Effect of Foliar Application of Nutrients and Growth Regulators on Yield of Wheat under Water Stress (with Removing the Last Stage of Irrigation) at the end of the Growing Season

Farzaneh Salmanian[1], Seyed Bahman Mousavi[*2], Vali Feiziasl[3], Esmaeil Karimi[4], Ezzatollah Esfandiary[5]

(Received: August, 2021 Accepted: May, 2024)

Abstract

Usingplant growth regulators and some nutrients is one of the agronomic strategies to increase the tolerance of plants to water stress. Therefore, according to the recent droughts in the country, where farmers cannot provide the necessary water for the last stage of irrigation in wheat fields in the Ajab-Shir region, it seems that their application can be used to prevent yield loss of Wheat. The aim of this study was to evaluate the effect of seven treatments on Pishgam wheat including pure water (equivalent to the solution used in other treatments as control, salicylic acid (100 mg L^{-1}), folic acid (50 µM), potassium chloride 3%, zinc sulfate 4 per thousand, urea 4%, abscisic acid (2 mg L^{-1}) in flooding irrigation condition (planting and flag leaf emergence stages). Expriment was desighned as a randomized complete block at the occurrence of water stress in the end of the plant growing season. The results showed that treatments could improve the moisture relationship and the photosynthetic pigments of wheat leaves under water stress conditions. Foliar application of urea, salicylic acid and folic acid also increased grain yield by 2704 (42%), 2054 (32%), and 1962 (31%) kg. ha^{-1}, respectively. This increase is due to the increase in the number of fertile tillers and the decrease in the number of infertile tillers per plant, this led to a significant increase in the share of photosynthetic material transferred to the seed (harvest index). According to the findings of this study, salicylic acid, folic acid and urea can be used to reduce the adverse effects of moisture stress on the wheat.

Keywords: Grain Yield, Harvest index, Photosynthetic pigments, Urea

Salmanian F., Mousavi SB., Feiziasl V., Karimi E., sfandiary E. 2024. Effect of foliar application of nutrients and growth regulators on yield of wheat under water stress (with removing the last stage of irrigation) at the end of the growing season. *Appleid soil Research*. 12(3): 67-80.

1. Former MSc. Student, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Maragheh.
2. Associate Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Maragheh.
3. Associate Professor, Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO).
4. Assistant Professor, Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran
5. Professor, Department of Plant Production Engineering and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh.
* Corresponding Author Email: mosavi@maragheh.ac.ir

تأثیر محلول‌پاشی عناصر غذایی و تنظیم کننده‌های رشد بر عملکرد گندم آبی در شرایط تنش آبی (حذف آخرین مرحله آبیاری) آخر فصل زراعی

فرزانه سلمانیان[۱]، سید بهمن موسوی*[۲]، ولی فیضی‌اصل[۳]، اسماعیل کریمی[۴]، عزت‌اله اسفندیاری[۵]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۲۹)

چکیده

کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی و برخی از عناصر غذایی یکی از راهکارهای زراعی در افزایش تحمل گیاهان به تنش آبی محسوب می‌شوند. بنابراین با توجه به خشکسالی‌های اخیر در کشور که کشاورزان نمی‌توانند آب لازم برای آخرین مرحله آبیاری مزارع گندم را در منطقه عجب‌شیر تأمین کنند، به نظر می‌رسید که کاربرد آنها بتواند در این شرایط جهت جلوگیری از افت عملکرد گندم مفید واقع شود. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر سالیسیلیک اسید (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، فولیک اسید (۵۰ میکرومولار)، آبسیزیک اسید (۲ میلی‌گرم در لیتر)، کلرید پتاسیم ۳ درصد، سولفات روی ۰/۴ درصد، اوره ۴ درصد و آب خالص (شاهد)، هنگام وقوع تنش آبی در مرحله چکمه‌ای شدن گندم رقم پیشگام، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت مزرعه‌ای در منطقه مذکور به اجرا درآمد. نتایج نشان داد که تیمارهای آزمایشی می‌توانند روابط رطوبتی و میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی برگ گندم در شرایط تنش آبی را بهبود دهند. محلول‌پاشی اوره، سالیسیلیک اسید و فولیک اسید عملکرد دانه را به ترتیب ۳۰۷۵ کیلوگرم در هکتار (۲۱ درصد)، ۲۴۲۵ کیلوگرم در هکتار (۴۰ درصد) و ۲۳۳۳ کیلوگرم در هکتار (۳۸ درصد) در مقایسه با تیمار شاهد (با عملکرد دانه ۶۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) افزایش دادند. با بررسی اجزای عملکرد مشخص شد که این افزایش به‌دلیل افزایش تعداد پنجه بارور و کاهش تعداد پنجه‌های نابارور در گیاه اتفاق می‌افتد که با افزایش معنی‌دار سهم مواد فتوسنتزی انتقال یافته به دانه (شاخص برداشت) همراه بود. با استناد به یافته‌های این تحقیق، جهت کاهش اثرات منفی تنش آبی بر گیاه می‌توان از سالسیلسک اسید ، فولیک اسید و اوره استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: اوره، رنگدانه‌های فتوسنتزی، شاخص برداشت، عملکرد دانه

سلمانیان ف.، موسوی س.ب.، فیضی‌اصل و.، کریمی ا.، اسفندیاری ع. ۱۴۰۳. تأثیر محلول‌پاشی عناصر غذایی و تنظیم کننده‌های رشد بر عملکرد گندم آبی در شرایط تنش آبی (حذف آخرین مرحله آبیاری) آخر فصل زراعی. تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۱۲، شماره ۳. صفحه: ۸۰-۶۷.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
۲ - دانشیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه (مکاتبه کننده)
۳ - دانشیار، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
۴ - استادیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
۵ - استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
* پست الکترونیک: mosavi@maragheh.ac.ir

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) مهم‌ترین غله دنیا، بیشترین سطح زیر کشت زمین‌های زراعی در سطح کشور را به خود اختصاص داده است. تقریبا ۶۰ درصد از گندم مصرف خوراک انسانی داشته و انتظار می‌رود، بین سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۵۰ هفتاد درصد تقاضا برای آن به تناسب نرخ افزایش جمعیت و حیوانات اهلی افزایش داشته باشد (Abedi & Mojiri, 2020). با توجه به قرار گرفتن ایران در مناطق خشک و نیمه خشک جغرافیایی، وقوع تنش رطوبتی از مهمترین موانع تولید بهینه گندم در کشور به‌شمار می‌آید. لذا مطالعه تأثیر تنش‌های رطوبتی و راه‌های مقابله با آن به‌منظور کاهش خسارت‌های ناشی از این امر، از ضروریات تحقیق در کشور به شمار می‌آید. کاهش رشد گیاه، ارتفاع گیاه، تعداد و سطح برگ، میزان فتوسنتز به‌دلیل کاهش سطح فتوسنتزکننده، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش تولید ماده خشک، افزایش هورمون‌هایی مثل آبسیزیک اسید، کاهش نسبت اندام‌های هوایی، تسریع در ورود گیاه به فاز زایشی و غیره از مهمترین اثرت تنش آبی در گیاه محسوب می‌شوند (Richard *et al*., 2001). به لحاظ فیزیولوژیکی کاهش محتوی نسبی آب برگ و بسته شدن روزنه‌ها اولین تأثیر تنش آبی است که از طریق اختلال در ساخت مواد فتوسنتزی موجب کاهش میزان عملکرد می‌شود (Hosseinzadeh *et al*, 2014). در گیاهان در معرض تنش آبی شدید فعالیت دستگاه‌های فتوسنتزی مختل می‌شود و این امر باعث تجزیه کلروفیل، کاهش محتوای نسبی آب، تسریع روند پیری، کاهش زمان پر شدن دانه، کاهش سطح برگ، به‌هم خوردن تعادل هورمونی به دلیل کاهش سنتز سیتوکینین و افزایش آبسیزیک اسید، آسیب به غشای تیلاکوئیدی، کاهش ظرفیت فتوسنتزی و در نهایت کاهش عملکرد گیاه می‌شود. در گندم زمستانه مراحل گرده افشانی یا گلدهی (ZGS69) ، مرحله شیری (ZGS73) و خمیری شدن (ZGS83)، حساس‌ترین دوره‌ها به کمبود آب می‌باشند و کمبود آب در این مراحل صدمات بیشتری به محصول وارد کرده و عملکرد را بیشتر کاهش می‌دهد (Moustafa *et al*., 1996). در شرایط کمبود آب استفاده از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی و برخی عناصر غذایی توانسته است به‌عنوان یک راهکار برای جلوگیری از اثرات مخرب تنش آبی موثر واقع شده و زمینه سازگاری گیاه را فراهم آورد (Emam & Moaied, 2000). در این زمینه نقش برخی از عناصر مانند آهن، روی، منگنز و گوگرد و ترکیبات شیمیایی مانند سالیسیلیک اسید، آبسیزیک اسید، فولویک اسید و هورمون‌های گیاهی مانند سیتوکینین و اکسین (Karimi *et al*., 2022) مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. آبسیزیک اسید به عنوان یکی از عوامل مهم و موثر در تنظیم انتقال مواد پرورده فتوسنتزی به دانه‌ها یا میوه‌های در حال رشد بوده و با تسریع انتقال مجدد ترکیبات ذخیره‌ای موجود در ساقه به دانه‌های در حال رشد که قوی‌ترین مخزن‌های گیاه در اواخر دوره رشد هستند، موجب حفظ عملکرد دانه به ازای کاهش عملکرد زیست توده نسبت به شرایط عدم تنش آبی شده است (Yang *et al*., 2003). کاربرد فولیک اسید از سال ۱۹۷۸ در اراضی کشاورزی کشور چین جهت افزایش عملکرد گیاهان مناطق خشک برای کاهش اثرات تنش آبی در بالغ بر دو میلیون هکتار از اراضی آن کشور توسعه یافته است. این ماده باعث کاهش اثرات تنش آبی بر گیاه و افزایش مقاومت به بیماری‌ها و سرمازدگی شده و در ترکیب با عناصر کم‌مصرف، قابلیت انتقال و جذب این عناصر را افزایش می‌دهد (Yuzhong, 1996). سالسیلیک اسید یکی از ترکیبات فنلی است که یک نوع القاء کننده موثر در بیان ژن‌های مقاومت به تنش‌های محیطی به شمار می‌رود، گیاهان در واکنش به تنش‌های زنده و غیرزنده محیطی پروتئین‌هایی تولید می‌کنند که القا و تحریک این چنین پروتئین‌هایی توسط فیتوهورمون‌هایی نظیر سالیسیلیک اسید و آبسیزیک اسید ایجاد می‌شود (Dat *et al*., 2000). محلول‌پاشی اوره در مرحله ظهور برگ پرچم عملکرد، اجزای عملکرد و پروتئین دانه گندم را در اقلیم معتدله افزایش داده است که این افزایش به لحاظ تأمین نیتروژن مورد نیاز در مرحله پرشدن دانه و بهبود وزن هزار دانه گزارش شده است (Bahrani & Tahmasabi, 2011). پتاسیم علاوه بر اینکه تأثیر زیادی در متعادل نگه داشتن پتانسیل اسمزی سلول‌های ریشه برای حفظ و ایجاد فشار آماس و تنظیم تعادل آبی در گیاهان دارد با افزایش سطح برگ‌ها و بالا بردن میزان کلروفیل آنها موجب افزایش ظرفیت فتوسنتزی و نهایتا عملکرد می‌شود (Header & Beringer, 1981). در دیم‌زارها، تنش آبی می‌تواند جذب روی توسط غلات را به

طرق مختلف از جمله با کاهش رشد و توسعه ریشه، کاهش میزان تحرک و جابجایی روی در خاک تحت تأثیر قرار داده و کاهش دهد. از طرف دیگر، تحمل به تنش های محیطی نظیر خشکی معمولا با نیاز بالا به عنصر روی برای تنظیم و حفظ بیان ژن های دخیل در محافظت از سلول ها در برابر اثرات مضر تنش همراه است (Sadeghzadeh *et al*., 2021). در شرایط بروز تنش آبی به ویژه در آخر فصل زراعی و قطع ورود آب به گیاه از طریق ریشه، محلول پاشی برگی جهت جذب اهمیت ویژه‌ای دارد (Aref, 2006). در این تحقیق اثرات محلول-پاشی ترکیبات یاد شده که از مهمترین ترکیبات شناخته شده در کاهش اثرات منفی تنش آبی می‌باشند بر وقوع تنش آبی آخر فصل زراعی بر گندم آبی رقم پیشگام مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در شهرستان عجب‌شیر روستای شیشوان با موقعیت جغرافیایی طول شرقی ۴۵ درجه و ۵۲ دقیقه و ۴۸ ثانیه و عرض شمالی ۳۷ درجه و ۲۷ دقیقه و ۵۴ ثانیه به اجرا درآمد. خصوصیات اقلیمی منطقه مورد نظر به شرح جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱- آمار هواشناسی ایستگاه عجب‌شیر در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و بلند مدت

Table 1. Ajabshir climate station data in cropping year 2015-2016 and long term

Year	Relative humidity (%)	Rainfall (mm)	Mean T. (°C)	Mean Min. T. (°C)	Mean Max. T. (°C)	Evaporation (mm)
2015-2016	48.2	266.0	13.9	12.5	21	1780.0
Long term	48.0	249.7	14.7	7.0	21.3	2004.7

T: Temperature

قبل از اجرای آزمایش نمونه خاک به روش مرکب از محل اجرای آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری و آب آبیاری تهیه و در آن فسفر قابل استفاده به روش اولسن، پتاسیم به روش استات آمونیوم، کربن آلی به روش واکلی-بلک، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید، قابلیت هدایت الکتریکی با دستگاه EC متر، pH با دستگاه pH متر و بافت خاک به روش هیدرومتری اندازه‌گیری شد (Ali-Ehiayi & Behbahani, 1993). با توجه به اینکه میزان فسفر و پتاسیم قابل جذب در خاک بیش از حد بحرانی آن در خاک برای گندم آبی بود (جدول ۲)، لذا بر اساس توصیه موسسه تحقیقات خاک و آب فقط از کود اوره به میزان ۳۳۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد (Moshiri *et al*., 2014).

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه قبل از عملیات کاشت و ویژگی های آب آبیاری

Table 2. Soil physical and chemical properties of the experiment field before planting and irrigation water traits

Sample	pH	EC (μSm^{-1})	OM (%)	K ($mgkg^{-1}$)	P ($mgkg^{-1}$)	CCE (%)	Soil Texture
Soil	7.7	984	1.94	422	28.8	25.8	Sandy loam
Irrigation water	6.9	1098	-	-	-	-	-

گندم رقم پیشگام با ردیفکار (کشت‌گستر) در ردیف‌هایی با فاصله ۱۷ سانتی‌متری در ۲۸ مهر ماه سال ۱۳۹۴ کشت شد. پس از سبز شدن کامل مزرعه، کرت‌بندی در ابعاد ۲×۵ متر به مساحت ۱۰ متر مربع در سه بلوک انجام گرفت. فاصله بین کرت‌ها یک متر و فاصله بین بلوک‌ها ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. آبیاری به صورت غرقابی در دو مرحله کاشت و ظهور برگ پرچم (ZGS37) انجام گرفت تا با اطمینان بیشتری گیاه در مرحله زایشی و پر شدن دانه با تنش آبی مواجه شود. در اردیبهشت ماه در مرحله چکمه‌ای شدن (ZGS43) و مصادف با وقوع تنش آبی آخر فصل زراعی تیمارهای آزمایشی در هفت سطح محلول‌پاشی شامل: ۱- آب خالص (معادل با محلول استفاده شده در سایر تیمارها)، ۲- سالیسیلیک اسید ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (Cheraghi *et al*., 2014) ، ۳- فولیک اسید ۵۰ میکرومولار (Javadi and Esfandiyari, 2018) ، ۴- کلرید پتاسیم ۳ درصد (وزنی- حجمی) (Sedghi & Sharifi, 2013)، ۵- سولفات روی ۴ در هزار (وزنی-حجمی) (Wang *et al*., 2020)، ۶- اوره ۴ درصد (وزنی-حجمی) (Shah *et al*., 2003) و ۷- آبسیزیک اسید ۱۰۰ میکرومولار (Ramachandran *et al*., 2022) که توسط

برخی منابع پیشنهاد شده بودند، اعمال شدند. میزان محلول مورد استفاده برای هر تیمار پس از واسنجی در مزرعه ۴۰۰ لیتر بر هکتار برآورد شد که با استفاده از یک دستگاه سمپاش پشتی پس از شستشوی کامل انجام گرفت.

اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ

در مرحله گلدهی تعداد ۲۰ برگ پرچم به‌منظور تعیین شاخص‌های رطوبتی برگ شامل محتوای نسبی آب (Relative water content (RWC)) تهیه شد و بلافاصله در داخل کیسه‌های سربسته در داخل محفظه یخ به آزمایشگاه انتقال داده شدند. وزن تر نمونه‌ها بلافاصله در آزمایشگاه یادداشت شد و وزن آماس آنها با قرار دادن نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در آب دی‌یونیزه به دست آمده و با استفاده از رابطه (۱) محتوی نسبی آب برگ محاسبه شد:

$$RWC(\%) = \frac{(W_F - W_D)}{(W_T - W_D)} \times 100$$ رابطه (۱)

در این رابطه WF وزن برگ تر، WT وزن برگ آماس یافته، WD وزن برگ خشک، WW وزن برگ پژمرده و T زمان پژمردگی برگ بر حسب دقیقه می‌باشد.

اندازه‌گیری مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی

یک هفته بعد از محلول‌پاشی، تعداد ۲۰ نمونه برگ پرچم برای اندازه‌گیری موارد زیر به صورت تصادفی از هر تیمار تهیه شد. در نمونه‌های تهیه شده، کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید کل اندازه‌گیری شدند (Feiziasl *et al.*, 2019). برای این منظور ۰/۱ گرم نمونه برگی با ۴ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد عصاره‌گیری شد. سپس محلول حاصل به مدت ۵ دقیقه در ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شده و میزان جذب نور با استفاده از اسپکتروفتومتر در سه طول موج ۶۴۷، ۶۶۴ و ۴۷۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. در نهایت مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید و کلروفیل کل با استفاده ازروابط زیر محاسبه شدند:

رابطه (۲) کلروفیل a ($\mu g\ ml^{-1}$) = $12.12 \times (A_{664}) - 2.79 \times (A_{647})$

رابطه (۳) کلروفیل b ($\mu g\ ml^{-1}$) = $21.21 \times (A_{647}) - 5.1 \times (A_{664})$

رابطه (۴) کاروتنوئید ($\mu g/ml$) = $[(1000 \times (A_{470}) - 1.8 \times Chl\ a - 85.02 \times Chl\ b)/ 198]$

رابطه (۵) کلروفیل کل = کلروفیل a + کلروفیل b

در این روابط A470، A647 و A664 به ترتیب میزان جذب نور در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۷ و ۶۶۴ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر می‌باشند.

اندازه‌گیری پروتئین محلول برگ پرچم

میزان پروتئین محلول با روش برادفورد (Bradford, 1976) اندازه‌گیری شد. بدین صورت که کمپلکس واکنش شامل ۱۰۰ میکرولیتر از محلول آنزیمی استخراج شده، ۲۰۰ میکرولیتر معرف برادفورد و ۷۰۰ میکرولیتر آب دیونیزه تهیه شده و جذب آنها در طول موج ۵۳۵ نانومتر به دست آمد.

اندازه‌گیری مساحت برگ پرچم

برای تعیین میانگین مساحت سطح برگ‌های پرچم در هر تیمار آزمایشی تعداد ۲۰ برگ پرچم بر روی یک صفحه A4 چسبانده شده و میانگین سطح برگ با استفاده از اسکن رنگی نمونه‌های برگی و با کمک نرم افزار Leaf Area محاسبه شد.

اندازه‌گیری صفات گیاهی و اجزای عملکرد

تعداد ۳۰ بوته کامل به صورت تصادفی از هر کرت برداشت شده و به صورت یکجا با استفاده از ترازو دیجیتالی توزین شد. سپس تعداد پنجه‌های بارور و غیربارور شمارش و طول هر بوته (پنجه‌های بارور) و طول پدانکل و طول سنبله با خطکش اندازه‌گیری شدند. سپس سنبله هر پنجه جدا و توزین شد و دانه‌های آن نیز جدا و پس از شمارش با استفاده از ترازوی حساس (با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم) توزین شدند. پس از خرمنکوبی وزن هزار دانه هر تیمار نیز ثبت گردید. همچنین به منظور تعیین تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد سنبله‌های ۴ ردیف یک متری در هر تیمار در مزرعه شمارش و به واحد سطح تبدیل شد.

اندازه‌گیری عملکرد

به منظور اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک، کل کرت به استثنای نیم متر طولی از طرفین کرت به صورت دستی برداشت شد و با ترازوی دیجیتالی توزین شد. پس از خرمنکوبی عملکرد دانه به دست آمد و در نهایت اختلاف بین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه به عنوان عملکرد کاه لحاظ گردید.

تجزیه آماری

داده‌های به دست آمده از این تحقیق پس از آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم افزار Genstat14 تجزیه آماری گردیدند. مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد

مطابق نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال یک درصد بر میزان شاخص برداشت، تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد پنجه بارور و پروتئین دانه و در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن هزار دانه و طول پدانکل معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌های آزمایشی نشان داد (جدول ۴)، اجزای عملکرد گندم در مقایسه با تیمار شاهد در تمامی تیمارهای آزمایشی تغییر یافتند، وزن هزار دانه به طور متوسط ۱۱ درصد و تعداد پنجه بارور به طور متوسط ۳۲ درصد در تیمارهای آزمایشی نسبت به تیمار شاهد افزایش یافتند. شاخص برداشت بین ۶ تا ۹ درصد افزایش یافت که بیشترین میزان افزایش در تیمارهای اوره، فولویک اسید، سالسیلیک اسید و کلرید پتاسیم مشاهده شد. تعداد سنبله در واحد سطح در تیمارهای فولویک اسید و کلرید پتاسیم بصورت معنی‌داری بطور متوسط ۱۴ درصد افزایش یافت در حالی که اثر بقیه تیمارها نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار نبود. میزان پروتئین دانه به‌صورت معنی-دار بین ۰/۵ تا ۲/۴ درصد در تیمارهای آزمایشی نسبت به شاهد افزایش داشتند که بیشترین میزان آن در تیمار محلول‌پاشی اسید سالسیلیک و کمترین میزان در تیمار محلول‌پاشی کلرید پتاسیم بود. طول پدانکل به طور متوسط ۷ درصد در تیمارهای فولویک اسید، سالسیلیک اسید و کلرید پتاسیم نسبت به تیمار شاهد کاهش داشت و اثر بقیه تیمارها بر این صفت معنی‌دار نبود. نتایج بررسی‌ها در خصوص افزایش عملکرد دانه گندم نشان داد که تیمارهای آزمایشی توانستند در سطح احتمال ۶ درصد (تجزیه داده‌ها در سطح احتمال ۶ درصد نشان داده نشده-اند) بر این شاخص اقتصادی تأثیر چشمگیری داشته باشند، به طوری‌که به ترتیب اوره ۳۰۷۵ کیلوگرم در هکتار (۵۱ درصد)، سالسیلیک اسید ۲۴۲۵ کیلوگرم در هکتار (۴۰ درصد)، فولیک اسید ۲۳۳۳ کیلوگرم در هکتار (۳۹ درصد)، کلرید پتاسیم ۲۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (۳۵ درصد) سولفات روی ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار (۳۳ درصد) و آبسیزیک اسید ۹۲۵ کیلوگرم در هکتار (۱۵ درصد) عملکرد دانه گندم را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش دادند (جدول ۴). بررسی روابط رگرسیونی عملکرد دانه گندم با اجزای عملکرد مورد بررسی نشان داد که ارتباط مستقیمی بین وزن هزاردانه و تعداد پنجه بارور با عملکرد دانه وجود دارد. به طوری که وزن هزاردانه ۶۴ درصد و تعداد پنجه بارور ۸۸ درصد تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌نمایند (شکل ۱). با توجه به افزایش معنی‌دار این صفات در تیمارهای آزمایشی نسبت به شاهد (جدول ۴) می‌توان گفت که افزایش عملکرد دانه اغلب از طریق این اجزا اتفاق افتاده است. تیمارهای آزمایشی در مقایسه با تیمار شاهد به جز اوره توانستند باعث افزایش میزان پروتئین دانه گندم شوند که بیشترین میزان آن به میزان ۱۲ درصد در محلول‌پاشی با سالسیلیک اسید به دست آمد. تیمارهای حاوی آبسیزیک اسید، فولیک اسید، کلرید پتاسیم و اوره به ترتیب در مراحل بعدی افزایش پروتئین دانه گندم پس از تیمار سالسیلیک اسید قرار گرفتند. لذا با در نظر گرفتن این عامل کیفی مهم می‌توان تیمار محلول‌پاشی با سالسیلیک اسید را به عنوان بهترین تیمار دانست. سالسیلیک اسید نقش بسیار زیادی در القا پروتئین سازی در گیاه دارد (Dat *et al*., 2000). افزایش رشد و عملکرد در شرایط تنش آبی با کاربرد سالسیلیک اسید در گیاه گوجه فرنگی، لوبیا، هویج و ذرت نیز گزارش شده است (Eraslan *et al*., 2007)، زیرا که محلول‌پاشی سالسیلیک اسید منجر به افزایش فتوسنتز در این گیاهان در شرایط تنش آبی می‌گردد (Hayat *et al*., 2010). جالب‌تر اینکه در پژوهش حاضر محلول‌پاشی سالسیلیک اسید در تمامی بلوک‌ها منجر به زود رسی گیاه در مقایسه با سایر تیمارهای آزمایشی شد که این امر منجر به فرار از تنش آبی آخر فصل (مرحله پر شدن دانه) در مناطق سرد مانند آذربایجان می‌شود (شکل ۲). جوادی و اسفندیاری (Javadi & Esfandeyari, 2017) گزارش کردند، محلول-پاشی فولیک اسید عملکرد دانه، میزان پروتئین دانه و غلظت عناصر آهن و روی را در دانه گندم افزایش و در مقابل میزان اسید فیتیک و نسبت مولی اسید فیتیک به روی (PA/Zn) را در دانه کاهش داده است

جدول ۳ – تجزیه واریانس عملکرد، اجزای عملکرد و صفات مورفولوژیگ گندم رقم پیشگام در تیمارهای آزمایشی

Table 3. Analysis of variance of the effect of experimental treatments on wheat yield and morphological traits

Source of variation	df	Mean of square						
		Biological Yield	Seed Yield	Straw Yield	Harvest Index	1000 seed weight	Number of spikes per m^2	Number of grains per spike
Block	2	11525632^{ns}	2881385^{ns}	2953853^{ns}	0.00011^{ns}	0.9^{ns}	2.2 ^{ns}	39.7 ^{ns}
Treatments	7	6437201^{ns}	3560349^{ns}	928378^{ns}	0.00292**	16.1*	73.8**	9.4 ^{ns}
Error	14	6668541	1409316	2020882	0.00009	4.4	65.5	5.5
CV (%)	-	14.8	15.5	14.5	2.2	4.8	3.6	7.2

ns غیر معنی دار، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح یک و ۵ درصد

ns: Not significant, * Significant at P < 0.05, ** Significant at P < 0.01.

ادامه جدول ۳-

Counitiue of Table 3.

Source of variation	df	Mean of square					
		Number of fertile tiller	Number of non-fertile tiller	Peduncle length	Plant height	Spike length	Protein of seed
Block	2	0.09^{ns}	0.005^{ns}	0.10^{ns}	24.5^{ns}	1.53^{ns}	0.06^{ns}
Treatments	7	0.18**	0.040^{ns}	1.44*	3.5^{ns}	0.41^{ns}	2.63**
Error	14	0.04	0.039	0.36	12.4	0.52	0.06
CV (%)	-	9.7	29.2	3.6	4.4	9.8	2.3

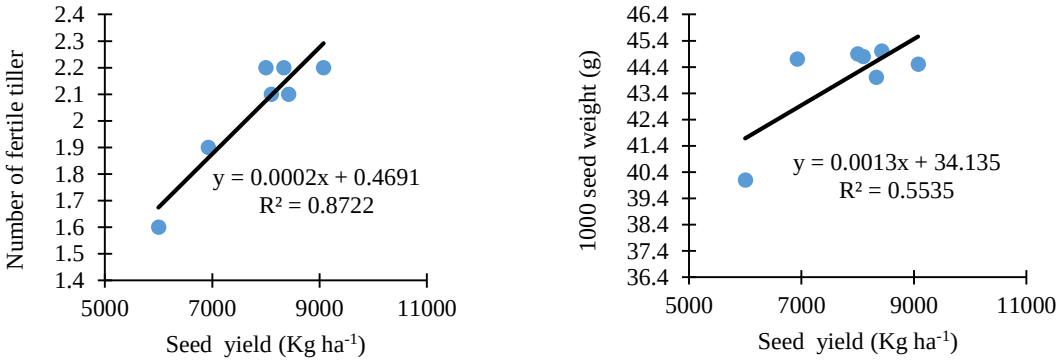
جدول ۴ – تأثیر تیمارهای آزمایشی بر برخی از ویژگی‌های عملکردی و صفات مورفولوژیگ گندم. حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Table 4: The effect of the treatments on the wheat yield and morphological traits. Means similar letters, are not significantly different according to LSD test at 5 % probability level.

Treatments	Biological Yield*	Seed Yield*	Straw Yield*	Harvest Index	Number of spikes per m^2	1000 seed weight	Number of fertile tiller	Spike length	Protein of Seed
	(kg ha^{-1})			(%)		(g)		(cm)	(%)
Control	15613 a	6000 a	9613 a	38 d	221.3b	40.1 b	1.6 c	17.5 ab	9.6 e
Urea (4% W/V)	19433 a	9075 a	10358 a	47 a	217.6bc	44.5 a	2.2 a	17.3 ab	9.8 de
Folic acid (50 mg L^{-1})	18388 a	8333 a	10054 a	45 abc	248.5a	44.0 a	2.2 a	16.1 c	10.6 c
Absisic acid (2 mg L^{-1})	15583 a	6925 a	8658 a	44 bc	206.6bc	44.7 a	1.9 abc	17.2 abc	11.6 b
Salicylic acid (100 mg L^{-1})	18421 a	8425 a	9996 a	46 ab	225.7b	45.0 a	2.1 ab	16.4 bc	12.0 a
Potassium chloride (3% W/V)	17617 a	8100 a	9517 a	46 ab	256.6a	44.8 a	2.1 ab	16.0 c	10.1 d
Zinc sulfate (4% W/V)	18375 a	8000 a	10375 a	44 c	221.3b	44.9 a	2.2 a	18.0 a	10.9 c
LSD5%	4522	2079	2490	0.02	19.14	3.7	0.3	1.1	0.4

*این صفات اگر چه در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار نشدند ولی در سطح احتمال ۶ درصد معنی دار هستند.

*Although these traits were not significant at the 5% probability level but they were significant at the 6% probability level.



(B) **(A)**

شکل ۱ - ارتباط بین عملکرد دانه با وزن هزار دانه (A) و تعداد پنجه بارور (B)

Figure 1. Realtion among seed yield with 1000 seeds weight and number of fertile tiller of wheat.

شکل ۲- اثر محلول‌پاشی سالسیلیک اسید بر زودرسی گندم در مقایسه با سایر تیمارهای آزمایشی (محدوده داخل کادر قرمز رنگ).

Figure 2. Inside of red color frame shows effect of salicylic acid on early ripping time of wheat in compared to the other treatments.

با توجه به اینکه فولیک اسید به عنوان کوفاکتور مرکزی برای واکنش انتقال بنیان‌های تک کربنی بشمار می‌آید، در نتیجه، در بسیاری از واکنش‌های سلولی با ساختار پورینی نقش موثری دارد و امروزه از آن به عنوان کود آلی استفاده می‌شود و افزایش عملکرد و اجزای عملکرد و بهبود وضعیت رشدی گیاه به‌ویژه در شرایط تنش آبی با محلول‌پاشی آن مورد انتظار است (Ayobizadeh *et al.*, 2017).

خصوصیات فیزیولوژیکی

نتایج تجزیه آماری نشان داد که بین تیمارها تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد از لحاظ کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل وجود دارد. تأثیر تیمارها بر رنگدانه غیرفتوسنتزی (کارتنوئید) غیرمعنی‌دار بود (جدول ۵).

جدول ۵- تجزیه واریانس محتوای نسبی آب برگ و میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی گندم رقم پیشگام در تیمارهای آزمایشی

Table 5. Analysis of variance of the effect of experimental treatments on relative water content and photosynthesis pigments of wheat Pishgam cultivar.

Source of variation	df	Mean of square				
		Relative water content	Cholorophyle a	Cholorophyl e b	Total Cholorophyle	Careteno ids
Block	2	11.5 ^{ns}	38.8 ^{ns}	186.7 ^{ns}	388.1 ^{ns}	0.7 ^{ns}
Treatments	2	55.4**	145.2**	312.7**	815.8**	8.0 ^{ns}
Error	7	7.5	9.2	41.2	48.6	2.5
CV (%)	14	3.4	10.2	30.8	13.8	20.3

ns غیر معنی دار، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح یک و ۵ درصد

ns: Not significant, * Significant at P < 0.05, ** Significant at P < 0.01.

مطابق با جدول ۶ که نتایج مقایسه میانگین رنگدانه‌ها را بیان می‌کند، بیشترین میزان کلروفیل کل مشاهده شده به میزان ۷۱ میکروگرم بر میلی لیتر در تیمار فولیک اسید بود. بیشترین مقدار کلروفیل a با مقدار ۳۵ میکروگرم بر میلی لیتر مربوط به محلول‌پاشی اوره و بیشترین مقدار کلروفیل b نیز با مقدار ۳۷/۴ میکروگرم بر میلی‌لیتر مربوط به تیمار فولیک اسید بود (جدول ۶).

جدول ۶- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی در گندم

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

Table 6. Treatments effect on photosynthetic pigments of wheat

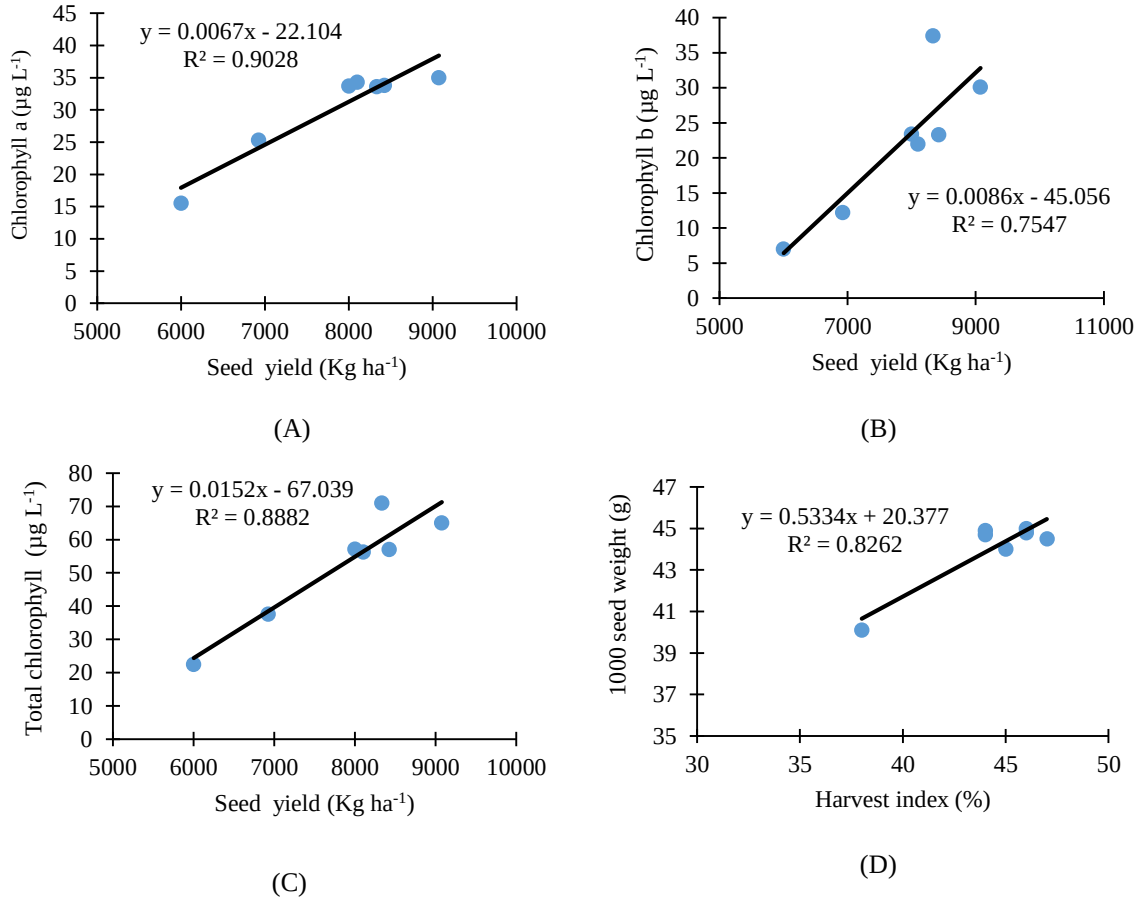
Means similar letters, are not significantly different according to LSD test at 5 % probability level.

Treatments	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total chlorophyll	Carotenoids
	($\mu g\ L^{-1}$)			
Control	15.5c	7.0d	22.5d	5.2a
Urea (4% W/V)	35.0a	30.1ab	65.1ab	6.4a
Folic acid (50 mg L^{-1})	33.6a	37.4a	71.0a	10.7a
Absisic acid (2 mg L^{-1})	25.3b	12.2cd	37.6c	7.1a
Salicylic acid (100 mg L^{-1})	33.8a	23.3bc	57.1b	8.5a
Potassium chloride (3% W/V)	34.3a	22.0bc	56.3b	8.7a
Zinc sulfate (4% W/V)	33.7a	23.4bc	57.2b	7.6a
LSD5%	3.5	11.2	12.2	2.8

بهبود وضعیت رنگدانه‌های فتوسنتزی و احتمالا افزایش فتوسنتز ناشی از این امر توانست نقش مهمی را در بهبود عملکرد دانه ایفا نماید و بررسی روابط رگرسیونی (شکل ۳A، ۳B و ۳C) نشان داد که بین عملکرد دانه و کلروفیل‌های کل، a و b رابطه خطی وجود داشته و به ترتیب می‌توانند ۸۸، ۸۶ و ۷۸ درصد تغییرات عملکرد دانه را در تیمارهای آزمایشی توجیه نمایند.

در کنار بهبود وضعیت فتوسنتزی گندم در اثر افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی متاثر از تیمارهای آزمایشی، توزیع تولیدات حاصل از فتوسنتز به نفع دانه گندم را می‌توان از اثرات عمده تیمارهای آزمایشی در این پژوهش عنوان نمود، چرا که بر طبق نتایج حاصله مطلوب‌ترین سهم انتقال مواد فتوسنتزی به دانه (شاخص برداشت) به ترتیب در تیمارهای اوره، فولیک اسید، آبسیزیک اسید، سالسیلیک اسید و کلریدپتاسیم به دست آمد. وزن هزاردانه که در این مطالعه توانست حدود ۶۴ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نماید (شکل ۱A) و این جزء مهم از اجزای عملکرد دانه، همبستگی بالا و مثبتی با شاخص برداشت از خود نشان داد (شکل ۳D). از آنجایی که بر طبق یافته‌های حاصل از این پژوهش با افزایش یک واحد (گرم) وزن هزاردانه از طریق محلول‌پاشی، عملکرد دانه به‌طور میانگین ۴۰۵ کیلوگرم در هکتار افزایش می‌یابد، لذا شاخص برداشت و بهبود وضعیت فتوسنتزی از عوامل مهم این افزایش تلقی می‌گردید (شکل ۳). نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهند که در شرایط تنش آبی نسبتاً شدید، در نتیجه کاهش فتوسنتز و عدم توزیع مناسب مواد ذخیره‌ای در گیاه، وزن هزاردانه و به دنبال آن عملکرد دانه گندم کاهش می‌یابد (Golipor *et al.*, 2016). در چنین شرایطی استفاده از محلول‌پاشی ترکیبات مختلف مانند اوره، فولیک اسید، اسید آبسزیک

و غیره توانسته است با بهبود شرایط فتوسنتزی و توزیع متعادل مواد فتوسنتزی در گیاه، این روند را کاهش و عملکرد دانه گندم را بهبود بخشند (Paknezhad *et al.*, 2007). بنابراین به نظر می‌رسد بهبود وضعیت فتوسنتزی ناشی از بهبود رنگدانه‌ها باعث افزایش عملکرد گردیده است.

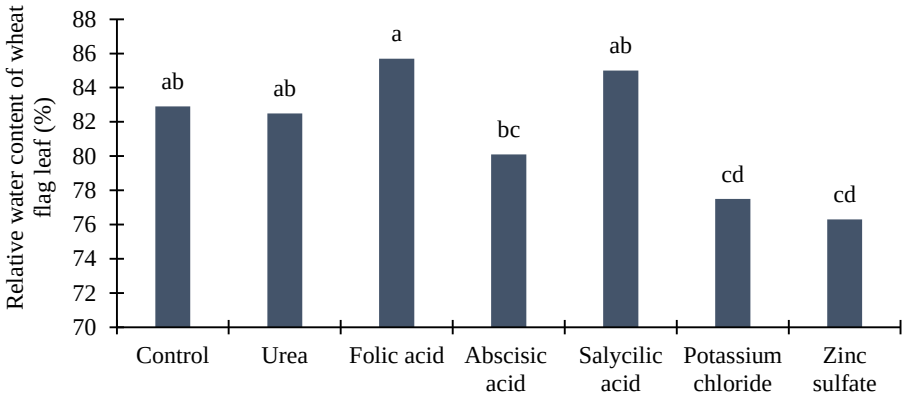


شکل ۳ - ارتباط بین صفات کلروفیل a (A) ، کلروفیل b (B) و کلروفیل کل (C) با عملکرد دانه و همچنین ارتباط وزن هزاردانه با شاخص برداشت (D) .

Figure 3. Relationship between chlorophyll a (A), chlorophyll b (b) and total chlorophyll (C) with grain yield and relation between harvest index with grain yield (D).

مطابق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۵) اثر تیمارهای محلول‌پاشی بر محتوای نسبی آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. محتوای نسبی آب برگ در تیمارهای اوره، فولیک اسید و سالسیلیک اسید با شاهد تفاوت معنی‌دار نداشت اما در تیمارهای حاوی آبسیزیک اسید، کلرید پتاسیم و سولفات روی بطور متوسط ۵/۹ درصد در مقایسه با شاهد کاهش معنی‌داری را نشان داد (شکل ۴). محتوای نسبی آب برگ یکی از سازوکارهای تحمل به تنش آبی است و بالا بودن آن در شرایط کمبود آب نشان‌دهنده تحمل بیشتر گیاه به تنش آبی بوده و معیار مهمی در گزینش ارقام متحمل به خشکی گندم به شمار می‌آید (Dhanda & Sethi, 2002). کاهش محتوای نسبی آب مانع تقسیم سلولی، رشد اندام‌های گیاهی، فتوسنتز خالص و سنتز پروتئین شده و تعادل هورمونی بافت‌های اساسی گیاه را تغییر می‌دهد (Rastegar *et al.*, 2016). کاهش شدید هدایت روزنه‌ای با تغییر جزئی محتوای نسبی آب بیانگر آن است که احتمالاً سیگنال‌های ارسالی از ریشه در شرایط تنش آبی، عامل بسته شدن روزنه و کاهش فتوسنتز می‌باشد (Zhou *et al.*, 2017). با توجه به بی‌اثر بودن برخی از تیمارهای این مطالعه و اثر منفی برخی از آنها بر این صفت می‌توان عنوان نمود که تیمارهای یاد شده نمی‌توانند از این مکانیسم در جهت

بهبود عملکرد در شرایط وقوع تنش آبی آخر فصل زراعی بهره بگیرند. با این حال نکته جالب اینکه تیمارهای آبسیزیک اسید، کلرید پتاسیم و سولفات روی که اثر منفی روی این صفت داشتند نسبت به بقیه تیمارها در مقایسه با شاهد میزان عملکرد دانه را کمتر افزایش داده بودند (جدول ۴).

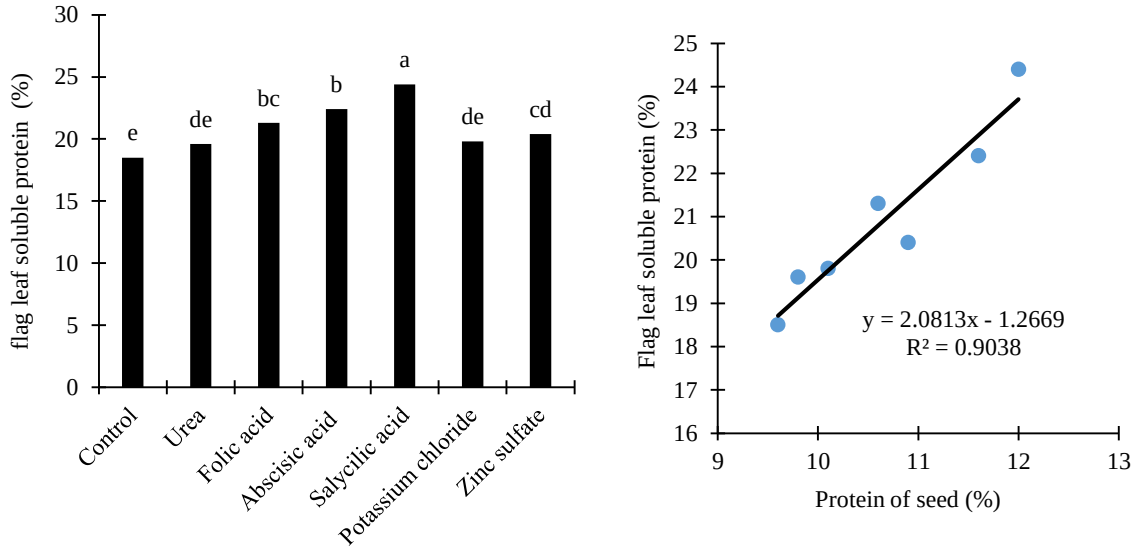


شکل۴- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر محتوای رطوبت نسبی برگ پرچم در گندم

حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

Figure 4. Effect of treatments on relative water content (RWC) in flag leaf of wheat.
Means similar letters, are not significantly different according to LSD test at 5 % probability level.

نتایج نشان داد که بین تیمارها تفاوت معنی‌داری از لحاظ پروتئین برگ پرچم در سطح احتمال یک درصد وجود دارد. بیشترین پروتئین برگ پرچم مربوط به تیمار سالسیلیک اسید (۲۴/۴ درصد) می‌باشد که تفاوت معنی-داری با بقیه تیمارها دارد و کمترین سطح مربوط به تیمار شاهد (۱۸ درصد) می‌باشد که تفاوت معنی‌داری با تیمار آب خالص ندارد (شکل 5A). بین پروتئین برگ پرچم و میزان پروتئین دانه رابطه خطی معنی‌داری مشاهده گردید. مطابق این نتایج با افزایش هر واحد از پروتئین برگ پرچم، به میزان ۰/۴ واحد به پروتئین دانه افزوده می‌شود (شکلB ۵). تنش آبی از طریق افزایش تجمع پروتئین‌ها، موجب سازگاری فیزیولوژیکی در شرایط تنش آبی می‌شود (Hayat & Ahmad, 2007). از طرفی در شرایط تنش آبی افزایش پروتئولیز و کاهش سنتز پروتئین و در نهایت کاهش پروتئین‌های محلول در گیاه گزارش شده است (Farooq *et al*., 2009). نتایج تحقیقات شوربایی و همکاران (Shorbayi *et al*., 2013) نشان داد، در شرایط بدون تنش، محلول‌پاشی سالسیلیک اسید بر نخود به‌طور متوسط پروتئین‌های محلول برگی را نسبت به شاهد ۴۹/۵ درصد افزایش داد ولی در شرایط ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، کاربرد خارجی سالسیلیک اسید تأثیر معنی‌داری بر پروتئین‌های محلول برگی نداشت. زی و همکاران (Xie *et al*., 2004) نیز در همین ارتباط مشاهده کردند که مصرف اسیدآبسیزیک پروتئین محلول برگ پرچم گندم بعد از گلدهی و با شروع پدیده پیری کاهش پیدا می‌کند.



(A) **(B)**

شکل ۵- تأثیر تیمارهای آزمایشی بر میزان پروتئین برگ پرچم (A) و رابطه بین پروتئین برگ پرچم با میزان پروتئین دانه (B) در تیمارهای آزمایشی .

حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در بین تیمارها می‌باشد.

Figure 5. Effects of treatments on the flag leaf protein (A) and, relation between flag leaf protein with seeds protein (B).

Means similar letters, are not significantly different according to LSD test at 5 % probability level.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش و افزایش عملکرد دانه در اثر محلول‌پاشی ترکیبات یاد شده به نظر می‌رسد چنانچه تنش آبی در مرحله آخر رشد گندم محتمل باشد، این تیمارها می‌توانند جهت افزایش عملکرد مورد استفاده قرار گیرند. تیمارهای اوره، سالسیلیک اسید و فولیک اسید به ترتیب اولویت برای این منظور پیشنهاد می‌گردند.

Reference

Abedi T., and Mojiri A. 2020. Cadmium Uptake by Wheat (*Triticum aestivum* L.): An Overview. *Plants*, 9: 1-14.

Ali-Ehiayi M and Behbahani AA, 1993. Description of soil chemical chemical analysis methods. *Soil and Water Research Institute* 1 (893). (In Persian)

Aref M., Chohan S.A., and Khan S. 2006. Response of Wheat to foliar application of nutrients. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 1: 30-34.

Ayobizadeh N., Layi G., Amini dehgi M., Sinki G.M., and Rezvan bidokhti S.H. 2017. Effect of foliar application of iron nanocholate and folic acid on yield and yield components of sesame cultivars in post-wheat crop under drought stress. *Journal of Agricultural Research*, 9(3): 283-311. (In Persian)

Bahrani A., and Tahmasabi Z. 2011. Effect of amount and time of nitrogen application on yield, yield components and dry matter transfer efficiency in two winter wheat cultivars. *Agricultural Scientific Research Journal*, 12 (2):147-154. (In Persian)

Bradford M. 1976. A Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding Anal. *Biochemistry*, 72: 248-254.

Cheraghi A.M., Sajedi N., and Gomarian, M. 2014. Response of agronomic, physiological and quality characteristics of Rainfed chickpea to Salicylic Acid and Selenium. *Iranian Journal Pulses Research*, 5(2): 31-42.

Dat J.F., Lopez-Delgado H., and Scott I.M. 2000. Effect of salicylic acid on oxidative stress and thermotolerance in tobacco. *Journal Plant Physiology*, 156: 659-665.

Dhanda S.S., and Sethi G. (2002). Tolerance to drought stress among selected Indian wheat cultivars. *The Journal of Agricultural Science*, 139 (3): 319-326.

Emam Y., and Moaied G.R. 2000. Effect of planting density and chlormequat chloride on morphological characteristics of winter barley cultivar Valfajr. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2: 75-83.

Eraslan F., Inal A., Gunes A., and Alpaslan M. 2007. Impact of exogenous salicylic acid on growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity. *Scientia Horticulturae*, 113:120-128.

Farooq M., Wahid A., Kobayashi N., Fujita D., and Basra S.M.A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29: 185–212.

Feiziasl V., Fotovat A., Astaraei A., Lakzian A., and Jafarzadeh, J. 2019. Determination of Chlorophyll Content and Nitrogen Status Using SPAD in Dryland Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 17(2): 221-240.

Golipor S., Ebadi A., and Parmun G. 2016. Investigation of the effect of drought stress on material retransfer, grain yield and grain yield components of different bread wheat genotypes. *Scientific Journal of Crop Physiology*, 8(31): 111-128. (In Perian)

Hayat Q., Hayata S.H., Irfan M., and Ahmad A. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment, a review. *Environmental and Exprimental Botany*, 68:14-25.

Hayat, S. and Ahmad, A. 2007. Salicylic Acid: A Plant Hormone. Springer. 97-99.

Header H.E., and Beringer, E. 1981. Analysis of yield of winter wheat grown at increasing levels of potassium. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 14: 89-95.

Hosseinzadeh S.R., Cheniany M., and Salimi A. 2014. Effects of foliar application of methanol on physiological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Iranian Journal of Pulses Research*, 5(2): 71-82. (In Persian)

Javadi A., and Esfandeyari E. 2017. The effect of folic acid on yield and some quality indicators of bread wheat of Gascogen cultivar. *Journal of Crop Production*, 10(4): 149-158.

Javadi A., and Esfandyari, E. 2018. The effect of folic acid on yield and some qualities parameters of wheat. *Journal of Crop Production*, 10(4): 149-158.

Karimi E., Mohammadi Z., Esfandyari E., and Jafarzedeh J. 2022. Co-Application of tryptophan amino acid and *bacillus simplex* as a plant growth promoting bacteria effects on bread wheat yield in greenhouse. *Applied Soil Research*, 10(2): 91-102. (In Persian)

Moshiri F., Shahabi A.A, Keshavarz P., Khoogar Z., Feiziasl V., Tehrani M.M, Asadirahmani H., Samavat S., Qeibi M.N., Sadri M.H., Rashidi N. Khademi Z. 2014. Guidelines for integrated soil fertility and plant nutrition management of wheat. Sana Press, Tehran. (In Persian)

Moustafa M.A., Boersma L., and Kronstad W.E. 1996. Response of four spring wheat cultivars to drought stress. *Crop Science*, 982-986.

Paknezhad F., Majidi A., Nourmohammadi G., Sayyidat A., and Vazan S. 2007. Evaluation of the effect of drought stress on the traits affecting the accumulation of grain material in different wheat cultivars. *Journal of Agricultural Sciences*, 13(1): 137-148.

Ramachandran M, Arulbalachandran D, Ramya S. 2022. Exogenous foliar application of abscisic acid on polyethylene glycol induced drought by improving the morphological and biochemical characters of four rice (*Oryza sativa* L.) varieties. *Plant Science Today*, 9(2): 272–280.

Rastegar S., Zakeri O., and Zakeri B. 2016. Effects of drought stress on vegetative growth and biochemical changes of six ornamental species in tropical. *Journal of Plant Process and Function*, 5(16): 157-164. (In Persian)

Richards R.A., Condon AG., and Rebotzke G.J. 2001. Application of physiology in wheat breeding. In: M. P. Reynolds, J. U. otiz-monasterio and A. Mcnab (eds) CIIMMYT, Mexico.

Sadeghzadeh B., Ghodsizad L., Sadeghzadeh N., Sepehr I., and Feizi M. 2021. Cereal breeding for zinc deficiency and its importance to alleviate drought stress. *Journal of Crop Breeding*, 13 (37):22-40. (In Persian)

Sedghi M., and Seyed Sharifi, R. 2013. Effects of foliar supplements of nitrogen, phosphorus and potassium on grain yield and macro element transport and adsorption efficiency of hybrid rice (*Oryza sativa* L.). *Research in Field Crop Journal*, 1(1): 64-75.

Shah K.H., Memon M.Y., Siddiqui S.H., Imtiaz M., and Aslam, M. 2003. Response of Wheat to Foliarly Applied Urea at Different Growth Stages and Solution Concentrations. *Plant Pathology Journal*, 2: 48-55.

Shorbayi M., Ganjali A., and Abrishamchi P. 2012. The effect of salicylic acid on the activity of enzymes and antioxidant compounds of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in the face of drought stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 5(1): 41-54.

Wang Sh., Xiaohong T., and Qing L. 2020. The effectiveness of foliar applications of zinc and biostimulants to increase zinc concentration and bioavailability of wheat grain. *Agronomy*, 10(2): 178.

Xie Z., Jiang D., Dai T., and Cao W. 2004. Effect of exogenous ABA and cytokinin on leaf photosynthesis. *Plant Growth Regulation*, 44: 25–32.

Yang J., Zhang J., Wang Z., Liu L., and Zhu Q. 2003. Postanthesis water deficits enhance grain filling in two-line hybrid rice. *Crop Science*, 43: 2099-2108.

Yuzhong L. 1996. Fulvica bioscience's health alert. Agricultural humic substance research. Agrometeorology Institute, CAAS, on drought mitigation project.

Zhou R., Yu X., Ottosen C.O., Rosenqvist E., Zhao L., Wang Y., and Wu Z. 2017. Drought stress had a predominant effect over heat stress on three tomato cultivars subjected to combined stress. BMC *Plant Biology*, 17(1): 24.