.14**	2061.54*	154.56**	0.56 ^{ns}
V*P	12	1.28 ^{ns}	21.89**	474.94 ^{ns}	50.86 ^{ns}	1.01 ^{ns}
Error	خطا 38	0.86	7.25	537.10	36.79	1.11
C.V (%)	-	11.92	2.93	18.01	20.16	11.91

^{ns}, *, and ** are respectively non-significant and significant at the five and one percent probability levels.



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر ارقام گندم بر صفت بنیه بذر

Fig. 5. Means comparisons of seed vigour in wheat cultivars

جدول ۷. مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت اثر تیمار پرایمینگ

Table 7. A comparison of the means of the studied traits under the effects of different priming treatments

پرایمینگ Priming	تعداد ریشه‌های بذری در بذر Number of seminal roots per seed	تعداد خوشه بارور در بوته Number of fertile ears per plant	تعداد دانه در خوشه Number seed in ear
Hydropriming	7.99 ^{ab}	120.83 ^b	29.39 ^{bc}
KNO ₃	8.55 ^a	148.42 ^a	35.48 ^a
KHPO ₄	8.17 ^a	135.5 ^{ab}	31.53 ^{ab}
ZnSO ₄	8.61 ^a	122.25 ^b	26.35 ^c
Control	7.23 ^b	116.5 ^b	27.67 ^{bc}

میانگین‌ها با حروف مشابه فاقد تفاوت آماری براساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ هستند.

Means with the same letters are not statistically different based on Duncan's test at the 5% level.

طول خوشه و تعداد دانه در خوشه

نتایج تجزیه واریانس این صفت نشان داد که تیمارهای مورد آزمایش بر صفت طول خوشه اثر معنی‌داری نداشتند. تعداد دانه در خوشه تحت اثر پرایمینگ بذر برای این صفت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. در سایر منابع تغییر اثر معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). مقایسه میانگین این صفت نشان می‌دهد که پرایمینگ بذر بذر با نیترا تپتاسیم بیشترین میانگین ۳۵/۴۸ سانتی‌متر تأثیر را بر تعداد دانه در خوشه داشت و با اثر پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات از لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۷).

همبستگی ساده بین صفات

روابط همبستگی بین صفات یادداشت برداری شده در این تحقیق تعیین و در جدول ۸ ارائه شده‌اند. در این شرایط عملکرد دانه ارقام گندم با صفات ارتفاع بوته، تعداد ریشه‌های بذری، عملکرد بیولوژیک، قوه نامیه، وزن هزار دانه، طول پدانکل، تعداد خوشه بارور، تعداد دانه در خوشه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. بیش‌ترین همبستگی عملکرد دانه با صفات عملکرد بیولوژیک و تعداد دانه در خوشه مشاهده شد. تحقیق‌هایی بر روی تعیین ضرایب همبستگی و مطالعه روابط علی و معلولی بین صفات گندم انجام شده و روابط بین عملکرد دانه و صفات مورفوفیزیولوژیک گندم مشخص گردیده‌است، که همبستگی عملکرد گندم با صفات رشد و اجزای عملکرد به‌طور واضح نشان‌دهنده این است که افزایش اطلاعات در مورد این ارتباطات می‌تواند به بهبود عملکرد کل گندم کمک کند (Sharifi kalyani et al., 2022).

بحث

پرایمینگ بذر تکنیکی است که برای بهبود عملکرد گیاهان زراعی از جمله گندم استفاده می‌شود. در این پژوهش کاربرد

پرایمینگ بذر باعث بهبود صفات زراعی و عملکرد گندم شد. تحقیقات نشان داده است که پرایمینگ بذر گندم می‌تواند منجر به بهبود جوانه‌زنی، رشد زودرس گیاهچه و عملکرد کلی شود. با خیساندن بذرها در محلول‌های اسمزی قبل از کاشت، موجب بهبود رشد و استقرار بهتر گیاهچه می‌شود (Sharifi kalyani et al., 2022). اثرات پرایمینگ بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم به‌طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته است. مشخص شده است که دانه‌های پرایم شده می‌توانند منجر به افزایش عملکرد دانه و همچنین بهبود صفاتی مانند تعداد دانه در سنبله، وزن دانه و شاخص برداشت شوند. این اثرات مثبت بر عملکرد و اجزای عملکرد نشان‌دهنده پتانسیل پرایمینگ بذر به‌عنوان یک ابزار ارزشمند برای بهبود تولید گندم در مناطق دیم است (Moradi and Siosemardeh, 2023)، که نتایج مطابق با یافته‌های این پژوهش بود. علاوه بر صفات مربوط به عملکرد، پرایمینگ بذر نیز نشان داده است که باعث افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های مختلف محیطی مانند خشکی و شوری می‌شود. این بیشتر مزایای بالقوه پرایمینگ بذر را در بهبود انعطاف‌پذیری محصولات گندم در شرایط چالش‌برانگیز رشد برجسته می‌کند (Shadmehri and Abbasdokht, 2024).

در آزمایش حاضر ژنوتیپ‌ها گندم پاسخ متفاوتی دادند که دلیل این مسئله می‌تواند به ساختار ژنتیکی آن‌ها مربوط باشد. در شرایط تنش اسمزی، گیاهان برای جوانه‌زنی و رشد به آب و مواد مغذی اضافی نیاز دارند. در این آزمایش کاربرد محلول‌های اسمزی و عناصر موجب بهبود شاخص‌های مورد مطالعه در این آزمایش شد. نوتری پرایمینگ استراتژی اخیراً توسعه‌یافته برای بهبود مواد مغذی و آب موجود برای پرایمینگ بذر گیاه در حال ظهور با افزودن منیزیم، روی و بور است که به‌طور مؤثر جوانه‌زنی، رشد و نمو، گل‌دهی

از مواد مغذی برای بهبود تولید آنتی‌اکسیدان در گیاهان زراعی شناخته شده‌اند (Farooq et al., 2017). طی گزارش محققین کاربرد پرایمینگ بذر با سولفات روی و آهن ویژگی‌های فیزیولوژیکی و عملکرد گندم را در شرایط دیم بهبود بخشید. برای بهبود مقاومت به خشکی، GY و کیفیت گندم دیم، پرایمینگ بذر به‌عنوان شیوه‌های مدیریت محصول توصیه می‌شود (Moradi and Siosemardeh, 2023).

زودرس، زودرس، سرعت پر شدن دانه عملکرد چندین محصول زراعی را بهبود می‌بخشد (Ullah et al., 2019). پتاسیم به‌عنوان یک ماده مغذی اصلی در نظر گرفته می‌شود، دانه نخود پر شده با روی برای بهبود تاج پوشش گیاهی، شاخص تحمل به خشکی و ویژگی‌های عملکرد (Shivay et al., 2014). یافت شده است. علاوه بر این، نوتری پرایمینگ تحمل به چندین تنش محیطی را نیز افزایش می‌دهد و برخی

جدول ۸. همبستگی ساده ویژگی‌های رشد، عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارقام گندم تحت اثر تیمار پرایمینگ بذر

Table 3. Simple correlation of growth traits, yield, and yield components of wheat varieties under the effect of seed priming treatment

	(X1)	(X2)	(X3)	(X4)	(X5)	(X6)	(X7)	(X8)	(X9)	(X10)	(X11)	(X12)
(X1) ارتفاع بونه Plant height	1											
(X2) طول برگ پرچم Length of the flag leaf	-0.113	1										
(X3) عملکرد بیولوژیک Biologic yield	0.325*	0.080	1									
(X4) قوه نامیه Vigour	-0.048	-0.259*	-0.174	1								
(X5) وزن هزار دانه 1000 grain weight	0.028	0.097	0.237	0.331**	1							
(X6) طول پدانکل Peduncle length	0.233	0.033	-0.013	0.004	-0.027	1						
(X7) طول خوشه Ear length	-0.124	0.160	0.029	-0.070	0.141	0.128	1					
(X8) تعداد خوشه بارور No. of fertile ear	0.201	0.004	0.417**	0.422**	0.191	0.388**	-0.021	1				
(X9) تعداد ریشه بذری No. of seminal roots	0.152	0.103	0.036	0.364*	0.036	0.077	-0.022	-0.147	1			
(X10) تعداد دانه در خوشه No. seeds in ear	0.217	0.033	0.252	0.355**	0.111	0.315*	0.066	0.039	0.081	1		
(X11) ماده خشک برگ Leaf dry mater	0.155	0.029	0.108	0.331**	0.215	-0.021	0.054	0.270*	-0.041	0.303	1	
(X12) عملکرد دانه Grain yield	0.287*	0.033	0.594**	0.542**	0.414**	0.527**	-0.082	0.452**	0.265*	0.528**	0.205	1

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

*, and **: significant at 5% and 1%, respectively.

در دسترس بودن مواد مغذی برای جوانه زدن بذرها استفاده می‌شود (Farooq et al., 2021). در مراحل رشد دیررس گندم دیم، رطوبت ناکافی خاک و فعالیت محدود ریشه منجر به کاهش جذب عناصر غذایی می‌شود (Moradi et al., 2022)، که می‌توان گفت محصول گندم در معرض افزایش مداوم دمای محیط با کمبود رطوبت اتمسفر و کاهش ذخیره

پرایمینگ بذر تکنیکی برای بهبود خشکسالی ترکیبی از این شیوه‌ها می‌تواند نقش کلیدی در افزایش تحمل گیاه به تنش خشکی و بهبود عملکرد و کیفیت دانه داشته باشد، که در این پژوهش نیز اثرات مثبت پرایمینگ بذر در صفات مورد مطالعه مشاهده شد. استفاده از عناصر از طریق پرایمینگ بذر تغذیه‌ای یک رویکرد مقرون‌به‌صرفه در نظر گرفته می‌شود زیرا فقط مقدار کمی از مواد مغذی برای پر کردن و اطمینان از

نهایت منجر به بهبود کیفیت دانه می‌شود. محتوای روی، آهن و پروتئین دانه). این یافته مطابق با تحقیقات قبلی بود که نشان می‌داد پرایمینگ بذر کیفیت دانه را بهبود می‌بخشد (Rehman et al., 2018). جامعه کشاورز می‌تواند از پرایمینگ بذر با مواد اسمزی و مغذی در مرحله جوانه‌زنی برای کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی و بهبود ویژگی‌های رشد، عملکرد دانه و کیفیت گندم دیم استفاده کند.

نتیجه‌گیری نهایی

بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، پرایمینگ بذر علاوه بر بهبود قدرت رویش بذر و افزایش استقرار بونه می‌تواند به افزایش عملکرد دانه گندم و اجزای آن در شرایط دیم مناطق سرد هم اقلیم با منطقه انجام این آزمایش، کمک نماید. در این بررسی، پیش تیمارهای نیترا پتاسیم و پتاسیم دی هیدروژن فسفات بر اغلب صفات اثر مثبت داشته و به افزایش عملکرد دانه گندم کمک کردند. پرایمینگ بذر با نیترا پتاسیم سبز شدن گیاهچه‌ها را تسریع کرده و باعث یکنواختی سبز شدن گیاهچه‌ها و بهبود عملکرد دانه شد. این مزیت در شرایط دیم که زمان سبز شدن گیاهچه‌ها دقیقاً تابع محیط (بارندگی مؤثر) است تا حد زیادی کارایی خود را از دست داده و بعضاً موجب از بین رفتن گیاهچه و در نتیجه کاهش عملکرد می‌گردد.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از تمامی مسئولین آزمایشگاه‌های دانشکده کشاورزی دانشگاه مهاباد برای اجرای این پژوهش کمال تشکر و قدردانی را نمایند.

رطوبت خاک به‌ویژه در زمان پر شدن دانه به دلیل کمبود بارندگی قرار گرفت.

رشد، اجزای عملکرد و عملکرد دانه به‌شدت مرتبط هستند و کارایی یکی بر دیگری تأثیر می‌گذارد. علاوه بر این، افزایش قابل‌توجهی در اجزای رشد و عملکرد باعث بهبود عملکرد دانه می‌شود (Malko et al., 2022). طبق این مطالعه، پرایمینگ بذر تأثیر مثبتی بر دانه در سنبله، وزن دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و رشد ریشه داشت. اخیراً محققان متعددی گزارش کردند که پرایمینگ بذر اجزای عملکرد و عملکرد را افزایش داد که از نتایج ما پشتیبانی می‌کرد (Raza et al., 2023). افزایش تحمل در گیاهان رشد یافته از یک‌دانه پرایم شده منجر به بهبود رشد ریشه و در نتیجه به بهبود جذب آب و تغذیه در شرایط کم‌آبی کمک می‌کند (Farooq et al., 2021). در مرحله زایشی، کمبود آب، کاهش فعالیت ریشه و کمبود مواد مغذی در گندم دیم بر رشد دانه، دانه در سنبله و وزن دانه تأثیر می‌گذارد و در نهایت باعث کاهش عملکرد و کیفیت محصولات نهایی می‌شود (Saha et al., 2022).

در این مطالعه پرایمینگ بذر با عناصر غذایی بر نیز بر صفات اجزای عملکرد دانه تأثیر گذاشت. یک منبع غذایی کافی در جوانه‌زنی بذر و مراحل اولیه رشد بسیار حیاتی است. پرایمینگ بذر تغذیه‌ای رشد ریشه، جذب مواد مغذی و رشد گیاه را بهبود می‌بخشد (Saha et al., 2022). نتایج آزمایش ما نشان می‌دهد که رشد ریشه‌های بذرزی به‌طور قابل‌توجهی با پرایمینگ بذر بهبود می‌یابد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که مکانیسم بهبود اجزای عملکرد دانه با عمل پرایمینگ بذر مبتنی بر بهبود رشد و نمو ریشه، افزایش جذب مواد مغذی و انتقال عناصر غذایی از ریشه به اندام هوایی و دانه است و در

منابع

- Faisal, M., Aid, J., Nodirov, B., Lee, B., Hickey, M.A., 2023. Preclinical trials in Alzheimer's disease: Sample size and effect size for behavioural and neuropathological outcomes in 5xFAD mice. *PLoS One*. 18(4), e0281003. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281003>
- Farooq, M., Almamari, S.A.D., Rehman, A., Al-Busaidi, W M., Wahid, A., Al-Ghamdi, S.S., 2021. Morphological, physiological and biochemical aspects of zinc seed priming-induced drought tolerance in faba bean. *Scientia Horticulturae*. 281, 109894. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.109894>
- Farooq, M.A., Gogoi, N., Barthakur, S., Baroowa, B., Bharadwaj, N., Alghamdi, S.S., Siddique, K.H.M., 2017. Drought stress in grain legumes during reproduction and grain filling. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 203, 81–102. <https://doi.org/10.1111/jac.12169>
- Hussain, M.M., Farooq, D.J., 2017. Evaluating the role of seed priming in improving drought tolerance of pigmented and non-pigmented

- rice. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 203, 269–276. <https://doi.org/10.1111/jac.12195>
- Johnson, S.E., Lauren, J.G., Welch, R.M., Duxbury, J.M., 2005. A comparison of the effects of micronutrient seed priming and soil fertilization on the mineral nutrition of chickpea (*Cicer arietinum*), lentil (*Lens culinaris*), rice (*Oryza sativa*) and wheat (*Triticum aestivum*) in Nepal. *Experimental Agriculture*. 41, 427–448. <https://doi.org/10.1017/S0014479705002851>
- Liu, C., Yang, Z., Hu, Y.G., 2015. Drought resistance of wheat alien chromosome addition lines evaluated by membership function value based on multiple traits and drought resistance index of grain yield. *Field Crops Reserch*. 179, 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.04.016>
- Malko, M.M., Khanzada, A., Wang, X., Samo, A., Li, Q., Jiang, D., Cai, J., 2022. Chemical treatment refines drought tolerance in wheat and its implications in changing climate: A review. *Plant Stress*. 100118. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2022.100118>
- Melash, A.A., Mengistu, D.K., Abera, D.A., Tsegay, A., 2019. The influence of seeding rate and micronutrients foliar application on grain yield and quality traits and micronutrients of durum wheat. *Journal of Cereal Science*. 85, v221–v227. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.08.005>
- Moradi, L., Siosemardeh, A., 2023. Combination of seed priming and nutrient foliar application improved physiological attributes, grain yield, and biofortification of rainfed wheat. *Frontiers in Plant Science*. 14, 1287677. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1287677>
- Moradi, L., Siosemardeh, A., Sohrabi, Y., Bahramnejad, B., Hosseinpanahi, F., 2022. Dry matter remobilization and associated traits, grain yield stability, N utilization, and grain protein concentration in wheat cultivars under supplemental irrigation. *Agricultural Water Management*. 263, 107449. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107449>
- Raza, M.A.S., Zulfiqar, B., Iqbal, R., et al., 2023. Morpho-physiological and biochemical response of wheat to various treatments of silicon nano-particles under drought stress conditions. *Scientific Reports*. 13, 2700. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29784-6>
- Rehman, A., Farooq, M., Naveed, M., Nawaz, A., Shahzad, B., 2018. Seed priming of Zn with endophytic bacteria improves the productivity and grain biofortification of bread wheat. *European Journal of Agronomy*. 94, 98–107. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2018.01.017>
- Saha, D., Choyal, P., Mishra, U.N., Dey, P., Bose, B., Prathibha, M.D., et al., 2022. Drought stress responses and inducing tolerance by seed priming approach in plants. *Plant Stress*. 4, 100066. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2022.100066>
- Shadmehri, A., Abbasdokht, H., 2024. Investigating seed priming on some physiological characteristics and yield of three genotypes (Q12, Q29 & Giza1) of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd) under different irrigation regimes, *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 17(2), 405-424. [In Persian]. <https://doi.org/10.22077/escs.2023.5995.2185>
- Sharifi Kalyani, F., Siosemardeh, A., Hosseinpanahi, F., Jalali-Honarmand, S., 2022. The effect of seed priming on yield, yield components and grain quality characteristics of rainfed wheat in Kurdistan province. *Journal of Crop Production and Processing*. 11(4), 69-80. [In Persian]. <https://doi.org/10.47176/jcpp.11.4.36342>
- Shivay, Y.S., Prasad, R., Pal, M., 2014. Genetic variability for zinc use efficiency in chickpea as influenced by zinc fertilization. *International Journal of Bio-resource Stress Management*. 5, 31–36. <https://doi.org/10.5958/j.0976-4038.5.1.005>
- Tabassum, T., Farooq, M., Ahmad, R., Zohaib, A., Wahid, A., Shahid, M., 2018. Terminal drought and seed priming improves drought tolerance in wheat. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 24, 845–856. <https://doi.org/10.1007/s12298-018-0547-y>
- Ullah, A., Farooq, M., Hussain, M., Wakeel, A., 2019. Zinc seed priming improves stand establishment, tissue zinc concentration and early seedling growth of chickpea. *The Journal of Animal & Plant Sciences*. 29, 1049–1053.