Cereal Biotechnology and Biochemistry

Online ISSN: 2783-5170

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

The effect of seed treatment with salicylic acid, humic acid and zinc on the yield of durum wheat under rainfed conditions

Masoud Mohebbi [1], Mohammad Eghbal Ghobadi [2]✉ & Hamid Reza Chaghazardi [3]

[1] M.Sc. in Agrotechnology - Crop Physiology, Department of Plant Production and Genetics, Agriculture and Natural Resources Campus, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: masoud.mlsslm@gmail.com

[2]✉ Department of Plant Production and Genetics, Agriculture and Natural Resources Campus, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: eghbalghobadi@yahoo.com

[3] Department of Plant Production and Genetics, Agriculture and Natural Resources Campus, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: hamidrezachaghazardi@yahoo.com

ABSTRACT

Introduction: Nowadays, seed treatment with growth regulators or nutrients is widely used in the seed industry due to its significant effect on growth and yield, as well as resistance to diseases and pests. Therefore, in the present research, the effects of seed treatments with salicylic acid, humic acid, and zinc on two durum wheat cultivars were investigated under rainfed conditions.

Materials and methods: This research was conducted as a factorial experiment based on a randomized complete blocks design (RCBD) with three replications in the research farm of the Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran, in 2019-2020. Factors included two cultivars of durum wheat (Saji and Zahab) and seed treatments (salicylic acid, humic acid, zinc, salicylic acid + humic acid, salicylic acid + zinc, humic acid + zinc, salicylic acid + humic acid + zinc, and control). Seed treatments were applied before sowing with a concentration of one millimolar (mM) salicylic acid solution, zinc solution (2%), and humic acid powder (95%) at the ratio of one kg or lit to 100, 100, and 300 kg of seeds, respectively. The investigated traits included the content of photosynthetic pigments and flag leaf area in the boot stage (code 45 on the Zadoks growth scale) and yield and yield components and seed protein percentage at the ripening stage.

Results: The results of the analysis of variance showed that the effect of cultivars, seed treatments, and interactions between them was significant on the studied traits (except the number of spikes per square meter). The grain yield in durum wheat cv. Zahab was significantly higher than Saji. The grain yield of two cultivars in all seed treatments was higher than the control. Grain yield in Zahab was almost the same in all of the seed treatments, but in Saji, the highest grain yield was obtained in seed treatment with zinc usage (5033 kg. ha-1), and other seed treatments had the same effects. There was no significant difference between the two cultivars in terms of seed protein percentage, but the highest and lowest amount of seed protein was observed in salicylic acid + humic acid and control seed treatments with 13.14 and 12.11%, respectively. At the boot stage, the effects of cultivar and seed treatment on flag leaf area and the content of photosynthetic pigments (except carotenoids) were significant. Zahab cv. was superior to Saji in terms of flag leaf area and photosynthetic pigment content.

Conclusion: Based on the results of this research, durum wheat cv. Zahab had a better performance than Saji. The effect of seed treatments with salicylic acid, humic acid, zinc, and the combination of these treatments had positive and significant effects on the grain yield compared to the control.

Keywords: Seed protein, Zahab, Photosynthetic pigments, Saji.

Article Type: Research Article

Article history: Received: 11/07/2022, **Revised:** 01/09/2022, **Accepted:** 11/09/2022, **Published online:** 29/09/2022

Cite this article: 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. DOI: 10.22126/cbb.2022.8349.1020

© The Author(s).

Publisher: Razi University

10.22126/cbb.2022.8349.1020

بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات

شاپا الکترونیکی: ۵۱۷۰-۲۷۸۳

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

اثر تیمار بذر با سالیسیلیک اسید، هیومیک اسید و روی بر عملکرد گندم دوروم در شرایط دیم

مسعود محبی [۱]، محمداقبال قبادی [۲] ✉ و حمیدرضا چقازردی [۳]

[۱] کارشناسی ارشد-آگروتکنولوژی- فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه ، ایران. رایانامه: masoud.mlsslm@gmail.com

[۲] ✉ گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه ، ایران. رایانامه: eghbalghobadi@yahoo.com

[۳] گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه ، ایران. رایانامه: hamidrezachaghazardi@yahoo.com

چکیده

مقدمه: امروزه تیمار بذر با استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد و یا مواد مغذی به‌دلیل تأثیر قابل توجه بر رشد، عملکرد و همچنین ایجاد مقاومت به بیماری‌ها و آفات کاربرد زیادی پیدا کرده است. براین اساس، در تحقیق حاضر، اثر تیمار بذر با سالیسیلیک اسید، هیومیک اسید و روی بر دو رقم گندم دوروم در شرایط دیم مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: این پژوهش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ اجرا شد. عوامل آزمایش شامل دو رقم گندم دوروم (ساجی و ذهاب) و تیمارهای بذر (سالیسیلیک اسید، هیومیک اسید، روی، سالیسیلیک اسید + هیومیک اسید، سالیسیلیک اسید + روی، هیومیک اسید + روی، سالیسیلیک اسید + هیومیک اسید + روی و شاهد) بودند. تیمارهای بذر قبل از کاشت به صورت بذرمال با غلظت یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید، روی (دو درصد) و پودر هیومیک اسید (۹۵ درصد) به‌ترتیب به نسبت یک کیلوگرم یا لیتر به ۱۰۰، ۱۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم بذر اعمال شدند. صفات مورد بررسی شامل محتوی رنگدانه‌های فتوسنتزی، سطح برگ پرچم در مرحله آبستنی (کد ۴۵ مقیاس زادکس)، عملکرد و اجزای عملکرد و درصد پروتئین دانه در زمان رسیدگی بودند.

یافته‌ها: بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر رقم، تیمارهای بذر و اثرات متقابل بین آنها بر صفات مورد بررسی به جز تعداد سنبله در واحد سطح معنی‌دار بود. عملکرد دانه در گندم دوروم رقم ذهاب به‌طور معنی‌داری بالاتر از رقم ساجی بود. عملکرد دانه دو رقم در تمام تیمارهای بذری نسبت به تیمار شاهد بیشتر بود. در رقم ذهاب عملکرد دانه در تیمارهای بذری تقریباً یکسان بود، ولی در رقم ساجی بیشترین عملکرد دانه در تیمار بذری با مصرف روی (۵۰۳۳ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد و سایر تیمارهای بذری اثرات یکسانی داشتند. بین دو رقم اختلاف معنی‌داری از نظر درصد پروتئین دانه دیده نشد، ولی بیشترین و کمترین مقدار پروتئین دانه در تیمارهای بذری سالیسیلیک اسید + هیومیک اسید و شاهد به‌ترتیب با ۱۳/۱۴ و ۱۲/۱۱ درصد مشاهده شد. در زمان آبستنی، اثرات رقم و تیمار بذر بر سطح برگ پرچم و محتوی رنگدانه‌های فتوسنتزی (به جز کاروتنوئیدها) معنی‌دار بودند. رقم ذهاب بر رقم ساجی از نظر صفات سطح برگ پرچم و محتوی رنگدانه‌های فتوسنتزی برتری داشت.

نتیجه‌گیری: طبق نتایج این پژوهش، گندم دوروم رقم ذهاب دارای عملکرد بالاتری نسبت به رقم ساجی بود. اثر تیمارهای بذر با سالیسیلیک اسید، هیومیک اسید، روی و ترکیب این تیمارها، نسبت به شاهد اثرات مثبت و معنی‌داری بر عملکرد دانه داشتند.

واژه‌های کلیدی: پروتئین دانه، ذهاب، رنگدانه‌های فتوسنتزی، ساجی

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

نوع مقاله: دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۰ **اصلاح:** ۱۴۰۱/۰۶/۱۰ **پذیرش:** ۱۴۰۱/۰۶/۲۰، **انتشار آنلاین:** ۱۴۰۱/۰۷/۰۷

استناد: محبی، م.، قبادی، م. ا. و چقازردی، ح. ر. (۱۴۰۱). اثر تیمار بذر با سالیسیلیک اسید، هیومیک اسید و روی بر عملکرد گندم دوروم در شرایط دیم. بیوتکنولوژی و بیوشیمی غلات. ۱ (۳). ۳۳۴-۳۱۸. DOI: 10.22126/cbb.2022.8349.1020

ناشر: دانشگاه رازی

© نویسندگان.

مقدمه

گندم دوروم[1] به‌عنوان دهمین محصول مهم خانواده غلات شناخته می‌شود. تولید سالانه آن در دنیا به حدود ۴۰ میلیون تن می‌رسد (Mefleh *et al.*, 2019). سطح زیر کشت گندم دوروم در سال زراعی ۲۰۲۱-۲۰۲۰ معادل ۶/۲ درصد سطح زیر کشت گندم دنیا گزارش شده است. مهم‌ترین کشورهای تولید کننده این محصول الجزایر، هند، ایتالیا، مراکش، روسیه، سوریه، تونس، ترکیه و آمریکا هستند (Martinez-Moreno *et al.*, 2022). سطح زیر کشت گندم دوروم در ایران بین ۴۰۰-۳۰۰ هزار هکتار می‌باشد که بیشتر در مناطق گرمسیر و نیمه گرمسیر از جمله کرمانشاه به‌صورت پراکنده واقع شده است (Mohammadi *et al.*, 2016). گندم دوروم علاوه بر اینکه بیشتر برای تهیه ماکارونی (پاستا) استفاده می‌شود، دارای ژن‌های مقاومت به برخی بیماری‌های شایع غلات از قبیل زنگ‌ها و سیاهک‌ها و سازگاری به شرایط دیم می‌باشد (Guzman *et al.*, 2016). تیمار بذر با عناصر مغذی و یا تحریک کننده‌های رشد امروزه مورد توجه متخصصین بذر و فیزیولوژی قرار گرفته است. سالیسیلیک اسید، هیومیک اسید و روی موادی هستند که در صورتی که بر بذر اعمال شوند می‌توانند باعث تقویت بذر شوند. سالیسیلیک اسید[2] یک ترکیب فنلی و ماده شبه هورمونی است که در تعداد زیادی از گیاهان به وسیله سلول‌های ریشه تولید می‌شود و نقش مهمی در رشد و نمو گیاهان ایجاد می‌کند (Khan et al., 2015). کاربرد آن نقش محوری در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیک مختلف مانند القای گلدهی، رشد و نمو گیاه، سنتز اتیلن، تأثیر در باز و بسته شدن روزنه‌ها، تنفس، جذب یون‌ها، فتوسنتز، جوانه‌زنی، رسیدگی و پاسخ‌های دفاعی دارد (Miura & Tada, 2014). افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی با مصرف سالیسیلیک اسید در گیاهان گزارش شده است. در آزمایشی، استفاده از سالیسیلیک اسید با غلظت‌های ۱-۰/۱ میلی‌مولار برای خیساندن بذر و محلول‌پاشی برگی روی ذرت استفاده شد و میزان وزن خشک اندام هوایی و ریشه، قطر ساقه و تعداد برگ را تحت تنش شوری نسبت به شاهد افزایش داد(Khodary, 2004). همچنین، بیشترین اثر مثبت سالیسیلیک اسید بر رشد و عملکرد گیاه جو در شرایط تنش شوری در کاربرد به‌صورت پرایمینگ و محلول‌پاشی در مرحله شروع پنجه‌زنی مشاهده شده است (Hashemi *et al.*, 2015).تیمار بذر گندم با محلول سالیسیلیک اسید (۰/۰۵ میلی‌مولار به مدت سه ساعت) باعث افزایش وزن تر و طول گیاهچه از روز ۴ تا ۱۶ جوانه‌زنی شده است (Rakhmankulova *et al.*, 2010). بذر تیمار شده با سالیسیلیک اسید باعث افزایش مقاومت به اثر فلزات سنگینی مثل کادمیم شده و تنش اکسیداتیو (فعالیت کاتالاز) را کاهش داده است (Guo *et al.*, 2009).

[1] . Durum wheat (*Triticum durum* Desf.)
[2] . Salicylic acid (SA)

اسید هیومیک[3] از منابع مختلف نظیر خاک، هوموس، پیت، لیگنیت اکسید شده، زغال سنگ و غیره استخراج می‌شود (De Melo *et al.*, 2016). مصرف این ماده در گیاهان باعث افزایش نفوذپذیری غشای سلولی شده و ورود پتاسیم را تسهیل می‌کند که نتیجه آن افزایش فشار داخلی سلولی و تقسیم سلول است. از طرف دیگر، افزایش انرژی در داخل سلول منجر به افزایش تولید کلروفیل و سرعت فتوسنتز شده است (Giasuddin *et al.*, 2007). نتایج تحقیقات دیگر نیز حاکی از آن است که این ماده طبیعی با افزایش ماده آلی خاک، افزایش جذب و فراهمی عناصر غذایی نظیر نیتروژن، پتاسیم، فسفر، کلسیم، منگنز، روی و آهن (Yuan *et al.*, 2017)، افزایش جذب آب، افزایش محتوی کلروفیل و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی و کاهش اثرات منفی تنش‌های محیطی باعث بهبود رشد و افزایش عملکرد گیاهان مختلف شده است (Haghparast & Maleki Farahani, 2013). در پژوهشی، سطوح هیومیک اسید (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و چهار زمان محلول‌پاشی (پنجه‌زنی، ساقه‌رفتن، ظهور برگ و گرده‌افشانی) نشان داده است که محلول‌پاشی هیومیک اسید در زمان‌های مختلف بر وزن تر و خشک اندام هوایی، سطح برگ، ارتفاع ساقه و شاخص کلروفیل معنی‌دار بوده است و بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی و سطح برگ و ارتفاع ساقه از محلول‌پاشی با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید در زمان ظهور برگ پرچم به‌دست آمده است (Sabzevari & Khazaie, 2009).

روی[4] عنصری متحرک در گیاه بوده و علاوه بر اینکه حدود ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم از ماده خشک گیاهان را تشکیل می‌دهد، برای بیوسنتز کلروفیل (Taiz *et al.*, 2015) و متابولیسم پروتئین‌ها (Toor *et al.*, 2020) لازم است. کاربرد روی به‌صورت پرایمینگ بذر، جوانه‌زنی و عملکرد گندم، نخود و ذرت را در دامنه وسیعی از شرایط محیطی بهبود داده است. چون تنش خشکی به‌دلیل کاهش طول و وزن خشک ساقه، انتقال مجدد مواد مغذی به جنین را کاهش می‌دهد، تیمار بذر با روی یا پرایمینگ روی باعث سنتز ایندول استیک اسید و جیبرلیک اسید شده و سنتز این هورمون‌ها طول و وزن خشک ساقه را افزایش می‌دهد (Umair Hassan *et al.*, 2020). در آزمایشی اثر پیش تیمار بذر با سولفات روی (۰، ۰/۵، ۱/۰ و ۲/۰ درصد) بر ارقام گندم آرتا و شیرودی نشان داده است که تا ۱/۰ درصد باعث اثرات مثبت بر صفات مورد مطالعه به‌خصوص فعالیت آلفا آمیلاز و وزن خشک ریشه و اندام هوایی شده است (Abasi & Hamzei, 2017). در آزمایشی دیگر، اثر روی به صورت محلول‌پاشی و خاک کاربرد باعث افزایش عملکرد و کیفیت دانه گندم دوروم شده است (Cakmak *et al.*, 2010).

[3] . Humic acid (HA)

[4] . Zn

با توجه به آنچه ذکر شد، بیشتر بررسی‌های انجام شده در زمینه اثر سالیسیلیک اسید، هیومیک اسید و روی بر گیاهان در مراحل جوانه‌زنی، یا به صورت محلول‌پاشی در مراحل مختلف رشد، یا خاک کاربرد و یا برای پرایمینگ بذر انجام شده است. بنابراین، این آزمایش به‌منظور بررسی تیمار بذر به صورت بذرمال با این ترکیبات بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو رقم گندم دوروم ساجی و ذهاب در شرایط دیم کرمانشاه انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی کرمانشاه، با طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ درجه شمالی و ارتفاع ۱۳۱۹ متری از سطح دریا در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸اجرا شد. مشخصات آب و هوایی منطقه در سال اجرای آزمایش در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- مشخصات آب و هوایی محل اجرای آزمایش در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸

Table 1. The weather characteristics of experimental site in the crop year of 2019-2020

پارامترها Parameters	Month											
	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug
بارندگی Rainfall (mm)	15.4	56.1	114.8	25.6	43.5	148.2	93.3	40.1	0.0	0.0	0.0	0.0
درجه حرارت حداکثر T. max (°C)	30.5	18.0	12.2	11.3	9.9	16.7	18.0	25.4	34.5	37.5	38.9	35.8
درجه حرارت متوسط T. mean (°C)	21.6	10.2	5.9	4.4	3.7	9.7	11.3	17.7	25.1	21.7	29.6	19.0
درجه حرارت حداقل T. min (°C)	11.1	3.8	0.5	-1.5	-1.8	3.7	4.5	9.4	13.2	17.6	18.2	14.7

قبل از انجام آزمایش، از عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه برداری شد و به آزمایشگاه خاکشناسی ارسال گردید. نتایج آزمون خاک مزرعه محل اجرای آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است. خاک از نظر میزان پتاسیم و فسفر در حد کفایت ولی از نظر نیتروژن و روی در حد کمبود بود. لذا با توجه به میزان نیتروژن خاک به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در زمان به ساقه‌رفتن گندم دوروم مصرف گردید.

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق۳۰-۰ سانتی‌متر)

Table 2. Physical and chemical characteristics of the experiment soil (depth 0-30 cm)

بافت خاک	اسیدیته	هدایت الکتریکی	نیتروژن	کربن آلی	پتاسیم	فسفر	آهن	روی	منگنز
Soil texture	pH	EC ($ds.m^{-1}$)	Nitrogen (٪)	OC (٪)	K_2O	P_2O_5	Fe	Zn	Mn
					($mg.kg^{-1}$)				
Silty-Clay	6.36	4.13	0.17	1.71	510	12.5	4.2	1.12	16.5

آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عوامل آزمایش شامل دو رقم گندم دوروم (ساجی و ذهاب) و تیمارهای بذر (سالیسیلیک اسید، هیومیک اسید، روی، سالیسیلیک اسید + هیومیک اسید، سالیسیلیک اسید + روی، هیومیک اسید + روی، سالیسیلیک اسید + هیومک اسید + روی و تیمار شاهد (عدم تیمار بذر با مواد شیمیایی)) بودند.

سالیسیلیک اسید به‌صورت محلول یک میلی‌مولار به نسبت یک لیتر به ۱۰۰ کیلوگرم بذر (Vahabi *et al.*, 2017)، روی به‌صورت محلول دو درصد از شرکت صنایع شیمیایی شیمی کُرد (اختصاصی بذرمال) به نسبت یک لیتر به ۱۰۰ کیلوگرم بذر و هیومیک اسید ۹۵ درصد به صورت پودر از شرکت شیمی سبزواران (به نسبت ۱ کیلوگرم به ۳۰۰ کیلوگرم بذر) مصرف شدند. محلول روی و هیومیک اسید با همین غلظت و مقدار به‌وسیله فروشگاه‌های نهاده‌های کشاورزی به کشاورزان گندمکار توصیه می‌گردد. همه این مواد یک روز قبل از کاشت، به ترتیب سالیسیلیک اسید و بعد محلول روی (محلول‌ها با نسبت ذکر شده) محلول‌پاشی و سپس دستی مخلوط شدند. بعد از محلول‌پاشی، در هوای آزاد و در سایه به مدت حدود یک ساعت خشک و در آخر با پودر هیومیک اسید مخلوط شدند (حداقل یک ساعت بعد از خشک شدن کامل تیمار سالیسیلیک اسید، تیمار محلول روی اعمال گردید).

بذر ارقام گندم دوروم از معاونت موسسه تحقیقات کشاورزی دیم (سرارود کرمانشاه) تهیه شد. رقم ساجی در سال ۱۳۸۸ توسط موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور تأیید و نامگذاری شده است. در آزمایشاتی که صورت گرفته دارای عملکردی بهتر از ارقام دیم گندم سرداری، سیمره و زردک در مناطق مختلف بوده است. دارای تیپ رشد بینابین متمایل به بهاره، زودرس و مقاوم به خوابیدگی و خاص مناطق معتدل سرد و معتدل گرم است و در شرایط دیم، آبیاری تکمیلی و مناطق پرباران دارای عملکرد مناسبی بوده است (Mohammadi *et al.*, 2010). رقم ذهاب نیز دارای عملکردی بالاتر از ارقام شاهد در مناطق مختلف بوده است. پایداری در عملکرد، زودرسی، مقاومت به ورس و بیماری‌های زنگ از ویژگی‌های مثبت این رقم است. دانه این رقم حدود ۱۳ درصد پروتئین دارد و مناسب دیم‌زارهای مناطق معتدل سرد و گرم کشور است (Rahmati *et al.*, 2020).

به‌منظور آماده سازی مزرعه، پس از شخم، دیسک و ماله، کرت‌بندی انجام شد. کرت‌ها به طول ۳ و عرض ۱/۲۵ متر، دارای ۶ خط کاشت با فاصله ۲۵ سانتی‌متر و عمق کاشت بذر ۵ سانتی‌متر بودند. کشت در تاریخ ۱۳۹۸/۰۸/۲۳ انجام شد. کنترل علف‌های هرز، بر حسب نیاز و به‌صورت دستی انجام گرفت. در طول فصل رشد هیچ‌گونه علائم خسارت آفات و بیماری در مزرعه دیده نشد، لذا سمپاشی صورت نگرفت.

در این آزمایش در زمان برداشت، صفات عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، درصد پروتئین دانه، ارتفاع بوته و در زمان آبستنی یا شکم خوش ، سطح برگ پرچم و محتوی کلروفیل a، b، a+b و کاروتنوئیدها اندازه‌گیری شدند. به‌منظور تعیین عملکرد زیست‌توده، پس از برداشت گیاه از هرکرت (با حذف اثر حاشیه)، یک مترمربع از سطح خاک برداشت و وزن گردید. عملکرد دانه از محاسبه وزن دانه در یک متر مربع به‌دست آمد. شاخص برداشت با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد.

(۱) شاخص برداشت (درصد) = (عملکرد زیست‌توده / عملکرد دانه) × ۱۰۰

وزن هزاردانه، بعد از شمارش سه نمونه ۱۰۰۰ تایی و وزن آن به دست آمد. ارتفاع بوته در آخر فصل رشد در هر کرت از ۱۰ ساقه اصلی که به‌صورت تصادفی انتخاب شده بودند، از سطح خاک تا انتهای سنبله اندازه‌گیری شدند. درصد نیتروژن دانه با دستگاه کجلدال (مدل Hanon, K9840) اندازه‌گیری و با ضریب ۵/۷، درصد پروتئین دانه به دست آمد (AOAC, 1990).

برای اندازه‌گیری محتوی رنگدانه‌ها، از هر کرت چند برگ کاملاً باز شده در مرحله آبستنی (کد ۴۵ مقیاس زادکس) از برگ پرچم جدا و از روش پیشنهادی آرنون (Arnon, 1949) استخراج انجام و میزان جذب با دستگاه الایزا (مدل Bio-Tek Power wave XS2) در طول موج‌های ۶۳۳ ، ۶۴۶ و ۴۷۰ نانومتر قرائت شد. سپس با استفاده از روابط۲، ۳، ۴ و ۵ محتوی رنگیزه‌ها محاسبه شدند.

(۲) $Chlorophyll\ a = 12.21\ (A_{663}) - 2.81\ (A_{646})$

(۳) $Chlorophyll\ b = 20.13\ (A_{646}) - 5.1\ (A_{663})$

(۴) $Chlorophyll\ a+b = Chl.\ a + Chl.\ b$

(۵) $Carotenoids = (1000\ A_{470} - 3.27\ [Chl.\ a] - 104\ [Chl.\ b] / 227)$

مساحت سطح برگ پرچم از طریق طول و عرض و یک ضریب به صورت رابطه زیر به دست آمد (Chanda & Singh, 2002).

(۶) سطح برگ پرچم (سانتی‌مترمربع) = طول برگ (سانتی‌متر) × بیشترین عرض برگ (سانتی‌متر) ×۰/۷۵

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (ver. 9.2) و مقایسه میانگین‌ها با روش LSD در سطح احتمال پنج درصد و رسم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار سیگماپلات انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد و صفت‌های مرتبط با آن

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم و تیمارهای بذر و همچنین اثرات متقابل آنها بر صفات عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه (بجز صفت تعداد سنبله در متر مربع و اثر متقابل تیمارها بر وزن هزار دانه) معنی‌دار بودند (جدول ۳). بررسی نتایج عملکرد و اجزای عملکرد تحت تأثیر تیمارهای بذر در دو رقم گندم دوروم ساجی و ذهاب نشان داد که رقم ذهاب دارای عملکرد زیست‌توده بیشتری بود. رقم ساجی به‌دلیل داشتن تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه بیشتر عملکرد دانه در واحد سطح بیشتری نسبت به رقم ساجی داشت (شکل ۱).

در این آزمایش، عملکرد زیست‌توده در رقم ذهاب و تیمار بذر هیومیک اسید + سالیسیلیک اسید در بیشترین مقدار (۱۷۸۹ گرم در متر مربع) و در تیمار بذر سالیسیلیک اسید + هیومک اسید + روی در کمترین مقدار (۱۴۵۴ گرم در مترمربع) بودند (شکل 1a).

عملکرد دانه به‌عنوان مهم‌ترین صفت، در رقم ذهاب به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. اثرات متقابل تیمارهای بذر بر عملکرد دانه نشان داد که اثر سالیسیلیک اسید، هیومیک اسید، روی، سالیسیلیک اسید + روی، هیومیک اسید + روی و سالیسیلیک اسید + هیومک اسید + روی در رقم ذهاب در بیشترین مقدار بودند اما، در رقم ساجی فقط تیمارهای بذری روی، سالیسیلیک اسید + هیومیک اسید و هیومیک اسید + روی در بیشترین مقدار بودند (شکل 1b).

در این آزمایش، صفت تعداد سنبله در واحد سطح به‌عنوان یک جزء مهم اجزای عملکرد دانه تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت. اما، تعداد دانه در سنبله در رقم ذهاب و تیمار بذری روی (با ۴۶ دانه در سنبله) و در رقم ساجی تیمار بذری هیومیک اسید (با ۳۷/۳ دانه در سنبله)، به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار بودند (شکل 1c). رقم ساجی در تیمار بذری هیومیک اسید + روی با ۱/۳۸ گرم دانه در سنبله، بیشترین و در تیمار هیومیک اسید با ۱/۰۵ گرم دانه در سنبله کمترین وزن دانه در سنبله را داشت (شکل 1d). اما در کل، اثرات سایر تیمارهای بذر بر وزن دانه در سنبله در رقم ذهاب بیشتر بود.

شاخص برداشت در رقم ذهاب و تیمارهای بذری هیومیک اسید +روی و سالیسیلیک اسید + هیومیک اسید +روی به‌ترتیب با ۴۳/۸ و ۴۰/۴ درصد در بیشترین میزان بودند و رقم ساجی و تیمار بذر شاهد (بدون تیمار بذر) دارای شاخص برداشت کمتری (۲۵/۲ درصد) بود (شکل 1e). شاخص برداشت یک صفت فیزیولوژیکی است و نشان‌دهنده

سهم مواد تولیدی بوته به دانه است و در این آزمایش رقم ذهاب کارآمدتر از رقم ساجی ظاهر شد.

از نظر طول سنبله در رقم ذهاب و تیمار بذر با عنصر روی، بیشترین طول سنبله (۶/۶۲ سانتی‌متر) و در تیمار سالیسیلیک اسید (۵/۸۰ سانتی‌متر) کمترین طول سنبله را دارا بود (شکل 1f). از بررسی تیمارهای بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو رقم گندم دوروم به‌نظر می‌رسد تمام تیمارهای بذری دارای اثر مثبت نسبت به شاهد بودند، ولی یک تیمار مشخص را نمی‌توان معرفی کرد که دارای بیشترین اثر بر تمام صفات مورد بررسی باشد. از طرف دیگر، اثر سالیسیلیک اسید، هیومیک اسید و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم، در نتایج سایر محققین نیز متفاوت بوده است. در گزارشی آمده است که هیومیک اسید با افزایش تعداد دانه در سنبله باعث افزایش عملکرد گندم شده است (Asal *et al.*, 2015) و یا در آزمایشی دیگر، هیومیک اسید با افزایش تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه در گندم باعث افزایش عملکرد دانه شده است (Doroodian *et al.*, 2016)، که بیانگر نقش هر دو نهاده در افزایش عملکرد است.

در این آزمایش، از نظر وزن هزار دانه تیمار بذر هیومیک اسید با ۳۶/۲۹ گرم بیشترین و تیمار شاهد با ۳۲/۷۴ گرم کمترین مقدار را دارا بودند (شکل 2a). دو رقم ذهاب و ساجی از نظر وزن هزار دانه با هم اختلاف معنی‌دار داشتند. در این شرایط وزن هزار دانه رقم‌های ذهاب و ساجی به ترتیب ۳۷/۴۴ و ۳۰/۹۷ گرم بودند (شکل 3b).

اثرات محلول‌پاشی هیومیک اسید (۰ و ۲/۴ کیلوگرم در هکتار) و آهن و روی (۰، ۴۸۰ و ۹۶۰ گرم در هکتار از منابع سولفات آهن و سولفات روی) بر سه رقم گندم دوروم نشان داده است که بین ارقام به جز وزن هزار دانه، سایر اجزای عملکرد دانه دارای اختلاف معنی‌دار بوده‌اند. در یک بررسی، محلول‌پاشی هیومیک اسید باعث افزایش عملکرد دو رقم و کاهش عملکرد یک رقم شده است و در کل کاربرد ۴۸۰ گرم در هکتار آهن و روی با هیومیک اسید عملکرد دانه را افزایش داده است (Al-Mahdi *et al.*, 2021).

مقایسه میانگین اثر تیمارهای بذری بر ارتفاع بوته نشان داد که در تیمار بذری روی با ۸۷/۵ سانتی‌متر و هیومیک اسید + سالیسیلیک اسید با ۸۰/۰ سانتی‌متر به ترتیب بلندترین و کوتاه‌ترین ارتفاع بوته را داشتند (شکل 2c). صفت ارتفاع بوته تحت تأثیر رقم و شرایط محیطی و تغذیه‌ای است و تیمارهای بذری می‌توانند بر ارتفاع بوته گندم دوروم تأثیر داشته باشند. در این آزمایش، رقم‌های ساجی و ذهاب نیز با میانگین ۸۴/۳ و ۸۲/۳ سانتی‌متر از نظر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌دار داشتند (شکل 3a).

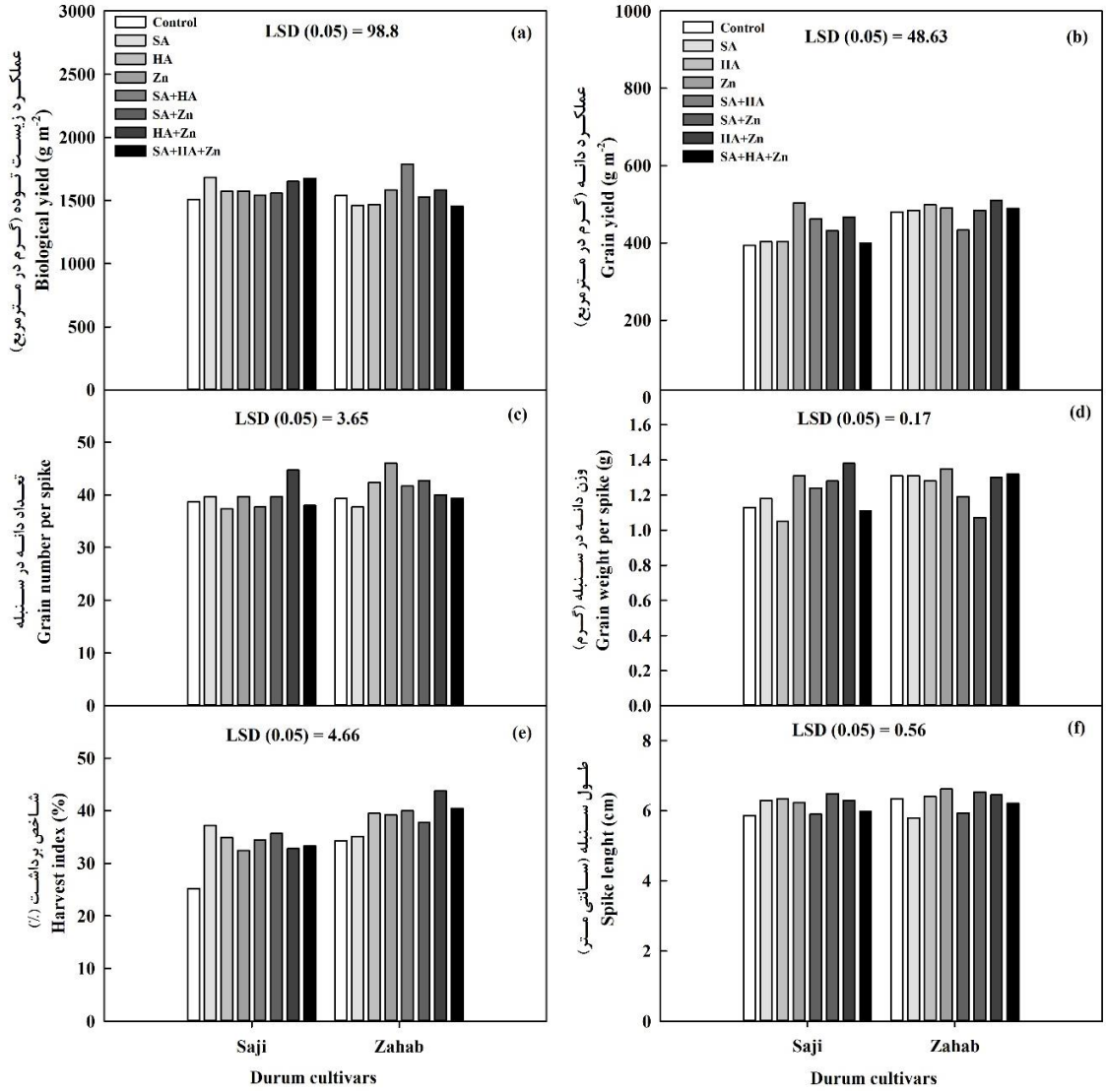
جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارهای بذر بر عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن در ارقام گندم دوروم در شرایط دیم

Table 3. Analysis of variance (mean squares) for effect of seed treatments on yield and its related traits in durum wheat cultivars under rainfed farming

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	عملکرد زیست‌توده Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	تعداد سنبله در مترمربع Spike number per plant	تعداد دانه در سنبله Grain number per spike	وزن هزار دانه 1000-grain weight	ارتفاع بوته Plant height	طول سنبله Spike length	وزن دانه در سنبله Grain weight per spike	پروتئین دانه Grain protein
بلوک Block	2	2002^{ns}	6922**	5.96^{ns}	485^{ns}	43.3**	0.561^{ns}	58.52**	0.202^{ns}	0.032^{ns}	3.22**
رقم Variety (V)	1	125256**	48705**	365**	165^{ns}	50.0**	502**	50.02*	0.004^{ns}	0.062*	0.791^{ns}
بذر مال Seed treatment (S)	7	49699**	9211**	41.6*	163^{ns}	51.0**	6.57**	31.83*	0.873**	0.041**	0.722*
رقم × بذرمال V×S	7	48687**	2158*	25.6*	341^{ns}	23.0**	0.76^{ns}	18.11^{ns}	0.794**	0.044**	0.274^{ns}
خطا Error	30	3513	850	7.83	690	4.79	0.742	11.87	0.114	0.012	0.263
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	3.76	6.36	7.77	4.59	5.43	2.51	4.13	5.43	8.48	4.15

*،**وns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار

*, ** and ^{ns} are significant at the probability level of 5 and 1 percent and non-significant, respectively

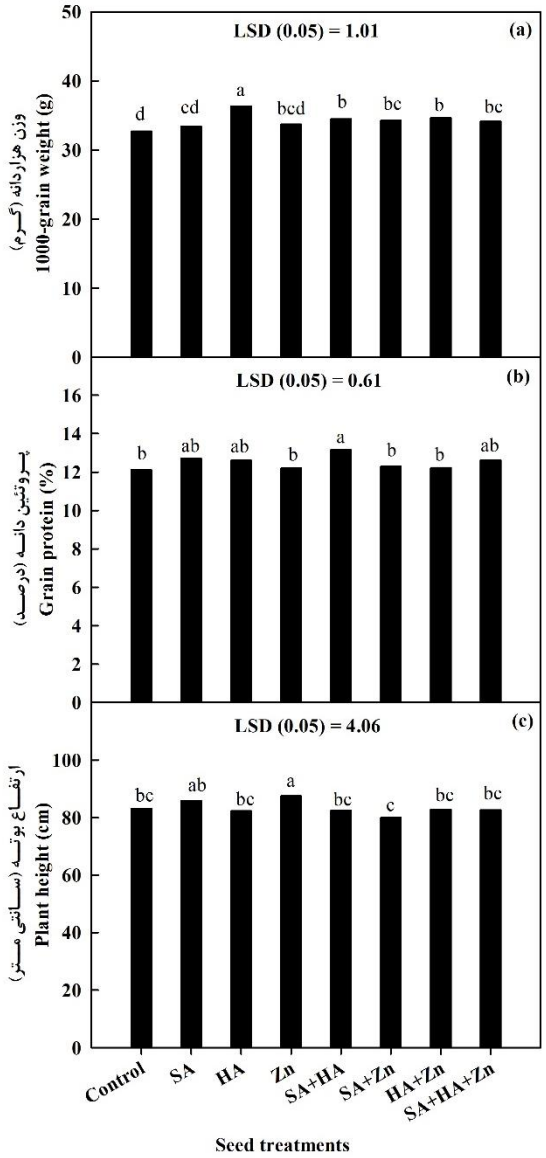


شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای بذر و ارقام گندم دوروم بر عملکرد زیست‌توده (a)، عملکرد دانه (b)، تعداد دانه در سنبله (c)، وزن دانه در سنبله (d)، شاخص برداشت (e) و طول سنبله (f)؛ SA: سالیسیلیک اسید، HA: هیومیک اسید، Zn: روی

Figure 1. Mean comparison of the interaction effect of seed treatments and durum wheat cultivars on biological yield (a), grain yield (b), grain number per spike (c), grain weight per spike (d), harvest index (e) and spike length (f); SA: salicylic acid, HA: humic acid, Zn: zinc

پروتئین دانه نیز در تیمارهای بذری هیومیک اسید + سالیسیلیک اسید با ۱۳/۱۴ درصد بیشترین و تیمار شاهد با ۱۲/۱۱ درصد کمترین مقدار را دارا بودند (شکل 2b). در آزمایشی، اثر محلول‌پاشی اسید هیومیک و نیتروژن بر گندم دوروم مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داده است که اسید هیومیک و نیتروژن سبب افزایش معنی‌دار محتوی پروتئین دانه شده است (Delfine *et al.*, 2005). در بررسی عملکرد بذر برنج تیمار شده با سالیسیلیک اسید (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) نتایج نشان داد که تیمار بذر با ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر تأثیری بر جوانه‌زنی و

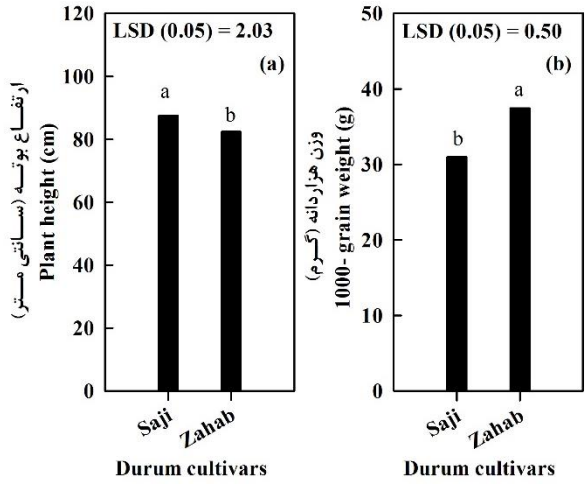
مقاومت گیاه نداشته است اما باعث افزایش قابل توجهی در عملکرد دانه شده است و تیمار بذر با سالیسیلیک اسید



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر تیمارهای بذر بر وزن هزار دانه (a)، پروتئین دانه (b) و ارتفاع بوته (c) در ارقام گندم دروم؛ SA: سالیسیلیک اسید، HA: هیومیک اسید، Zn: روی

Figure 2. Mean comparison of the effect of seed treatments on the 1000-grain weight (a), grain protein (b) and plant height (c) in Durum wheat cultivars; SA: salicylic acid, HA: humic acid, Zn: zinc

تأثیری بر پروتئین بذر تولیدی نداشته است (Tavares *et al.*, 2014).



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر رقم گندم دوروم بر ارتفاع بوته (a) و وزن هزار دانه (b)

Figure 3. Mean comparison of the effect of durum wheat cultivars on plant height (a) and 1000-grain weight (b)

نتایج آزمایشی که به منظور بررسی اثر محلول‌پاشی روی بر روی گندم رقم کوهدشت در مراحل مختلف نموی انجام شده است، نشان داد که محلول‌پاشی سولفات روی در مرحله ساقه‌رفتن + پر شدن دانه سبب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبلچه، وزن سنبله و در نهایت عملکرد دانه در مقایسه با شاهد شده است (Abdoli & Esfandiari, 2014).

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر تیمارهای بذر بر سطح برگ پرچم و رنگیزه‌های فتوسنتزی ارقام گندم دوروم در شرایط دیم در مرحله آبستنی

Table 4. Analysis of variance for effect of seed treatments on flag leaf area and photosynthetic pigments of durum wheat cultivars under rainfed farming at the booting stage

منابع تغییرات	درجه آزادی	سطح برگ پرچم	کلروفیل Chlorophyll			کاروتنوئیدها
SV	df	Flag leaf area	a	b	a+b	Carotenoids
بلوک Block	2	0.52^{ns}	0.201^{ns}	0.122^{ns}	0.219^{ns}	30.7^{ns}
رقم Variety (V)	1	76.5**	0.073^{ns}	0.455*	0.801*	333^{ns}
بذر مال Seed treatment (S)	7	4.40**	0.092**	0.613**	0.992**	1244^{ns}
رقم × بذرمال V×S	7	3.35**	0.073*	0.264**	0.581**	443^{ns}
خطا Error	30	0.581	0.022	0.082	0.155	799
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	3.25	1.95	2.00	1.71	3.09

*،**وns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار

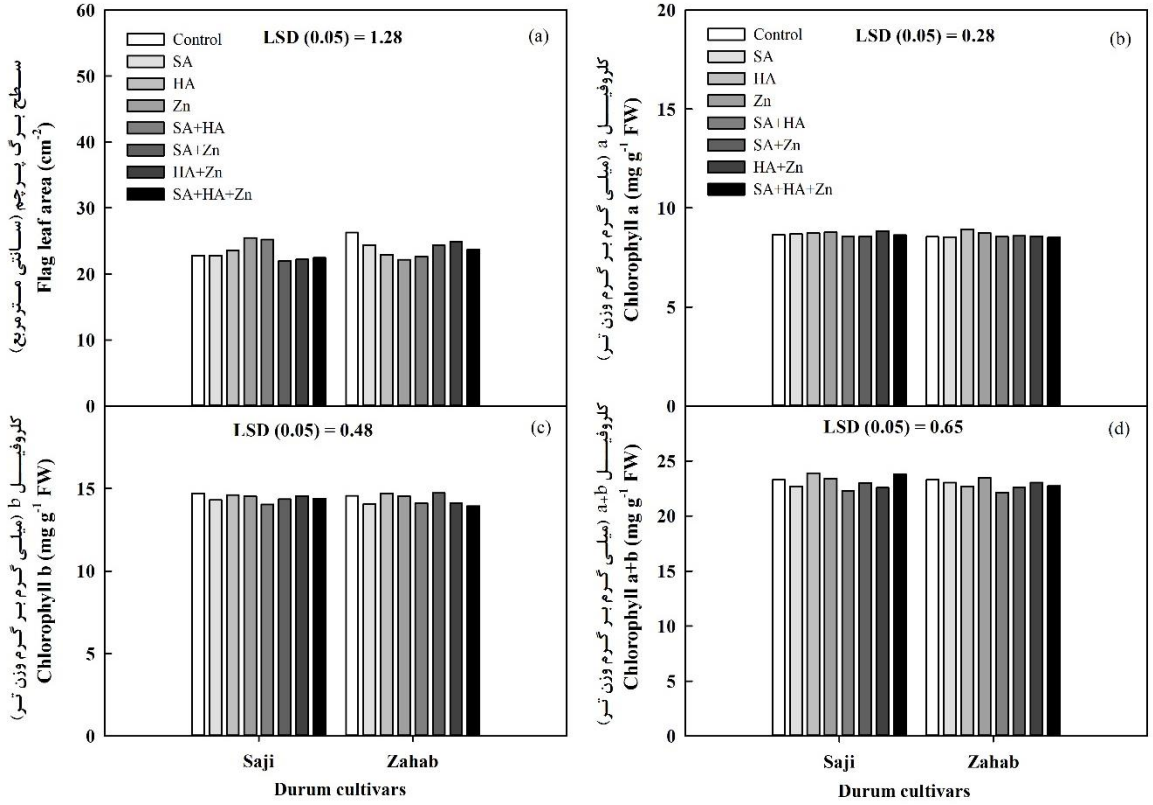
*, ** and ^{ns} are significant at the probability level of 5 and 1 percent and non-significant, respectively

سطح برگ پرچم و رنگدانه‌های فتوسنتزی

نتایج تجزیه واریانس اثر رقم و تیمارهای بذر بر سطح برگ پرچم و رنگدانه‌های فتوسنتزی در مرحله شکم‌خوش نشان داد که اثرات متقابل آنها بر سطح برگ پرچم و محتوی کلروفیل a، b و کل معنی‌دار شد ولی بر غلظت کاروتنوئیدها اثر معنی‌داری نداشتند (جدول ۴). سطح برگ پرچم در رقم ذهاب در تیمار شاهد با ۲۶/۲۸ سانتی‌متر مربع، بیشترین مقدار سطح برگ را داشت. رقم ساجی در تیمارهای بذری روی و هیومیک اسید + سالیسیلیک اسید به ترتیب با ۲۵/۵ و ۲۵/۲ سانتی‌متر مربع کمترین مقدار سطح برگ را دارا بود (شکل 4a). با توجه به اینکه عملکرد ماده خشک کل در رقم ذهاب بالاتر بود، چنین به‌نظر می‌رسد سطح برگ پرچم نیز بیشتر تحت تأثیر رقم بوده است تا تیمار بذری. از طرف دیگر، نتایج بیشتر آزمایشاتی که با تیمارهای بذری مشابه به‌وسیله سایر محققین انجام شده است، تأثیر تیمارها بر برگ‌های اولیه در مراحل اولیه رشد بررسی شده اما اثر این تیمارها بر سطح برگ پرچم بررسی نشده است. در گندم برگ پرچم تأمین کننده اصلی مواد ذخیره‌ای برای دانه‌های در حال رشد است. بنابراین، فعالیت آن به عنوان یک منبع و همچنین دوام آن از اهمیت ویژه‌ای برخودار است (Yu *et al.*, 2015).

محتوی کلروفیل a در رقم ذهاب و تیمار بذر هیومیک اسید، کلروفیل b در رقم ذهاب در تیمار بذر اسیدسالیسیلیک + روی و رقم ساجی در تیمار بذری هیومیک اسید و کلروفیل

a+b در تیمار بذری هیومیک اسید در هر دو رقم ذهاب و ساجی بیشترین مقدار داشتند (شکل‌های 4b,c and d). به عبارت دیگر، در رقم ذهاب محتوی کلروفیل a، b و a+b بالاتر بود و اثرات هیومیک اسید هم بر افزایش میزان این رنگیزه‌ها برجسته‌تر بود. نتایج سایر محققین هم نشان می‌دهد که اثر تیمارهای سالیسیلیک اسید، هیومیک اسید و روی بر محتوی رنگدانه‌ها ممکن است، متفاوت باشد. در آزمایشی که با مصرف سالیسیلیک اسید و نانو ذره سالیسیلیک اسید در ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ روز بعد از جوانه‌زنی بر روی بذر گندم به‌مدت چهار ساعت اعمال شده، نشان داده است که در تیمار سالیسیلیک اسید محتوی کلروفیل a و کل تغییری نداشته اما، محتوی کلروفیل b کاهش یافته است (Kadam *et al.*, 2021).



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای بذر و رقم گندم دوروم بر سطح برگ پرچم (a)، کلروفیل a (b)، کلروفیل b (c) و کلروفیل a+b (d) در مرحله آبستنی؛ SA: سالیسیلیک اسید، HA: هیومیک اسید، Zn: روی

Figure 4. Mean comparison of the interaction effect of seed treatments and durum wheat cultivars on the flag leaf area (a), chlorophyll a (b), chlorophyll b (c) and chlorophyll a+b (d) at the booting stage; SA: salicylic acid, HA: humic acid, Zn: zinc

نتیجه گیری

در کل نتایج نشان داد که رقم ذهاب نسبت به رقم ساجی دارای عملکرد دانه بیشتری است. این نتیجه احتمالاً به دلیل بالاتر بودن تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله و وزن هزار دانه بود. تیمار بذر با سالیسیلیک اسید، هیومیک اسید، روی و ترکیب آنها، اثرات متفاوتی بر هر کدام از اجزای عملکرد و صفات مورد بررسی داشتند. به عبارت دیگر، برای عملکرد دانه در رقم ذهاب اکثر تیمارها اثرات مثبتی بر افزایش عملکرد داشتند. در حالی‌که، برای صفات وزن هزار دانه و پروتئین دانه، بیشترین اثر به ترتیب مربوط به تیمار بذری هیومیک اسید و هیومیک اسید + سالیسیلیک اسید بودند. از نظر سطح برگ پرچم در مرحله آبستنی نیز رقم ذهاب بر رقم ساجی برتری داشت. همچنین، در رقم ذهاب محتوی کلرفیل‌های a و a+b در تیمار بذر با هیومیک اسید بیشترین مقدار بودند. به‌طور کلی، تیمارهای بذری با سالیسیلیک اسید، هیومیک اسید، روی و ترکیب آن‌ها بر عملکرد دانه ارقام گندم دورم ذهاب و ساجی اثر افزایشی داشتند.

References

Abasi, H., & Hamzei, J. 2017. The effect of different sources of pre-plant nitrogen-fertilizers and humic acid on yield and some physiological traits of wheat Pishtaz cultivar. Crop Physiology Journal, 9(35), 73-88 [In Persian].

Abdoli, M., & Esfandiari, E. 2014. Effect of zinc foliar application on the quantitative and qualitative yield and seedlings growth characteristics of bread wheat (cv. Kohdasht). Iranian Journal of Dryland Agriculture, 3(1), 77-90. https://dx.doi.org/10.22092/idaj.2014.100557 [In Persian]

Al-Mahdi, I. O., EL-Tabbakh, S. S., Nawar, A. I., & Abd-Elmoneim, M. H. 2021. Yield and Yield Components of Durum Wheat as Influenced by Humic Acid, Zinc and Iron Application. Alexandria Science Exchange Journal, 42, 107-120. https://dx.doi.org/10.21608/asejaiqjsae.2021.152591

AOAC. 1990. Association of official analytical chemists. 15th Ed, Method No: 988.05, P:70.

Arnon, D.I. 1949. Copper enzyme in isolated chloroplast and polyphenol oxidase in Beta vulgaris. Plant Physiology, 24, 1-15. https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1

Asal, M. W., Elham, A., Ibrahim, O. M., & Ghalab, E. G. 2015. Can humic acid replace part of the applied mineral fertilizers? A study on two wheat cultivars grown under calcareous soil conditions. International Journal of ChemTech Research, 8(9), 20-26.

Cakmak, I., Pfeiffer, W. H., & Mc Clafferty, B. 2010. Review: Bio fortification of durum wheat with zinc and iron. Cereal Chemistry, 87(1), 10-20. https://doi.org/10.1094/cchem-87-1-0010

Chanda, S., & Singh, Y. 2002. Estimation of leaf area in wheat using linear measurements. Plant Breeding and Seed Science, 46, 75-79.

De Melo, B. A. G., Motta, F. L., & Santana, M. H. A. 2016. Humic acids: structural properties and multiple functionalities for novel technological developments. Materials Science and Engineering: C, 62, 967-974. https://doi.org/10.1016/j.msec.2015.12.001

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, 183-191. https://doi.org/10.1051/agro:2005017

Doroodian, M., Sharghi, Y., Alipour, A., & Zahedi, H. 2016. Yield and yield components of wheat as influenced by sowing date and humic acid. International Journal of Natural Sciences, 5(1), 8-14. https://doi.org/10.3329/ijns.v5i1.28605

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

Guo, B., Liang, Y., & Zhu, Y. 2009. Does salicylic acid regulate antioxidant defense system, cell death, cadmium uptake and partitioning to acquire cadmium tolerance in rice? Journal of Plant Physiology, 166, 20-31. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2008.01.002

Guzman, C., Autrique, J. E., Mondal, S., Singh, R. P., Govindan, V., Morales-Dorantes, A., Romano, G. P., Crossa, J., Ammar, K., & Pena, R.J. 2016. Response to drought and heat stress on wheat quality, with special emphasis on bread-making quality, in durum wheat. Field Crops Research, 186, 157–165. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.12.002

Haghparast, M., & Maleki Farahani, S. 2013. Effect of water deficit irrigation and natural products on vegetative characteristics of different chickpea (*Cicer arietinum*) varieties. Iranian Journal of Pulses Research, 4(2), 77-86. [In Persian]

Hashemi, S., Emam, Y., & Pirasteh Anosheh, H. 2015. The effect of time and type of salicylic acid application on growth trend, yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.) under salinity tension conditions. Crop Physiology Journal, 6(24), 5-18. [In Persian]

Kadam, P. M., Damyanti Prajapati, D., Kumaraswamy, R. V., Kumari, S., Devi, K. A., Pal, A., Harish, Sharma, S. K., & Saharan, V. 2021. Physio-biochemical responses of wheat plant towards salicylic acid-chitosan nanoparticles. Plant Physiology and Biochemistry, 162, 699-705. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.03.021

Khan, M. I. R., Fatma, M., Per, T. S., Anjum, N. A., & Khan, N. A. 2015. Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. Frontiers in Plant Science, 6, 1-17. https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00462

Khodary, S. E. A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. International Journal of Agriculture and Biology, 6(1), 5-8.

Martínez-Moreno, F., Ammar, K., & Solís, I. 2022. Global changes in cultivated area and breeding activities of durum wheat from 1800 to date: A historical review. Agronomy, 12(1135), 1-17. https://doi.org/10.3390/agronomy12051135

Mefleh, M., Conte, P., Fadda, C., Giunta, F., Piga, A., Hassoun, G., & Motzo, R., 2019. From ancient to old and modern durum wheat varieties: Interaction among cultivar traits, management, and technological quality. Journal of the Science of Food and Agriculture, 99, 2059-2067. https://doi.org/10.1002/jsfa.9388

Miura, K., & Tada, Y. 2014. Regulation of water, salinity, and cold stress responses by salicylic acid. Plant Science Journal, 5, 410-419.

Mohammadi, R., Abdolahi, A., Mohammadi, M. S., Elahi, K., & Yari, S. R. 2016. Evaluation of yield gap of durum wheat genotypes under research and farmers' fields conditions. Research Achievements for Field and Horticulture Crops, 5(2), 133-141. https://doi.org/10.22092/rafhc.2016.109760

Mohammadi, R., Aghaee Sarbarze, M., Haghparast, R., Armion, M., SadeghzadehAhari, D., & Roustaii, M. 2010. Saji, a new Durum wheat cultivar adapted to rainfed and supplementary irrigation conditions of moderate cold and moderate warm areas of Iran. Seed and Plant Journal, 26 (4), 561-565. [In Persian]

Rahmati, M., Hosseinpour, T., & Ahmadi, A. 2020. Assessment of interrelationship between agronomic traits of wheat genotypes under rain-fed conditions using double and triple biplots of genotype, trait and yield. Dryland Agriculture, 9(1), 1-20. [In Persian]

Rakhmankulova, Z. F., Fedyaev, V. V., Rakhmatulina, S. R., Ivanov, C. P., Gilvanova, I. R., & Yu Usmanov., I. 2010. The effect of wheat seed pre-sowing treatment with salicylic acid on its endogenous content, activities of respiratory pathways, and plant antioxidant status. Russian Journal of Plant Physiology, 57(6), 778–783. http://doi:10.1134/S1021443710060051

Sabzevari, S., & Khazaie, H. 2009. The Effect of foliar application with humic acid on growth, yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agroecology, 1(2), 53-63. http://doi:10.22067/jag.vli2.2686 [In Persian]

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. 2015. Plant physiology and development. 6th Edition, Sinauer Associates, Sunderland, CT. p: 761.

Tavares, L. C., Rufino, C. A., Oliveira, S. D., Brunes, A. P., & Villela, F. A. 2014. Treatment of rice seeds with salicylic acid: seed physiological quality and yield. Journal of Seed Science, 36, 352-356. https://doi.org/10.1590/2317-1545v36n3636

Toor, M. D., Adnan, M., Javed, M., Habibah, U., Arshad, A., Din, M., & Ahmad, R. 2020. Foliar application of Zn: Best way to mitigate drought stress in plants; A review. International Journal of Applied Research, 6(8), 16-20.

Umair Hassan, M., Aamer, M., Umer Chattha, M., Haiying, T., Shahzad, B., Barbanti, L., Nawaz, M., Rasheed, A., Afzal, A., & Liu, Y. 2020. The critical role of zinc in plants facing the drought stress. Agriculture, 10, 396. https://doi.org/10.3390/agriculture10090396

Vahabi, N., Emam, Y., & Pirasteh-Anosheh, H. 2017. Improving wheat growth and yield using chlormequat chloride, salicylic acid and jasmonic acid under water stress. Iranian Journal of Field Crop Research, 15(1), 124-135. https://doi.org/10.22067/gsc.v15i1.47584 [In Persian]

Yu, S. M., Lo, S. F., & Ho, T. H. D. 2015. Source–sink communication: regulated by hormone, nutrient, and stress cross-signaling. Trends in Plant Science, 20, 844-857. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2015.10.009

Yuan, T., Ji, J., Wang, J., Sun, X., Yan, J., Wang, Z., & Niu, J. 2017. Effect of combined application of humic acid and nitrogen fertilizer on nitrogen uptake, utilization and yield of winter wheat. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 25(3), 365-372.