

## تأثیر تنش کم آبی بر غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی و فعالیت کمی برخی آنتی‌اکسیدان‌ها در گندم

### Effect of Water Deficit Stress on Photosynthetic Pigment Concentration and Quantitative Activity of Some Antioxidants in Wheat

اکرم قدیری<sup>۱</sup>، سدابه جهانبخش گده‌کهریز<sup>۲\*</sup> و سیده یلدا رئیسی ساداتی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۶

(مقاله کوتاه پژوهشی)

#### چکیده

هدف از این مطالعه بررسی تأثیر سطوح مختلف کم آبی روی برخی از خصوصیات بیوشیمیایی در مرحله گیاهچه‌ای سه رقم گندم زراعی می‌باشد. به این منظور آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در گلخانه دانشگاه محقق اردبیلی با دو فاکتور، فاکتور اول تنش کم آبی (۳۵، ۶۰ و ۸۵ درصد ظرفیت زراعی (شاهد)) و فاکتور دوم ارقام گندم (پیشگام، پیشتاز و بهاران) در سه تکرار انجام شد. تنش کم آبی در مرحله سه برگی گندم اعمال شد و بعد از ۱۰ روز، نمونه برداری از گیاهچه‌ها به منظور بررسی غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی و پارامترهای بیوشیمیایی انجام گرفت. نتایج نشان داد با افزایش تنش کم آبی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کاتالاز، پراکسیداز و پلی‌فنل اکسیداز و پرولین افزایش یافت. بیشترین و کمترین غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی به ترتیب به ارقام بهاران و پیشگام به شرایط عدم تنش و تنش شدید کم آبی تعلق داشت. محتوای کاروتنوئید و پروتئین کل محلول در ارقام بهاران و پیشگام گندم تحت شرایط کنترل (شاهد) بیش تر بود. به طور کلی به نظر می‌رسد رقم بهاران به دلیل داشتن تحمل بالا نسبت به تنش در بین سایر ارقام مورد بررسی و نیز با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و متابولیت‌های سازگاری موجب کاهش اثرات مخرب کم آبی شده است.

واژه‌های کلیدی: اثرات مخرب، پراکسیداز، پروتئین کل محلول، رقم بهاران

۱، ۲ و ۳. به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، استاد و دانش‌آموخته دکتری، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

\* نویسنده مسئول Email: jahanbakhsh@uma.ac.ir

مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد نویسنده اول به راهنمایی سرکارخانم سدابه جهانبخش گده‌کهریز می‌باشد.

## مقدمه

گیاهان جهت مقابله با تجمع گونه‌های فعال اکسیژن، از سازوکارهای آنتی‌اکسیدانی آنزیمی نظیر پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز و غیر آنزیمی نظیر کاروتنوئیدها استفاده می‌کنند (میلر<sup>۱</sup> و همکاران، 2010؛ محرم‌نژاد<sup>۲</sup> و همکاران، 2019). تجمع برخی از اسمولیت‌های آلی گیاهان، مانند پرولین، کربوهیدرات‌های محلول و اسیدهای آمینه در پاسخ به شرایط تنش، منجر به تنظیم مجدد سلول و محافظت از محصول می‌گردد (فروتان<sup>۳</sup> و همکاران، 2018). هم‌چنین کمبود آب موجب تغییر در محتوای کلروفیل می‌شود، به طوری که در گیاه شوید با تنش شدید کم آبی، غلظت کلروفیل و کاروتنوئیدها به طور معنی‌دار کاهش یافتند (مارسین<sup>۴</sup> و همکاران، 2013). هم‌چنین افزایش روزافزون وسعت مناطق زیر کشت گندم، کاهش بارندگی در طی سال‌های اخیر و قرارگیری قسمتی از دوره رشدی گندم با تنش کم آبی موجب شد تا تأثیر کم آبی روی برخی صفات فیزیولوژیکی - بیوشیمیایی تحت تنش کم آبی در سه رقم گندم مورد ارزیابی قرار گیرد. لذا درک کامل و دقیق واکنش‌های فیزیولوژیکی گیاه گندم به تنش‌های مختلف به‌ویژه تنش کم آبی و یا سایر عوامل محدودکننده عملکرد، کاملاً ضروری است.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۷ به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی به منظور بررسی تأثیر تنش کم آبی بر روی برخی رنگیزه‌های فتوسنتزی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی سه رقم گندم نان در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل فاکتور اول تنش کم آبی (۳۵، ۶۰ و ۸۵ درصد ظرفیت زراعی (کنترل)) و فاکتور دوم ارقام گندم (پیشگام، پیشتاز و بهاران) بودند. ابتدا بذور گندم از مرکز تحقیقات مغان تهیه شد. به منظور جوانه‌زنی به مدت دو روز در داخل دستگاه ژرمیناتور (با دمای ثابت ۱۶ درجه سانتی‌گراد و طول روشنایی ۱۶ ساعت و تاریکی ۸ ساعت با لامپ مهتابی) قرار گرفتند. ارقام بهاران، پیشتاز و پیشگام گندم نان آبی مورد استفاده در پژوهش حاضر، مناسب برای کشت در شرایط آبیاری محدود و کم آبیاری آخر فصل در اقلیم معتدل و سرد بوده و به ترتیب دارای تیپ رشد بهاره-بهاره-بینابین، زودرس-زودرس-نسبتاً زودرس، متوسط ارتفاع بوته ۸۹، ۹۲ و ۹۶ سانتی‌متر و وزن هزاردانه ۴۴ و ۴۶ گرم می‌باشند

## مقاله کوتاه

و هم‌چنین میانگین عملکرد آن‌ها به ترتیب ۱۰۸۴۰، ۷۴۰۰ و ۷۵۲۵ کیلوگرم در هکتار است. بذور جوانه‌زده به درون گلدان‌های پلاستیکی با قطر ۲۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر که حاوی سنگریزه‌هایی در کف گلدان جهت زه‌کشی و سه کیلو از مخلوط خاک معمولی، شن و ماسه به نسبت ۲ به ۱ انتقال یافتند و در هر گلدان ۲۰ بذر کشت شدند. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک شامل بافت لومی - ماسه خاک، pH خاک ۶/۴۸، EC ۲/۴ دسی‌زیمنس بر متر نیتروژن ۱/۶۸ درصد، پتاسیم، فسفر و روی به ترتیب ۱۹/۸، ۲۱۲ و ۰/۲۸ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. گلدان‌ها در شرایط گلخانه‌ای تنظیم شده (۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی، دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در روز و ۱۵ درجه سانتی‌گراد در شب و رطوبت ۵۵-۶۰ درصد) نگهداری شدند. پس از استقرار گیاهچه‌ها، با تنک کردن آن‌ها به ۱۰ بوته در هر گلدان تقلیل داده شدند. تنش کم آبی بر اساس ظرفیت زراعی مزرعه از مرحله سه برگی به مدت ۱۰ روز به روش توزین گلدان اعمال گردید. برای اعمال تنش خشکی پس از تعیین وزن خشک خاک در سه نمونه آزمایشی به آرامی و تا حد اشباع به آن‌ها آب اضافه شد و پس از خارج شدن کامل آب ثقیلی، گلدان توزین شد. در نهایت، پس از کسر وزن گلدان و خاک خشک مقدار آب نگهداری شده در حالت ظرفیت مزرعه‌ای تعیین شد و سطوح تنش بر این اساس محاسبه شدند (رئسی‌ساداتی و همکاران، ۱۴۰۰). نمونه‌برداری در مرحله ۴-۵ برگی (به ترتیب معادل با کد ۱۴ و ۱۵ از مقیاس BBCH) از جوان‌ترین برگ‌ها و سه برگ از هر بوته در درون فویل‌های آلومینیومی قرار گرفته و جهت اندازه‌گیری پارامترهای بیوشیمیایی به آزمایشگاه بیوتکنولوژی منتقل شدند.

## اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی

اندازه‌گیری میزان پرولین برگ با استفاده از روش بیتس<sup>۵</sup> و همکاران (1973) انجام شد، استخراج پروتئین کل با استفاده از روش بردفورد<sup>۶</sup> (1976) از برگ‌ها انجام شد. منحنی تغییرات جذب در طول موج ۵۹۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد.

فعالیت سینتیکی آنزیم کاتالاز با استفاده از روش چنس و مهلی<sup>۷</sup> (1955) همراه با تغییراتی سنجدیده شد. برای اندازه‌گیری فعالیت کمی پراکسیداز از روش کار و میشر<sup>۸</sup> (1976) با یکسری تغییرات استفاده گردید.

5. Bates  
6. Bradford  
7. Chance and Maehly  
8. Kar and Mishra

1. Miller  
2. Moharramnejad  
3. Foroutan  
4. Marcinińska

(حسین زاده و همکاران، ۲۰۱۶؛ مقصودی<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۸). بنابراین محتوای پرولین یک شاخص خوب برای نشان دادن مقاومت به تنش کم آبی است. از طرفی در رقم بهاران بالاترین غلظت پرولین بیان کننده تحمل و سازگاری این رقم به شرایط نامساعد می باشد.

### پروتئین کل محلول برگ

نتایج بررسی روند تغییرات پروتئین کل محلول در شرایط تنش کم آبی نشان داد که این تغییرات در تمامی ارقام گندم روند نزولی داشت، به طوری که بیشترین پروتئین کل محلول (۱۱/۵۵ میلی گرم در گرم) را رقم پیشتاز در شرایط کنترل و کمترین پروتئین کل محلول را این رقم (۷/۱۳ میلی گرم در گرم) در شرایط تنش شدید کم آبی به دست آورد (شکل ۱، ب). کاهش غلظت پارامتر مذکور در سه رقم مورد مطالعه (پیشگام، پیشتاز و بهاران به هنگام تنش کم آبی) احتمالاً می تواند به علت اثرات مخرب گونه های فعال اکسیژن باشد که منجر به تغییر ساختار رشته های پروتئینی شده و در نهایت موجب حساسیت آن ها در برابر آنزیم های پروتئاز و کاهش پروتئین کل محلول برگ می گردد. نتایج یافته های این پژوهش با سایر مطالعات انجام گرفته در زمینه کاهش پروتئین کل محلول برگ تحت تنش کم آبی مطابقت دارد (رئیس ساداتی و همکاران، ۱۴۰۰).

### میزان فعالیت آنزیم کاتالاز

مقایسه میانگین ها نشان داد با تنش های ملایم و شدید کم آبی، میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در ارقام بهاران و پیشتاز روند افزایشی داشت. بیشترین سطح آنزیم کاتالاز را رقم بهاران در تنش شدید کم آبی نشان داد، در حالی که کمترین سطح فعالیت این آنزیم آنتی اکسیدانت به رقم پیشگام تعلق داشت (شکل ۲، الف). در تحقیق حاضر، افزایش سطح فعالیت آنزیم کاتالاز در دو رقم گندم بهاران و پیشتاز تحت شرایط کم آبی ملاحظه شد، که با نتایج دیگر محققان در رابطه با افزایش سطح فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی در شرایط تنش کم آبی هم راستا بود (کازرانی<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۹؛ فلتا-سوریانو<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). از طرفی، افزایش سطح آنزیم مذکور در رقم پیشگام تحت تنش کم آبی می تواند به عنوان یک پاسخ عمومی در مقابل تنش مطرح گردد و نیز احتمالاً به علت کاهش زیرواحدهای سازنده آنزیم به هنگام مواجهه شدن گیاه با تنش باشد (انجوم<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۷).

فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز با روش کار و میشر (۱۹۷۶) با یکسری تغییرات بررسی شد. سنجش رنگی های فتوسنتزی برگ: با استفاده از روش آرنون<sup>۱</sup> (۱۹۶۷) انجام شد. برای سنجش غلظت کلروفیل ۰/۲ گرم نمونه ی برگ در استون ۸۰ درصد عصاره گیری شد. جذب نوری کلروفیل a و b و کاروتنوئید به ترتیب در طول موج های ۶۴۵، ۴۷۰ و ۶۶۳ نانومتر توسط اسپکتروفوتومتر قرائت شد.

$$\begin{aligned} \text{Chla} &= 12.25A_{663.2} - 2.798A_{646.8} \\ \text{Chlb} &= 21.5A_{646.8} - 5.1A_{663.2} \\ \text{ChlT} &= \text{Chla} + \text{Chlb} \\ \text{CX} &= (1000A_{470} - 1.82Ca - 85.02Cb) \setminus 198 \end{aligned}$$

در پایان کلیه تجزیه و تحلیل های آماری داده های حاصل از این آزمایش، با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 صورت گرفت و مقایسه میانگین ها به روش LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کم آبی و ارقام گندم و نیز برهم کنش این دو عامل بر میزان پرولین، پروتئین کل محلول، میزان کاروتنوئید و فعالیت آنزیم های کاتالاز، پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. همچنین فقط اثرات اصلی بر غلظت کلروفیل معنی دار بود (جدول ۱).

### میزان پرولین

با تنش شدید کم آبی محتوای پرولین سیر صعودی نشان داد. به طوری که بالاترین غلظت پرولین در گندم رقم بهاران تحت کم آبی شدید و پایین ترین میزان این اسید آمینه در رقم پیشتاز تحت شرایط آبیاری مطلوب ملاحظه شد (شکل ۱، الف). پرولین به کمک تنظیم اسمزی از تجمع گونه های فعال اکسیژن جلوگیری کرده و با تثبیت میزان پروتئین ها، به عنوان اسید آمینه محافظ در برابر تنش ها در گیاه عمل می کند (گوفو<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). در تحقیق حاضر تجمع پرولین در رقم بهاران به هنگام تنش کم آبی احتمالاً جهت حفظ پتانسیل اسمزی و حذف رادیکال های آزاد به عنوان قسمتی از سیستم دفاعی متابولیک این رقم بر علیه تنش می باشد و همچنین به دلیل افزایش بیان آنزیم کلیدی یعنی  $\Delta$ -پرولین-۵-کربوکسیلات سنتتاز (P5CS) و یا ممانعت از فعالیت آنزیم های اکسید کننده پرولین مانند PRODH و P5CDH باشد

3. Maghsoudi  
4. Kazerani  
5. Fleta-Soriano  
6. Anjum

1. Arnon  
2. Goufo

جدول ۱: تجزیه واریانس میزان پرولین، پروتئین کل محلول، برخی رنگیزه‌های فتوسنتزی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گندم تحت تنش کم آبی

Table 1: Analysis of variance of proline content, total soluble protein, of some photosynthetic pigments and antioxidant enzymes activity of wheat under stress water deficit

میانگین مربعات Means of square (MS)									درجه آزادی	منابع تغییر
پروتئین کل محلول	کاروتنوئید	کلروفیل کل	کلروفیل b	کلروفیل a	کاتالاز	پلی فنل اکسیداز	پراکسیداز	پرولین	df	SOV
Soluble total protein	Carotenoid	Total chlorophyll	Chlorophyll b	Chlorophyll a	Catalase	Polyphenol oxidase	Peroxidase	Proline		
0.0043 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	0.79 <sup>ns</sup>	0.26*	0.31 <sup>ns</sup>	730.00**	2166.28**	1128.06**	24.5**	2	تکرار Repeat
28.06**	0.10**	11.57**	0.59**	7.46**	822.14**	554.26**	724.87**	10.15**	2	تنش کم آبی water deficit stress
3.76**	0.02**	5.79**	0.47**	3.01**	236.4**	323.18**	52.41**	2.1**	2	رقم Cultivar
2.45**	0.009**	0.35 <sup>ns</sup>	0.18 <sup>ns</sup>	0.46 <sup>ns</sup>	81.56**	34.1**	22.66**	0.53**	4	تنش کم آبی × رقم Cultivar × water deficit stress
0.01	0.001	0.34	0.08	0.24	4.07	3.15	2.74	0.04	16	خطا Error
1.31	6.52	11.07	24.99	12.14	4.48	2.28	2.95	2.55	-	ضریب تغییرات CV

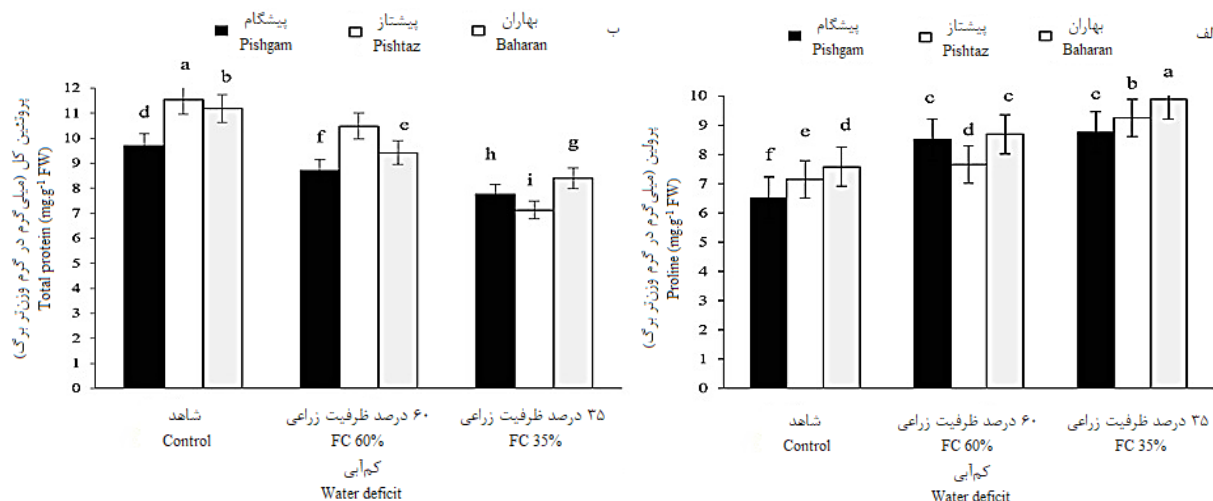
ns, \* و \*\*: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, \* and \*\*: Not significant or significant at the 0.05 or 0.01 probability level, respectively

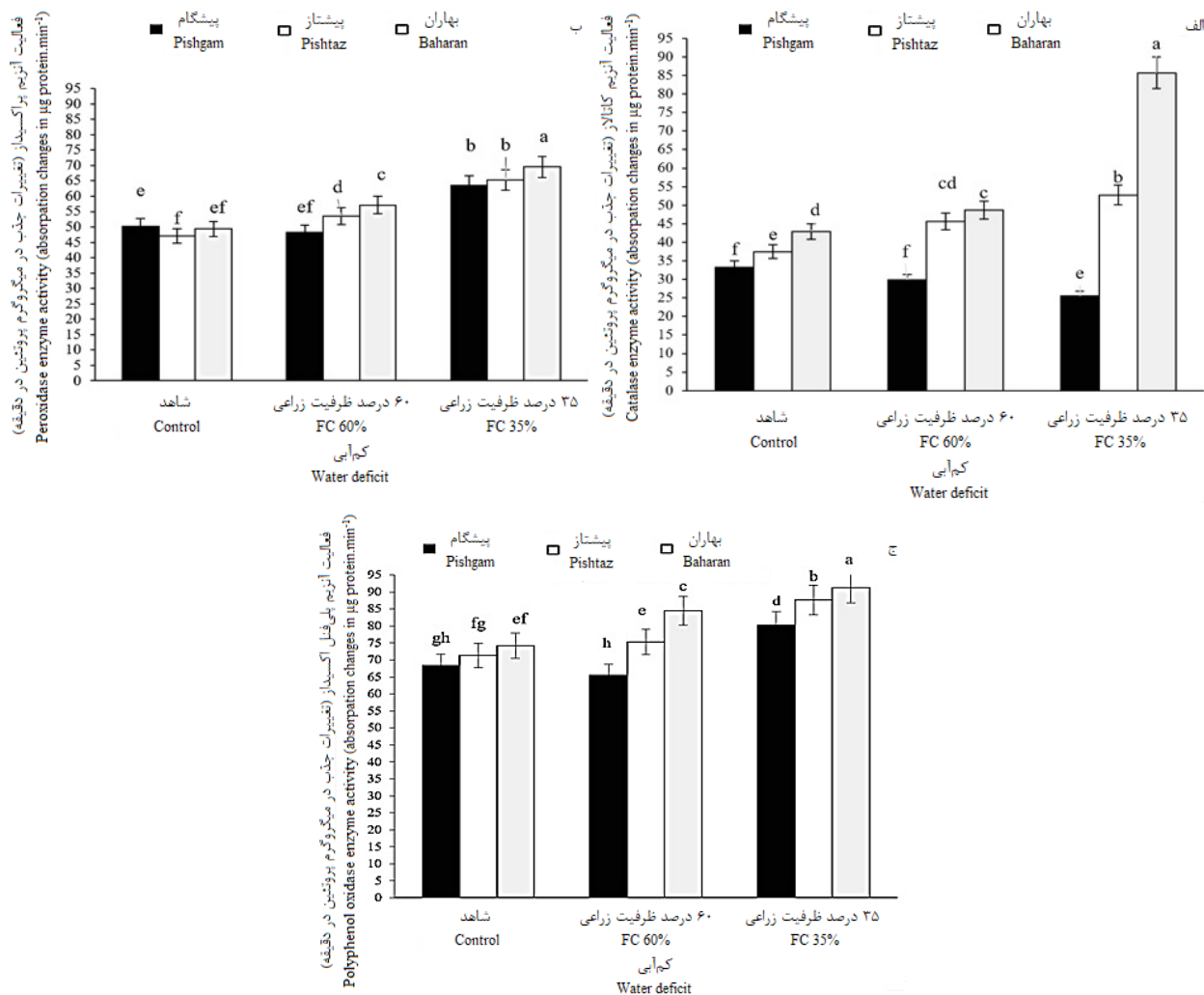
جدول ۲: نتایج مقایسه میانگین‌های اثر تنش کم آبی و رقم بر روی رنگیزه کلروفیل ارقام گندم

Table 2: Results of comparing the mean effects of water deficit stress and cultivar on chlorophyll pigment of wheat cultivars

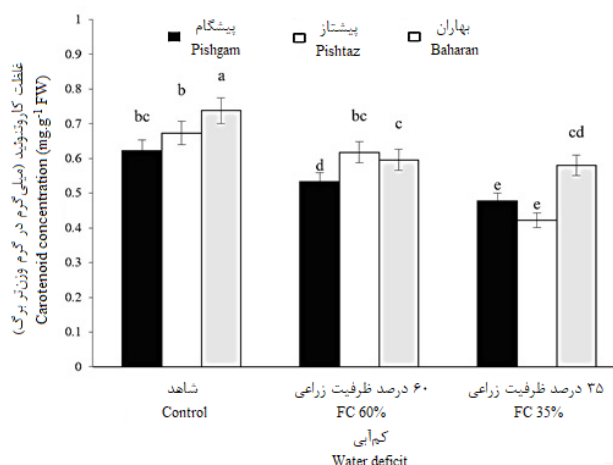
کلروفیل کل	کلروفیل b	کلروفیل a	تنش کم آبی	کلروفیل کل	کلروفیل b	کلروفیل a	رقم
Total chlorophyll	Chlorophyll b	Chlorophyll a	water deficit stress	Total chlorophyll	Chlorophyll b	Chlorophyll a	Cultivar
میلی گرم در گرم وزن تر برگ mg.g <sup>-1</sup> FW				میلی گرم در گرم وزن تر برگ mg.g <sup>-1</sup> FW			
6.30	1.32	4.97	شاهد Control	4.84	1.08	3.75	پیش‌تاز Pishtaz
5.14	1.25	3.89	۶۰ درصد ظرفیت زراعی FC 60%	4.88	1.01	3.84	پیش‌گام Pishgam
4.34	0.9	3.44	۳۵ درصد ظرفیت زراعی FC 35%	6.06	1.38	4.67	بهاران Baharan
0.491	0.244	0.419	LSD	0.491	0.244	0.419	LSD



شکل ۱: برهم‌کنش تنش کم‌آبی و ارقام گندم بر سطح تغییرات پرولین (الف) و غلظت پروتئین کل محلول (ب)  
 Fig. 1: Interaction of water deficit stress and wheat cultivars on the level of changes in proline (A) and total soluble protein concentration (B)



شکل ۲: برهم‌کنش تنش کم‌آبی و ارقام گندم بر سطح فعالیت آنزیم کاتالاز (الف)، آنزیم پراکسیداز (ب) و آنزیم پلی فنل اکسیداز (ج).  
 Fig. 2: Interaction of water deficit stress and wheat cultivars on the level of catalase enzyme activity (A), peroxidase enzyme activity (B) and polyphenol oxidase enzyme activity (C).



شکل ۳: برهم‌کنش تنش کم آبی و ارقام گندم بر غلظت کاروتنوئید

Fig. 3: Interaction of water deficit stress and wheat cultivars on carotenoid concentration

### غلظت کاروتنوئید

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین غلظت رنگیزه کاروتنوئید به ترتیب در ارقام بهاران و پیشتاز تحت شرایط عدم اعمال تنش و تحت تنش شدید کم آبی به دست آمد (شکل ۳). یکی از مهم‌ترین پاسخ‌های گیاهان به تنش کمبود آب در خاک، تغییرات در خصوصیات فتوسنتزی است (حسین‌زاده و همکاران، ۲۰۱۶). به‌هنگام تنش کم آبی، کاهش کارایی فتوسنتز با بسته شدن روزنه‌ها و کاهش ورود دی‌اکسیدکربن به سلول‌های مزوفیل، منجر به کاهش یا توقف سنتز رنگیزه‌هایی از جمله کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها می‌گردد (گوپتا و همکاران، ۲۰۱۸). نادری<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که به‌هنگام تنش کم آبی از غلظت رنگیزه‌هایی مانند کلروفیل و کاروتنوئیدها کاسته می‌شود

### غلظت کلروفیل‌های a، b و کل

نتایج اثرات اصلی تنش کم آبی و ارقام گندم برای رنگیزه‌های فتوسنتزی نشان داد که با افزایش شدت تنش کم آبی غلظت کلروفیل‌های a، b و کل کاهش یافت. بیش‌ترین غلظت کلروفیل‌های a، b و کلروفیل کل در بین ارقام گندم مربوط به رقم بهاران بود و همچنین به شرایط عدم تنش (شاهد) تعلق داشت (جدول ۲). کاهش غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی تحت تنش شدید احتمالاً به دلیل تنش اکسیداتیو، اثرات مخرب ناشی از تجمع گونه‌های فعال اکسیژن و در نتیجه تخریب کلروفیل توسط آنزیم‌های کلروفیلاز و پراکسیداز و در نتیجه کاهش کلروفیل به‌هنگام تنش کم آبی باشد (احمدی<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۸). که با نتایج تحقیق حاضر در رابطه با کاهش

### میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز

بررسی روند تغییرات فعالیت آنزیم پراکسیداز تحت شرایط کم آبی نشان داد با تنش شدید کم آبی، فعالیت این آنزیم به‌طور معنی‌داری نسبت به شرایط کنترل افزایش یافت، به‌طوری‌که بیش‌ترین سطح آنزیم پراکسیداز تحت تنش شدید کم آبی مربوط به رقم بهاران بود و کم‌ترین فعالیت این آنزیم در رقم پیشتاز تحت شرایط نرمال به دست آمد (شکل ۲، ب). در تحقیق حاضر به نظر می‌رسد افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز به‌منظور کاهش رادیکال‌های آزاد مخرب تولید شده در زمان تنش باشد، که می‌تواند تحمل ارقام گندم بهاران، پیشگام و پیشتاز را نسبت به تنش کم آبی افزایش دهد. محققان دریافته‌اند که سطح فعالیت آنزیم پراکسیداز در غلات از جمله گندم و جو در مواجهه با تنش کم آبی روند صعودی دارد (تاران<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۷؛ میجری<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۶).

### میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز

بالاترین میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز در رقم بهاران زمان تنش شدید کم آبی به دست آمد (شکل ۲، ج). از آنجایی‌که تنش کم آبی موجب تحریک برخی فرآیندهای سلولی و فیزیولوژیک می‌شود. به‌نظر می‌رسد با افزایش شدت تنش، تجمع ترکیباتی از جمله پلی‌فنل اکسیداز به‌عنوان متابولیت‌های ثانویه در پاسخ به تنش، افزایش یابد (فروتن<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۸). محققان نشان دادند که با افزایش شدت تنش کم آبی، بر میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز افزوده می‌شود (وانگ<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۹).

1. Taran
2. Mejri
3. Foroutan
4. Wang

5. Naderi  
6. Ahmadi

موجب افزایش تحمل گندم در شرایط تنش کم‌آبی گردید. از این رو به نظر می‌رسد در بین ارقام مورد بررسی گندم در شرایط تنش کم‌آبی، رقم بهاران به دلیل داشتن بیشترین غلظت پرولین، پروتئین کل محلول برگ، غلظت کلروفیل و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نسبت به شرایط تنش کم‌آبی از سطح تحمل بیشتری نسبت به دیگر ارقام برخوردار است. بنابراین پیشنهاد می‌شود جهت مطالعات تکمیلی عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مذکور گندم تحت تنش خشکی در شرایط مزرعه‌ای مورد مطالعه قرار گیرد.

غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی تحت تنش کم‌آبی مطابقت داشت.

### نتیجه‌گیری کلی

اعمال تنش کم‌آبی در مرحله سه‌برگی گندم نان، با افزایش میزان پرولین، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان پراکسیداز، پلی‌فنل‌اکسیداز و کاتالاز و کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی و محتوای کاروتنوئید برگ ارتباط مستقیم و معنی‌داری داشته،

### منابع

- رئیس‌ساداتی، س. ی.، جهانبخش گده‌کهریز، س.، عبادی، ع. و صدقی، م. ۱۴۰۰. تأثیر نانوذره اکسیدروی بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی و مورفولوژیکی گندم در شرایط خشکی. دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۳۱ (۲): ۲۳۳-۲۵۰.
- Arnon, A. N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*, 23: 112-121.
- Ahmadi, J., Pour-Aboughadareh, A., Ourang, S. F., Mehrabi, A. A. and Siddique, K. H. 2018. Wild relatives of wheat: *Aegilops-Triticum* accessions disclose differential antioxidative and physiological responses to water stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 40 (5): 1-14.
- Anjum, S. A., Ashraf, U., Tanveer, M., Khan, I., Hussain, S., Shahzad, B., Zohaib, A., Abbas, F., Saleem, M. F. and Ali, I. 2017. Drought induced changes in growth, osmolyte accumulation and antioxidant metabolism of three maize hybrids. *Frontiers in Plant Science*, 8 (69): 1-12.
- Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248.
- Bates, L., Waldrem, R. and Teare, I. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*, 39: 205-207.
- Chance, B. and Maehly, A. C. 1955. Assay of catalases and peroxidases. *Method Enzymol*, 11: 764-755.
- Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO), 2019. World food situation, FAO cereal supply and demand brief, 6 December, Available at: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/>.
- Fleta- Soriano, E., Díaz, L., Bonet, E. and Munné- Bosch, S. 2017. Melatonin may exert a protective role against drought stress in maize. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 203 (4): 286-294.
- Foroutan, L., Solouki, M., Abdossi, V. and Fakheri, B. A. 2018. The effects of zinc oxide nanoparticles on enzymatic and osmoprotectant alternations in different *Moringa peregrina* populations under drought stress. *International Journal of Basic Science in Medicine*, 3 (4): 178-187.
- Goufo, P., Moutinho-Pereira, J. M., Jorge, T. F., Correia, C. M., Oliveira, M. R., Rosa, E. A., António, C. and Trindade, H. 2017. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) metabolomics: Osmoprotection as a physiological strategy for drought stress resistance and improved yield. *Frontiers in Plant Science*, 8 (586): 1-22.
- Gupta, D. K., Palma, J. M. and Corpas, F. J. 2018. Antioxidants and Antioxidant Enzymes in Higher Plants. Springer.
- Hosseinzadeh, S., Amiri, H. and Ismaili, A. 2016. Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Photosynthetica*, 54 (1): 87-92.
- Kar, M. and Mishra, D. 1976. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. *Plant Physiology*, 57: 315-319.
- Kazerani, B., Navabpour, S., Sabouri, H., Ramezanpour, S. S., Zaynali Nezhad, K. and Eskandari, A. 2019. Evaluation of proline content and enzymatic defense mechanism in response to drought stress in rice. *Plant Physiology*, 9 (2): 2749-2757.
- Marcin'ska, I., Czyczyło-Mysza, I., Skrzypek, E., Filek, M., Grzesiak, S., Grzesiak, M. T., Janowiak, F., Hura, T., Dziurka, M., Dziurka, K., Nowakowska, A. and Quarrie, S. A. 2013. Impact of osmotic stress on physiological and biochemical characteristics in drought-susceptible and drought-resistant wheat genotypes. *Acta Plant Physiology*, 35: 451-461.
- Mejri, M., Siddique, K. H., Saif, T., Abdelly, C. and Hessini, K. 2016. Comparative effect of drought duration on growth, photosynthesis, water relations, and solute accumulation in wild and cultivated barley species. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 179 (3): 327-335.
- Maghsoudi, K., Emam, Y., Niazi, A., Pessarakli, M. and Arvin, M. J. 2018. *P5CS* expression level and proline accumulation in the sensitive and tolerant wheat cultivars under control and drought stress conditions in the presence/absence of silicon and salicylic acid. *Journal of Plant Interactions*, 13 (1): 461-471.
- Miller, G., Suzuki, N. and Ciftci-Yilmaz, S. 2010. Reactive oxygen species homeostasis and signaling during drought and salinity stresses. *Plant Cell and Environment*, 33: 453-467.
- Moharramnejad, S., Sofalian, O., Valizadeh, M., Asgari, A., Shiri, M. R. and Ashraf, M. 2019. Response of maize to field drought stress: Oxidative defense system, osmolytes' accumulation and photosynthetic pigments. *Pakistan Journal of Botany*, 51 (3): 799-807.

- Naderi, S., Fakheri, B.-A., Maali-Amiri, R. and Mahdinezhad, N. 2020. Tolerance responses in wheat landrace Bolani are related to enhance metabolic adjustments under drought stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 150: 244-253.
- Rahbarian, R., Khavari-nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri A. R. and Najafi, F. 2012. Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water relations in tolerant and susceptible chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Acta Biologica Cracoviensia*, 53: 47-56.
- Simova-Stoilova, L., Pecheva, D. and Kirova, E. 2020. Drought stress response in winter wheat varieties—changes in leaf proteins and proteolytic activities. *Acta Botanica Croatica*, 79 (2): 121-130.
- Sourour, A., Afef, O., Mounir, R. and Mongi, B. Y. 2017. A review: morphological, physiological, biochemical and molecular plant responses to water deficit stress. *International Journal of Engineering Science*, 6 (1): 1-4.
- Taran, N., Storozhenko, V., Sviatlova, N., Batsmanova, L., Shvartau, V. and Kovalenko, M. 2017. Effect of zinc and copper nanoparticles on drought resistance of wheat seedlings. *Nanoscale Research Letters*, 12 (1): 1-6.
- Wang, X., Liu, H., Yu, F., Hu, B., Jia, Y., Sha, H. and Zhao, H. 2019. Differential activity of the antioxidant defence system and alterations in the accumulation of osmolyte and reactive oxygen species under drought stress and recovery in rice (*Oryza sativa* L.) tillering. *Scientific Reports*, 9 (1): 1-11.



## Effect of Water Deficit Stress on Photosynthetic Pigment Concentration and Quantitative Activity of Some Antioxidants in Wheat

Ghaderi<sup>1</sup>, A., Jahanbakhsh Godehkahriz<sup>2\*</sup>, S. and Raeisi Sadati<sup>3</sup>, S. Y.

### Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of different levels of water deficit on some biochemical characteristics in the seedling stage of wheat in three cultivars. For this purpose, a factorial experiment based on a completely randomized design was conducted in the greenhouse University of Mohagheh Ardabili with two factors, the first factor of water deficit (35, 60 and 85% of field capacity (control)) and wheat cultivars (Pishgam, Pishtaz and Baharan) in three replications. Water stress was applied in the three-leaf stage for 10 days and then seedlings were sampled to measure photosynthetic pigment concentrations and biochemical parameters. The results showed that with increasing water deficit, the activity of antioxidant enzymes catalase, peroxidase and polyphenol oxidase and proline increased. The highest and lowest concentrations of photosynthetic pigments belonged to Baharan cultivars and Pishtaz, respectively, under the conditions of no stress and severe water limitation. Carotenoid content and percentage of total protein in Baharan and Pishgam wheat cultivars increased under non-stress conditions. In general, it seems that Baharan cultivar has reduced the destructive effects of dehydration due to its high tolerance to stress among other cultivars studied and also by increasing the activity of antioxidant enzymes and adaptive metabolites.

**Keywords:** Destructive effects, Peroxidase, Total soluble protein, Baharan cultivar

---

1, 2 and 3. MSc Graduate, Professor and PhD Graduate, Respectively, Department of Plant Genetics and Production Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Mohagheh Ardabili University, Ardabili, Iran

\*: Corresponding author      Email: jahanbakhsh@uma.ac.ir

This paper has been extracted from the first author's MSc thesis under the guidance of Jahanbakhsh Godehkahriz.