Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد سیزدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۹
۳۵۷-۳۶۹
http://dx.doi.org/ 10.22077/escs.2019.2108.1520

مقاله پژوهشی

بررسی اثر محدودیت اندازه مبدأ و تنش آبی بر رنگیزه‌های فتوسنتزی، فعالیت آنزیمی و عملکرد ارقام جو (*Hordeum vulgare* L.)

نگین محاویه اسعدی[۱]، احسان بیژن‌زاده[۲*]، علی بهپوری[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد بخش اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز
۲. دانشیار بخش اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز
۳. استادیار بخش اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۹/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۲۸

چکیده

بهینه سازی اندازه مبدا و استفاده مناسب از آن در شرایط تنش آبی نقش مهمی در افزایش عملکرد دانه ایفا می کند. به منظور تاثیر سطوح مختلف برگ زدایی بر فعالیت رنگیزه های فتوسنتری و آنزیمهای آنتی اکسیدانی در جهت بهبود عملکرد ارقام جو در شرایط تنش، آزمایشی گلخانه ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل رژیم آبیاری در دو سطح آبیاری مطلوب (شاهد) و قطع آبیاری در ابتدای شیری شدن دانه، چهار رقم جو (زهک، نیمروز، ریحان و خاتم) و سه تیمار برگ زدایی شامل بدون حذف برگ، حذف همه برگ ها به‌غیراز برگ پرچم و حذف همه برگ ها به‌غیراز برگ پرچم و ماقبل پرچم بودند. نتایج نشان داد که تنش آبی بر محتوای کلروفیل a و b، کاروتنوئید، آنزیم کاتالاز، پراکسیداز، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و عملکرد دانه اثر معنی داری داشت. در همه سطوح برگ زدایی در شرایط تنش آبی محتوای کلروفیل a در رقم ریحان بیشتر از سایر ارقام بود. همچنین تنش خشکی و برگ زدایی باعث کاهش ۸۷/۷۱ درصدی میزان کاروتنوئید در رقم زهک شد. حذف همه برگ ها به‌غیراز برگ پرچم و ماقبل پرچم باعث افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز به میزان ۹۸/۷۶ درصد در رقم ریحان در شرایط تنش آبی شد. از طرفی در شرایط تنش آبی حذف همه برگ ها به غیر از برگ پرچم منجر به افزایش فعالیت آنزیم پر اکسیداز در همه ارقام به غیر از رقم نیمروز شد. به نظر می رسد اعمال تیمار برگ زدایی با افزایش محتوای کلروفیل a و فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی بویژه پراکسیداز باعث افزایش مقاومت گیاه به تنش آبی در برخی ارقام جو نظیر ریحان شده است به گونه ای که حذف همه برگها به غیر از برگ پرچم باعث افزایش معنی دار شاخص برداشت و عملکرد رقم ریحان نسبت به سایر ارقام در شرایط تنش خشکی شده است.

واژه‌های کلیدی: **برگ پرچم، برگ‌زدایی، پراکسیداز، کاتالاز، کاروتنوئید**

مقدمه

جو (*Hordeum vulgare* L.) با سطح زیر کشت جهانی ۴۶ میلیون هکتار و تولید ۱۴۱ میلیون تن بعد از گندم، ذرت و برنج چهارمین غله مهم در دنیا به شمار می‌آید. متوسط تولید جو در کشور حدود ۲ تن در هکتار است و سطح زیر کشت آن یک‌میلیون و ۶۱۱ هزار هکتار و همچنین برداشت کل محصول در کشور حدود ۳ میلیون و ۴۰۰ هزار تن می‌باشد (FAO, 2016). این محصول ازنظر مقاومت به تنش‌های محیطی ازجمله تنش آبی از متحمل‌ترین گیاهان زراعی است (Emam,2013). کاهش آب در بافت‌های گیاهی سبب کاهش رشد قسمت‌های مختلف گیاه اعم از ریشه‌ها، اندام‌های هوایی (Moradi et al., 2014) و کاهش فتوسنتز می‌گردد. بالا بودن شدت تنش خشکی موجب کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی و درنهایت کاهش فتوسنتز و مختل شدن فرآیندهای فیزیولوژیکی، توقف رشد و سرانجام مرگ گیاه

www.SID.ir

* نگارنده پاسخگو: احسان بیژن‌زاده. پست الکترونیک: bijanzd@shirazu.ac.ir

Archive of SID

می‌گردد (Singh et al., 2011). مطالعات انجام‌شده در شرایط تنش خشکی نشان می‌دهد که شرایط تنش باعث شکل‌گیری رادیکال سوپر اکسید (O_2^-) و پراکسید هیدروژن (H_2O_2) می‌شود که گونه‌های فعال اکسیژن هستند (Mittler, 2002). فعالیت اکسیژن آزاد باعث بروز صدماتی همچون اکسید شدن چربی‌ها و تغییر ساختار غشاء و ازهم‌پاشیدگی یکپارچگی آن می‌شود (Habibi et al., 2004) و همچنین تغییر ساختار پروتئین‌ها و غیرفعال شدن آنزیم‌ها، بی‌رنگ شدن و یا از بین رفتن رنگیزه‌هایی مثل کلروفیل و اختلال در آن‌ها می‌شود (Liu et al., 2011).

برگ‌ها مهم‌ترین اندام در فرآیند فتوسنتز می‌باشند؛ بنابراین، برگ‌زدایی از طریق کاهش فتوسنتز به‌صورت غیرمستقیم باعث کاهش عملکرد شده و در مواردی که عملکرد اقتصادی، اندام هوایی گیاه باشد مستقیماً عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. اندازه مقصد بعد از گلدهی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده عملکرد دانه است البته در این رابطه نقش رقم، عوامل محیطی و مرحله‌ای از رشد گیاه که تیمارهای دست‌کاری روابط مبدأ- مقصد اعمال می‌شود، عوامل مهمی هستند که نباید نادیده گرفته شوند (Zhu et al., 2004). برخی شواهد نشان داده است که بیشترین عملکردهای دانه با تعادل بین مبدأ و مقصد همراه بوده است (Zhang et al., 2010). برگ‌زدایی نوعی دست‌کاری در رابطه مبدأ- مقصد است که در شرایط مطلوب و تنش خشکی می‌تواند اثر متفاوتی داشته باشد (Maydup et al., 2010; Ulas et al., 2015). برخی پژوهشگران گزارش کردند که بهینه‌سازی اندازه مبدأ بعد از گلدهی و بهره‌برداری از آن با استفاده از ظرفیت مقصد یکی از عوامل مهم افزایش پتانسیل عملکرد محصولات کشاورزی به‌ویژه در شرایط تنش آبی است (Bijanzadeh and Emam, 2011). فعالیت فتوسنتزی مبدأ (برگ‌ها) و قابلیت نگهداری مقصد (دانه‌ها) پس از گلدهی، از مهم‌ترین عوامل محدودکننده عملکرد دانه گندم می‌باشد (Zhenlin et al., 1998). ژو و همکاران (Zhu et al., 2004) در آزمایشی بر روی گندم گزارش کردند که کاهش مبدأ از طریق حذف برگ در مراحل اوایل و اواسط پنجه‌زنی اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشته است و کاهش مبدأ در اواخر پنجه‌زنی و ساقه رفتن باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شد. بعضی پژوهشگران معتقدند که وزن نهایی دانه‌های گندم با توانایی مبدأ در طی پر شدن دانه‌ها محدود می‌شود (Fischer and HilleRislambers, 1978). این در حالی است که برخی معتقدند وزن نهایی دانه‌ها در زمان پر شدن دانه‌ها به‌وسیله محدودیت مقصد کنترل می‌شود (Boras et al., 2004).

مقاومت گیاهان به تنش خشکی به علت پیچیده بودن اثرات متقابل بین فاکتورهای تنش و نیز تنوع پدیده‌های فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی مؤثر بر رشد و نمو گیاه بسیار پیچیده است و بنابراین شناخت آثار تنش آبی در گیاهان ضروری به نظر می‌رسد (Hui-ping et al., 2012). اهمیت منابع فتوسنتزی در شکل‌گیری عملکرد دانه در تحقیقات مختلف بررسی‌شده است. به‌طور مثال، حذف برگ‌ها در گندم به کاهش تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، شاخص برداشت و عملکرد دانه منجر شد (Alam et al., 2008; Birsin, 2005). در نتایج بیژن زاده و امام (Bijanzadeh and Emam, 2010) نشان داده‌شده است که حذف زودهنگام برگ‌ها می‌تواند بر تعداد دانه در سنبله اثرگذار باشد و یا با اثر بر الگوی گلدهی موجب کاهش عملکرد دانه شود. همچنین در این زمینه پژوهش‌ها نشان داده است که حذف برگ‌پرچمی و سایر برگ‌ها موجب کاهش تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه شد (Khaliq et al., 2008). در حال حاضر پژوهش‌های محدودی بر روی تأثیر هم‌زمان برگ‌زدایی و تنش خشکی بر فعالیت‌های بیوشیمیایی گیاه ازجمله رنگیزه‌های فتوسنتزی و فعالیت‌های آنزیمی صورت گرفته است در این راستا هدف از انجام این آزمایش بررسی اثر تیمارهای حذف برگ بر رنگیزه‌های فتوسنتزی، فعالیت آنزیمی، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام جو در شرایط تنش آبی بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۹۷–۱۳۹۶ در گلخانه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز واقع در ۷ کیلومتری شهرستان داراب اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل: رژیم آبیاری در دو سطح آبیاری مطلوب (شاهد) و قطع آبیاری در ابتدای شیری شدن دانه جو (تنش آبی)، چهار رقم جو (زهک، نیمروز، ریحان و خاتم) و سه تیمار برگ‌زدایی شامل بدون حذف برگ (B1)، حذف همه برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم (B2) و حذف همه برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم و ماقبل پرچم (B3) بود.

www.SID.ir

Archive of SID

پس از سبز شدن بذرهای ارقام جو در گلدان‌های پنج کیلوگرمی تعداد پنج عدد نهال بذر یکنواخت در هر گلدان نگهداری شد و در طول آزمایش پنجه‌ها از بوته‌ها حذف شدند و فقط ساقه اصلی برای برگ‌زدایی باقی ماند. اجرای سطوح برگ‌زدایی در اواسط مرحله ساقه رفتن با ظهور برگ پرچم (مرحله ۳۷ کد زادوکس) انجام شد (Zadoks et al., 1974). همچنین اعمال تنش آبی بر اساس ظرفیت مزرعه‌ای صورت گرفت به این صورت که همه گلدان‌ها تا مرحله گلدهی به‌صورت نرمال آبیاری شدند و از مرحله شیری شدن به بعد تیمارهای تنش آبی تا مرحله کم شدن رطوبت خاک به زیر میزان حد ظرفیت مزرعه به‌صورت وزنی اعمال شدند. در این هنگام ازلحاظ ظاهری سطح گلدان‌ها کاملاً خشک‌شده و برگ گیاهان به‌صورت لوله‌ای شکل درآمده و تنش آبی را نشان می‌دادند. پس از مشاهده این علائم گلدان‌ها توزین و مجدداً تا رسیدن به حد ظرفیت مزرعه آبیاری شدند. نمونه‌گیری جهت تعیین صفات بیوشیمیایی (کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید، کاتالاز و پراکسیداز) دو هفته بعد از اعمال تنش آبی صورت گرفت. برای استخراج و سنجش محتوای کلروفیل a وb و کاروتنوئید از روش (Arnon, 1967) استفاده شد.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز

مخلوط واکنش برای تعیین فعالیت آنزیم کاتالاز شامل بافر فسفات ۵۰ میلی مولار، ۱۵ میلی مولار پراکسید هیدروژن و ۵۰ میکرو لیتر از عصاره آنزیمی بود. پس از اضافه کردن عصاره آنزیمی میزان جذب در طول‌موج ۲۴۰ نانومتر به مدت ۳۰ ثانیه توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (UV-160A) ثبت شد. فعالیت آنزیم کاتالاز با استفاده از ضریب خاموشی (ε =۳۹/۴ mM^{-1} cm^{-1}) به‌صورت میکرومول پراکسید هیدروژن تجزیه‌شده و به‌صورت واحد بر دقیقه بر گرم وزن‌تر بیان شد (Aebi, 1984).

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز

مخلوط واکنش برای تعیین فعالیت آنزیم پراکسیداز شامل بافر فسفات ۵۰ میلی مولار، ۱۰ میلی مولار گایاکول، ۱۵ میلی مول پراکسید هیدروژن و ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود میزان جذب در طول‌موج ۴۷۰ نانومتر به‌صورت ۶۰ ثانیه قرائت شد. محلول شاهد شامل تمامی این مواد به‌جز عصاره آنزیمی بود. فعالیت آنزیم پراکسیداز به‌عنوان میزان تراگایاکول تشکیل‌شده به‌صورت واحد بر دقیقه بر گرم وزن‌تر و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (UV-160A) با ضریب خاموشی (ε =۲۶/۶ mM^{-1} cm^{-1}) محاسبه شد (Chance and Maehly., 1955).

محاسبات آماری

برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری SAS استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات موردبررسی

طبق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) اثر ساده تنش آبی بر روی محتوای کلروفیل a و b، کاروتنوئید، کاتالاز، پراکسیداز، عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. هرچند که بر طول سنبله و وزن صد دانه تفاوت معنی‌داری نداشت. سطوح برگ‌زدایی (در همه صفات به‌جز عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه) و ارقام بر روی همه صفات موردبررسی در سطح احتمال حداقل پنج درصد دارای تفاوت معنی‌داری بودند. اثرات متقابل دوگانه بین رقم × برگ‌زدایی و رقم × تنش بر همه صفات به‌جز محتوای کلروفیل a و b و طول سنبله به ترتیب دارای اثر معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد بودند درصورتی‌که اثر متقابل بین برگ‌زدایی × تنش بر همه صفات به‌جز محتوای کلروفیل a و b کاروتنوئید حداقل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. همچنین مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه نشان داد که همه صفات موردبررسی در آزمایش به‌جز محتوای کلروفیل b دارای تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بودند.

محتوای کلروفیل a و b

مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه این صفت نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل a مربوط به رقم نیمروز (۱/۵۸ میلی‌گرم/ گرم/ وزن‌تر) در شرایط آبیاری مطلوب و تیمار حذف همه برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم بود درحالی‌که کم‌ترین میزان آن مربوط به رقم نیمروز در شرایط تنش آبی (۰/۵۵۳ میلی‌گرم/ گرم/ وزن‌تر) و تیمار حذف همه برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم و ماقبل پرچم بود که با رقم ریحان تفاوت معنی-داری نداشت (جدول ۲).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از تأثیر برگ‌زدایی و تنش خشکی بر صفات بیوشیمیایی و عملکرد و اجزای عملکرد جو.

Table 1: The results of analysis of variance based on effect of leaf defoliation and drought stress on biochemical traits and yield and yield components of barley.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کاروتنوئید Carotenoid	کاتالاز Catalase	پراکسیداز Peroxidas
تنش آبی Water stress (A)	1	2.16**	0.115**	0.066**	183.1**	248.9**
برگ‌زدایی Defoliation (B)	2	0.345**	0.009ns	0.012**	28.2**	7.13**
رقم Cultivar (C)	3	0.287**	0.020*	0.0055**	43.7**	83.4**
برگ‌زدایی × تنش A × B	2	0.060ns	0.004ns	0.00076ns	58.7**	3.67**
رقم × تنش A × C	3	0.129ns	0.011ns	0.0038**	72.4**	44.2**
رقم × برگ‌زدایی B × C	6	0.089ns	0.005ns	0.0021*	24.1**	60.7**
رقم × برگ‌زدایی× تنش A× B × C	6	0.196**	0.010ns	0.0034**	43.4**	16.5**
خطا Error	48	0.052	0.005	0.0007	0.265	0.345
ضریب تغییرات CV (%)		*23.8*	*23.8*	*29.3*	*17.2*	*8.16*

Table 1. Continued **جدول ۱. ادامه**

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	طول سنبله Spike length	وزن صد دانه 100-grain weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index
تنش آبی Water stress (A)	1	0.203ns	6.324**	198.92**	18.787**	1164.7**
برگ‌زدایی Defoliation (B)	2	4.90**	0.788*	1.013ns	0.072ns	112.428**
رقم Cultivar (C)	3	32.3**	1.5004**	23.914**	7.514**	1118.93**
برگ‌زدایی × تنش A × B	2	5.27**	0.6816*	2.669*	0.811**	55.299*
رقم × تنش A × C	3	1.53ns	3.687**	16.158**	1.108**	354.41**
رقم × برگ‌زدایی B × C	6	0.795ns	2.633**	5.163**	1.176**	251.946**
رقم × برگ‌زدایی× تنش A× B × C	6	2.36**	1.066**	11.058**	2.241**	931.619**
خطا Error	48	0.602	0.186	0.754	0.130	12.05
ضریب تغییرات CV (%)		*16.6*	*11.93*	*15.65*	*25.5*	*14.8*

ns، **و * به ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, *, **: non significant difference at ($p\leq0.01$) and ($p\leq0.05$) probability levels, respectively

کمبود آب تأثیر بسزایی بر کاهش پایدار غشاء سلولی دارد (Emam, 2018). تنش آبی باعث ایجاد اختلال در سیستم‌های آنزیمی فرونشاننده‌ی گونه‌های فعال اکسیژن می‌گردد که این امر منجر به افزایش پراکسیداسیون چربی‌های غشایی و درنتیجه خسارت به غشاء سلولی و همچنین تخریب رنگ‌دانه‌ها می‌گردد (Masoumi et al., 2010). دلیل اصلی کاهش محتوای کلروفیل در شرایط تنش آبی تولید اکسیژن فعال است که منجر به پراکسیداسیون لیپیدی و نهایتاً تخریب

www.SID.ir

Archive of SID

کلروپلاست و کلروفیل می‌شود (Foyer et al., 2001). بیش‌تر مطالعات نشان می‌دهد که در شرایط تنش آبی کاهش میزان فتوسنتز به دلیل بروز اختلال در واکنش‌های بیوشیمیایی است (Emam, 2018). از طرف دیگر فتوسیستم نوری دو (PSII) به عوامل بازدارنده محیطی بسیار حساس بوده و تنش آبی موجب خسارت به مراکز واکنش PSII می‌شود (Oncel et al., 2000). مشابه با نتایج پژوهش حاضر (Rahbarian et al., 2011) بیان کردند که تغییرات در میزان رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی تحت تأثیر نوع ژنوتیپ، مرحله فنولوژیک و سطح تنش واردشده بر گیاه قرار می‌گیرد.

مقدار کاروتنوئید

یکی از وظایف کاروتنوئید، حفاظت نوری رنگیزه‌های فتوسنتزی است که در شرایط تنش آبی مقدار کاروتنوئید کاهش‌یافته و نمی‌تواند نقش حفاظتی خود را انجام دهند، ولی کاهش آن‌ها نسبت به کلروفیل کم‌تر است. کاهش میزان کاروتنوئید ظاهراً به دلیل اکسید شدن توسط اکسیژن فعال و تخریب ساختار آن‌ها است (Wang et al., 2010). علت معنی‌دار شدن اثر متقابل بین رقم و تنش آبی بر میزان کاروتنوئید بیانگر عکس‌العمل متفاوت ارقام بر سطوح مختلف تنش آبی بر این صفت است. نتایج مقایسه میانگین اثر سه‌گانه رقم × تنش× برگ‌زدایی نشان داد که در شرایط تنش آبی میزان کاروتنوئید در همه ارقام به‌غیراز رقم زهک در تیمارهای (عدم حذف برگ و حذف همه برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم) کاهش یافت و بیش‌ترین و کمترین میزان کاهش کاروتنوئید در رقم خاتم و تیمارهای عدم حذف برگ و حذف همه برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم و ماقبل پرچم به ترتیب با میزان ۷۶/۲ و ۲۰ درصد به دست آمد (جدول ۲). امینی و حداد (Amini and Hadad, 2013) بیان کردند که مقدار کاروتنوئید در ابتدای دوره تنش افزایش پیدا کرد ولی با افزایش شدت تنش از مقدار آن کاسته شد. امینی و حداد (Amini and Hadad, 2013) بیان کردند که مقدار کاروتنوئید در ابتدای دوره تنش افزایش پیدا کرد ولی با افزایش شدت تنش از مقدار آن کاسته شد.

گزارش‌های مشابهی نیز حاکی از این است که در گیاه آفتابگردان مقدار کاروتنوئید تحت شرایط تنش آبی کاهش یافت (Manivannan et al., 2007). مطابق با نتایج پژوهش حاضر (Jaleel et al., 2009) نشان دادند که تنش آبی، توانایی کاهش غلظت کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدهای بافت را دارد و این کاهش به‌طور عمده با تولید رادیکال‌ها در تیلاکوئید در ارتباط هست.

آنزیم کاتالاز

بررسی اثر متقابل سه‌گانه نشان داد که با اعمال تیمار برگ‌زدایی میزان آنزیم کاتالاز در شرایط تنش آبی افزایش یافت و بیش‌ترین میزان آن مربوط به تیمار حذف همه برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم و ماقبل پرچم در رقم ریحان به میزان ۱۱/۸ واحد بر دقیقه بر گرم وزن‌تر به دست آمد که با تیمارهای حذف همه برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم و عدم حذف برگ در رقم نیمروز اختلاف آماری معنی‌داری نداشت و کم‌ترین میزان آن مربوط به آبیاری مطلوب و عدم حذف برگ به میزان۰/۱۴۷ واحد بر دقیقه بر گرم وزن‌تر در رقم زهک بود (جدول ۲). تولید کاتالاز در گیاهانی که تحت شرایط تنش قرارگرفته‌اند، افزایش مقاومت گیاهان به شرایط تنش را به دنبال خواهد داشت (Guan et al., 2009). مطالعات انجام‌شده در شرایط تنش آبی نشان می‌دهد که میزان آنزیم کاتالاز در یونجه (Wang et al., 2009) و بادام‌زمینی (Akey et al., 2010) افزایش پیداکرده است. به‌طوری‌که مطابق با نتایج این پژوهش افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در شرایط تنش آبی در گندم (Zhang and Kirkham, 1995; Kafi and Damghanii, 2000) و جو (Ahmed et al., 2013) نیز گزارش‌شده است و این افزایش به‌شدت تنش و مرحله وقوع تنش در ارقام مختلف جو بستگی دارد.

آنزیم پراکسیداز

بررسی مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه نشان داد که میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز (به‌جز در رقم نیمروز و تیمار حذف همه برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم) در شرایط تنش آبی افزایش یافت و بیش‌ترین میزان آن در رقم ریحان و تیمار حذف همه برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم و ماقبل پرچم بود و کم‌ترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در شرایط آبیاری مطلوب در رقم نیمروز و در تیمار حذف همه برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم بود (جدول ۲). آنزیم پراکسیداز در تجزیه پراکسید هیدروژن به آب و اکسیژن نقش دارد. به نظر می‌رسد افزایش میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز نشان‌دهنده تلاش گیاه در غلبه بر پراکسید هیدروژن است (Mittler, 2002). بررسی‌های مختلف نشان داده است گیاهانی که دارای سطوح بالاتری از

www.SID.ir

Archive of SID

آنتی‌اکسیدان‌ها می‌باشند مقاومت بیش‌تری نسبت به آسیب-های اکسیداتیو نشان می‌دهند (Wang et al., 2010). مطابق با نتایج پژوهش حاضر لالینا و همکاران (Lalina et al., 2012) بیان کردند که تفاوت در فعالیت آنزیمی گیاه در ارقام مختلف ناشی از عکس‌العمل متفاوت آن‌ها به شرایط تنش رطوبتی است.

جدول ۲. مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش آبی، رقم و برگ‌زدایی در ارقام جو

Table 2. Mean comparison for the effects of water stress, cultivar and leaf defoliation interaction in barley cultivars.

تیمار Treatment	برگ‌زدایی Defoliation	ارقام	Cultivars	کلروفیل a Chlorophll a	کاروتنوئید Carotenoi	کاتالاز Catalas	پراکسیداز Peroxidase
				----------(mg. g^{-1}Fw)---------		-----(U/min^{-1}.g^{-1}Fw)----	
آبیاری نرمال Normal irrigation	شاهد (عدم حذف برگ) (B_1)	زهک	Zehak	1.45^{ab}	0.07^{d-i}	0.14^{g}	2.78^{hi}
		نیمروز	Nimroz	1.11^{a-e}	0.10^{d-g}	0.42^{fg}	8.38^{e}
		ریحان	Reyhan	1.18^{a-d}	0.18^{ab}	5.01^{d}	5.83^{f}
		خاتم	Khatam	0.63^{e-g}	0.21^{a}	8.20^{b}	1.97^{ij}
	حذف برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم (B_2)	زهک	Zehak	1.28^{a-c}	0.10^{d-h}	0.21^{fg}	4.06^{gh}
		نیمروز	Nimroz	1.58^{a}	0.13^{b-d}	0.17^{g}	0.75^{j}
		ریحان	Reyhan	1.08^{b-f}	0.18^{ab}	0.29^{fg}	9.73^{d}
		خاتم	Khatam	1.27^{a-c}	0.11^{d-f}	0.52^{fg}	6.75^{f}
	حذف برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم و ماقبل پرچم (B_3)	زهک	Zehak	1.12^{a-e}	0.09^{d-i}	0.46^{fg}	4.53^{g}
		نیمروز	Nimroz	0.87^{c-g}	0.10^{d-h}	0.23^{fg}	6.35^{f}
		ریحان	Reyhan	1.27^{a-c}	0.12^{c-e}	0.46^{fg}	11.97^{bc}
		خاتم	Khatam	0.69^{d-g}	0.05^{g-i}	0.63^{fg}	1.03^{j}
تنش آبی Water stress	شاهد (عدم حذف برگ) (B_1)	زهک	Zehak	0.93^{c-g}	0.09^{d-i}	1.13^{fg}	6.33^{f}
		نیمروز	Nimroz	0.90^{c-g}	0.07^{e-i}	11.8^{a}	11^{cd}
		ریحان	Reyhan	0.77^{d-g}	0.073^{d-i}	0.46^{fg}	8.16^{e}
		خاتم	Khatam	0.69^{d-g}	0.05^{f-i}	1.32^{f}	8.15^{e}
	حذف برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم (B_2)	زهک	Zehak	0.96^{b-g}	0.06^{f-i}	1.24^{fg}	11.08^{bc}
		نیمروز	Nimroz	0.56^{g}	0.05^{g-i}	4.03^{d}	4.38^{g}
		ریحان	Reyhan	1.16^{a-d}	0.10^{d-h}	1.25^{fg}	11.55^{bc}
		خاتم	Khatam	0.69^{d-g}	0.07^{d-i}	6.23^{c}	12.34^{b}
	حذف برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم و ماقبل پرچم (B_3)	زهک	Zehak	0.59^{fg}	0.05^{g-i}	2.60^{e}	8.08^{e}
		نیمروز	Nimroz	0.55^{g}	0.03^{i}	11.89^{a}	1.26^{j}
		ریحان	Reyhan	0.82^{c-g}	0.04^{h-i}	11.893^{a}	14.31^{a}
		خاتم	Khatam	0.75^{d-g}	0.04^{i}	1.26^{fg}	12.03^{bc}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح یک درصد ندارند.

B1: control, B2: Defoliation except the flag leaf and B3: Defoliation except the flag leaf and penultimate leaf.The means in each columns with similar letters have no significant difference based on LSD ($p \leq 0.01$).

طول سنبله

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد در شرایط تنش آبی و برگ-زدایی طول سنبله در همه تیمارها کاهش یافت (جدول ۳). بیشترین و کمترین میزان طول سنبله به ترتیب با ۸/۷ و ۱/۳ سانتی‌متر در رقم‌های نیمروز و خاتم و تیمارهای عدم حذف برگ و حذف همه برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم به دست آمد. در بررسی که بر روی محدودیت مبدأ و تأثیر تنش آبی بر

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی، رقم و برگ‌زدایی در ارقام جو

Table 3. Mean comparison for the effect of water stress, cultivar and leaf defoliation interaction in barley cultivars.

تیمار Treatment	برگ‌زدایی Defoliation	ارقام	Cultivars	طول سنبله Spike length	وزن صد دانه 100- grain weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
				cm	----------g----------		%
آبیاری نرمال Normal irrigation	شاهد (عدم حذف برگ) (B_1)	زهک	Zehak	4.41^{f-h}	3.72^{b-f}	6.33^{cd}	17.07^{h-j}
		نیمروز	Nimroz	8.77^{a}	4.22^{a-d}	7.83^{bc}	26.67^{e-g}
		ریحان	Reyhan	5^{d-g}	5^{a}	11.16^{a}	36.35^{bc}
		خاتم	Khatam	5.33^{c-f}	3.18^{e-h}	5.33^{de}	15.17^{i-k}
	حذف برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم (B_2)	زهک	Zehak	4.33^{f-h}	4.07^{a-e}	8.80^{b}	17.07^{h-j}
		نیمروز	Nimroz	6.7^{bc}	2.35^{hi}	4.81^{d-g}	30.3^{c-e}
		ریحان	Reyhan	3.58^{gh}	4.5^{a-c}	6.33^{cd}	24.24^{e-h}
		خاتم	Khatam	4^{f-h}	4.98^{a}	6.58^{cd}	40.71^{ab}
	حذف برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم و ماقبل پرچم (B_3)	زهک	Zehak	4.62^{e-h}	4.51^{ab}	7.34^{bc}	27.86^{d-f}
		نیمروز	Nimroz	7.16^{ab}	3.43^{d-g}	4.96^{d-f}	40.12^{ab}
		ریحان	Reyhan	4.25^{f-h}	3.46^{d-g}	7.66^{bc}	30.9^{c-e}
		خاتم	Khatam	4.41^{f-h}	3.56^{c-g}	8.93^{b}	22.62^{f-i}
تنش آبی Water stress	شاهد (عدم حذف برگ) (B_1)	زهک	Zehak	3.83^{f-h}	2.66^{g-i}	3^{gh}	10^{j-l}
		نیمروز	Nimroz	6.33^{b-e}	3.85^{b-e}	5.2^{de}	16.99^{h-j}
		ریحان	Reyhan	4.33^{f-h}	3.77^{b-f}	4.32^{e-g}	3\5^{b-d}
		خاتم	Khatam	3.16^{h}	2^{i}	2^{h}	10^{j-l}
	حذف برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم (B_2)	زهک	Zehak	3.75^{f-h}	3.88^{b-e}	2^{h}	5^{l}
		نیمروز	Nimroz	4.83^{d-h}	2.85^{f-i}	4.27^{e-g}	19.91^{g-i}
		ریحان	Reyhan	3.25^{h}	4.5^{a-c}	6.29^{cd}	44.7^{a}
		خاتم	Khatam	3.33^{gh}	3.47^{d-g}	3.11^{f-h}	15.5^{i-k}
	حذف برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم و ماقبل پرچم (B_3)	زهک	Zehak	3.66^{f-h}	3.91^{b-e}	1.89^{h}	15.86^{ij}
		نیمروز	Nimroz	6.25^{b-d}	3.66^{b-f}	4.73^{d-g}	25.01^{e-g}
		ریحان	Reyhan	3.5^{gh}	3.32^{d-g}	7.4^{bc}	26.63^{e-g}
		خاتم	Khatam	3.3^{gh}	2^{i}	2^{h}	8^{kl}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح یک درصد ندارند.

B1: control, B2: Defoliation except the flag leaf and B3: Defoliation except the flag leaf and penultimate leaf. The means in each columns with similar letters have no significant difference based on LSD ($p\leq0.01$).

خصوصیات فتوسنتز و عملکرد ارقام جو انجام شد گزارش کردند که تنش آبی اثر معنی‌داری بر طول سنبله ارقام جو نداشت (Bijanzadeh et al., 2013). در آزمایشی که امام و همکاران (Emam et al., 2013) روی اثر برگ‌زدایی بر بلال ذرت انجام دادند گزارش کردند که بیشترین طول بلال ذرت از تیمار عدم حذف برگ و کمترین میزان آن در تیمار ۱۰۰ درصد برگ‌زدایی به دست آمد. تنش آبی در مراحل اولیه می‌تواند از طریق کوتاه کردن زمان نمو و افزایش سرعت نمو موجب کاهش طول سنبله گردد (Emam, 2005). در مطالعه‌ای گزارش شد که بیشترین و کمترین طول سنبله گندم به ترتیب از تیمار عدم حذف برگ و برگ‌زدایی در زمان ساقه دهی به دست آمد (Behroozi et al., 2017).

وزن صد دانه

بررسی اثر متقابل سه‌گانه وزن صد دانه نشان داد که بیشترین میزان این صفت با ۵ گرم در رقم ریحان و تیمار عدم حذف برگ در شرایط آبیاری مطلوب بود که با رقم‌های ریحان و

www.SID.ir

Archive of SID

خاتم در تیمارهای حذف همه برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم در شرایط آبیاری مطلوب و تنش آبی تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین میزان آن با ۲ گرم در رقم خاتم و تیمارهای عدم حذف برگ و حذف همه برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم و ماقبل آن در شرایط تنش آبی به دست آمد (جدول ۳). در برخی پژوهش‌ها مشاهده‌شده است که حذف برگ‌ها در گندم باعث کاهش وزن دانه می‌گردد (Alam et al, 2008; Birsin, 2005). در این آزمایش با اعمال تیمار تنش آبی وزن صد دانه در همه تیمارها به‌جز در رقم نیمروز و تیمارهای حذف همه برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم و حذف همه برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم و ماقبل آن کاهش یافت. مطابق با نتایج پژوهش حاضر برخی مطالعات نشان داده است که عدم کاهش وزن دانه در تعدادی از ارقام، احتمالاً به این دلیل است که نیاز مقصد از طریق سایر برگ‌ها و بخش‌های فتوسنتزی در این ارقام تأمین می‌شود (Chanish et al., 2005).

عملکرد بیولوژیک

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه بر عملکرد بیولوژیک ارقام جو نشان داد که در شرایط تنش آبی میزان عملکرد بیولوژیک در همه تیمارها کاهش یافت و بیشترین و کمترین میزان کاهش این صفت در ارقام خاتم و نیمروز در تیمار (حذف همه برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم و ماقبل پرچم) به ترتیب با ۷۷/۶ و ۴/۶ درصد به دست آمد (جدول ۳). برخی پژوهشگران نیز گزارش کردند که تنش آبی با کاهش سطح برگ و اختلال در روند جذب و انتقال عناصر غذایی، عرضه مواد پرورده را کاهش داده و موجب کاهش عملکرد بیولوژیک می‌شود (Albacete et al., 2014). بهروزی و همکاران (Behroozi et al., 2017) کاهش عملکرد بیولوژیک را در شرایط تنش آبی گزارش کردند همچنین نتایج آن‌ها نشان داد که بیشترین کاهش عملکرد بیولوژیک در برگ‌زدایی زمان ساقه‌دهی به دست آمد. در شرایط تنش آبی رقم ریحان و تیمار حذف همه برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم بیشترین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه را به خود اختصاص داد که می‌تواند نشان‌دهنده مقاومت بیشتر این رقم در شرایط تنش آبی باشد. مطابق با نتایج پژوهش حاضر کاهش عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش آبی در گندم و جو توسط برخی محققین نیز گزارش‌شده است (Abdoli and Saeidi, 2012).

عملکرد دانه

بررسی مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه نشان داد که بیش‌ترین میزان عملکرد دانه ارقام جو با ۴/۰۶ گرم در رقم ریحان در شرایط آبیاری مطلوب و تیمار عدم حذف برگ به دست آمد و همچنین کمترین میزان عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی با ۰/۲۰ گرم در رقم خاتم و تیمار عدم حذف برگ به دست آمد (شکل ۵). نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که در شرایط تنش آبی بیشترین عملکرد دانه با ۲/۸ گرم در رقم ریحان و تیمار حذف همه برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم به دست آمد که در شرایط تنش با سایر ارقام تفاوت آماری معنی‌داری داشت (شکل ۵). می‌توان بیان کرد که علت افزایش عملکرد در رقم ریحان به دلیل افزایش فعالیت بیش‌تر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در مقایسه با سایر ارقام تحت شرایط تنش آبی باشد (جدول ۲). اگراوال (Aggrawal et al., 1990) در آزمایشی که بر روی عملکرد دانه گندم و برگ‌زدایی انجام دادند گزارش کردند که تیمارهای برگ‌زدایی اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه گندم نداشتند که علت آن را برگ‌زدایی دیرهنگام بوته‌ها و حذف برگ پرچم بیان کردند. مطابق با نتایج پژوهش حاضر احمدی و همکاران (Ahmadi et al., 2009) بررسی کردند که بین تیمار عدم برگ‌زدایی و برگ‌زدایی کامل تفاوت معنی‌داری ازنظر عملکرد دانه مشاهده نشد. در مقابل عبدلی و همکاران (Abdoli et al., 2015) در بررسی محدودیت فتوسنتزی بخش‌های مختلف گندم به این نتیجه رسیدند که حذف برگ پرچم، حذف همه برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم، حذف ریشک‌ها و سایه‌اندازی سنبله به ترتیب کاهش ۹/۳، ۱۴/۷، ۴/۴ و ۳۲/۹ درصدی عملکرد دانه را در شرایط مناسب رطوبتی و همچنین افت ۱۳/۴، ۸/۵ و ۲۷/۱ درصدی عملکرد دانه را در شرایط تنش خشکی انتهای فصل در پی دارد. نتایج تحقیقات برخی پژوهشگران نشان می‌دهد که در شرایط حذف سطوح کم تا متوسط برگ‌ها، برخی گیاهان با استفاده از ذخایر موجود در اندام‌های هوایی به‌ویژه مواد هیدروکربنی غیر ساختمانی ساقه و با توزیع متعادل‌تر مواد فتوسنتزی و استفاده کارآمدتر از سطوح برگ باقی‌مانده، در مقابل تنش کمبود مواد پرورده مقاومت می‌کنند (Bijanzadeh and Emam, 2010; Lopes and Reynolds, 2010; Emam et al., 2013).

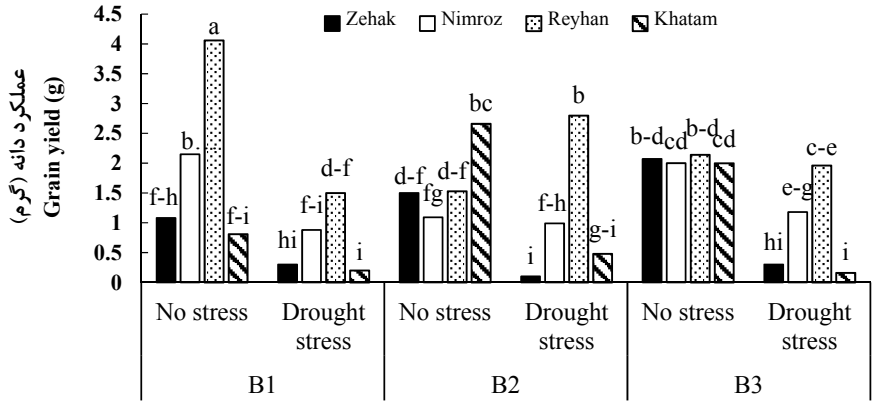
شاخص برداشت

نتایج مقایسه میانگین اثر سه‌گانه شاخص برداشت ارقام جو نشان داد که در شرایط تنش آبی میزان شاخص برداشت در

www.SID.ir

Archive of SID

همه تیمارها به‌جز در رقم ریحان و تیمار حذف همه برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم کاهش یافت (جدول ۳). بیشترین و کمترین درصد کاهش شاخص برداشت در رقم‌های زهک و ریحان و در تیمارهای (حذف همه برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم و عدم حذف برگ) به ترتیب با میزان ۸۶/۱ و ۳/۷ درصد به دست آمد (جدول۳). ازجمله عوامل کاهش رشد و نمو گیاه کمبود آب است، که علاوه بر کاهش عملکرد بیولوژیک سبب کاهش در رسیدن کربوهیدرات‌ها به دانه و کاهش شاخص برداشت می‌شود (Farooq et al., 2014). در این آزمایش می‌توان بیان کرد که یکی از دلایل افزایش شاخص برداشت در شرایط تنش آبی در رقم ریحان افزایش عملکرد دانه و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در این رقم نسبت به سایر ارقام و تیمارها بوده است (جدول ۲ و شکل ۱). مطابق با نتایج پژوهش حاضر در برخی ارقام جو، بهرورزی و همکاران (Behroozi et al., 2017) در آزمایشی گزارش کردند که متوسط شاخص برداشت در اثر برگ‌زدایی کاهش یافت.



شکل ۱. تأثیر تنش آبی، برگ‌زدایی و ارقام جو روی مقدار عملکرد دانه. B_1: شاهد، B_2: حذف همه برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم و B_3: حذف همه برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم و ماقبل پرچم. میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد ندارند.

Fig. 1. Effect of water stress, defoliation and barley cultivars on grain yield content. B_1: control, B_2: Defoliation except the flag leaf and B_3: Defoliation except the flag leaf and penultimate leaf. The means in each column with similar letters have no significant difference based on LSD ($p \leq 0.01$) test

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد هنگامی‌که گیاه جو با تنش آبی مواجه می‌گردد، میزان کلروفیل a، b، کاروتنوئید، طول سنبله، وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت کاهش می‌یابد. در شرایط تنش آبی و برگ‌زدایی میزان کلروفیل a کاهش یافت که بیش‌ترین میزان کاهش آن مربوط به رقم نیمروز و تیمار حذف همه برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم و ماقبل پرچم بود. این در حالی است که میزان آنزیم کاتالاز و پراکسیداز در شرایط تنش آبی در رقم ریحان افزایش یافت. همچنین تنش آبی و برگ‌زدایی در همه ارقام به‌جز در رقم ریحان و تیمارهای حذف همه برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم و حذف همه برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم و ماقبل پرچم باعث کاهش عملکرد دانه و شاخص برداشت (حذف همه برگ‌ها به‌غیراز برگ پرچم) شدند. علت افزایش نیافتن آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در همه ارقام به تفاوت ژنتیکی ارقام نسبت داده‌شده است. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که برگ پرچم و برگ ماقبل آن نزدیک‌ترین مبدأ به مقصد فیزیولوژیک گیاه بوده و بیش‌ترین تأثیر را بر صفات بیوشیمیایی و عملکرد ارقام جو در شرایط تنش آبی داشته است. درنتیجه برگ‌زدایی در شرایطی قادر است تحمل گیاه جو به‌ویژه در ارقامی مانند ریحان نسبت به تنش آبی را از راه افزایش فعالیت‌های بیوشیمیایی و آنزیمی گیاه بهبود بخشد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

Abdoli, M., Saeidi, M., Jalali-Honarmand, S., Mansourifar, S., Ghobadi, M.E., 2015. Evaluation of effect water deficiency and source limitation at the post anthesis on grain yield and remobilization of dry matter in bread wheat cultivars. Environmental Stresses in Crop Sciences. 7(2), 137-154. [In Persian with English summary].

Abdoli, M., Saeidi, M., 2012. Using different indices for selection of resistant wheat cultivars to post anthesis water deficit in the west of Iran. Annals of Biological Research. 3(3), 1322-1333 .

Aebi, H., 1984. Catalase in vitro. Methods in Enzymology. 105, 121-126.

Aggrawal, P. K., Fischer, R. A., Liboon, S. P., 1990. Source–sink relation and effects of post anthesis canopy defoliation in wheat at low latitudes. Journal of Agriculture Science. 114, 93– 99.

Ahmadi, A., Joudi, M., Janmohammadi, M., 2009. Leaf defoliation and wheat yield little evidence of post-anthesis source limitation. Field Crops Research. 113, 99-93.

Ahmed, I. M. Dai, H., Zheng, W., Cao, F., Zhang, G., Sun, D., Wu, F., 2013. Genotypic differences in physiological characteristics in the tolerance to drought and salinity combined stress between Tibetan wild and cultivated barley. Plant physiology and Biochemistry. 63, 49-60.

Akay, U. C., Ercan, O., Kavas, M., Yiliz, L., Oktem, H. A., Yucel, M., 2010. Drought-induced oxidative damage and antioxidant responses in peanut (*Arachis hypogaea* L.) seedlings. Plant Growth Regulation. 61(1), 21-28 .

Alam, M. S., Rahman A. H. M. M., Nesa M. N., Khan S. k., 2008. Effect of source and/or sink restriction on the grain yield in wheat. European Journal of Applied Science Research. 4(3), 258-261.

Albacete, A.A., Cristina, M.A., Francisco, P.A., 2014. Hormonal and metabolic regulation of sourse-sink relations under salinity and drought: From plant survival to crop yield stability. Biotechnology Advances. 32, 12-30

Amini, Z., Hadad, R., 2013. The role of photosynthetic pigments and antioxidant enzymes against oxidative stress. Journal of Cellular and Molecular Research. 26(3), 265-251. [In Persian with English summary].

Arnon, A.N., 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal. 23, 112-121.

Behroozi, M., Emam, Y., Pirasteh-Anosheh, H., 2017. Effect defoliation on yield and yield components of wheat cultivars under drought stress conditions. Crop Physiology Journal. 8(3), 39-52.

Bijanzadeh, E., Emam, Y., 2010. Effect of source-sink manipulation on yield components and photosynthetic characteristic of wheat cultivars (*Triticum aestivum* and *T. durum* L.). Journal of Applied Science. 10, 564-569.

Bijanzadeh, E., Emam Y., 2011. Evaluation of assimilate remobilization and yield of wheat cultivars under different irrigation regimes in arid climate. Archives of Agronomy and Soil Science. 58, 1243-1259.

Bijanzadeh, E., Naderi, R., Emam, Y., 2013. Source restriction and drought stress effects on photosynthetic characteristics and yield of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. Scientific Journal of Agronomy and Plant Breeding. 1(1), 34-40. [In Persian with English summary].

Birsin, M. A., 2005. Effect of removal of some photosynthetic structures on some yield components in wheat. Traim Bilimleri Dergisi. 11(4), 364-367.

Boras, L., Slafer, G. A., Otegui, M. E., 2004. Seed dry weight response to source–sink manipulation in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. Field Crop Research. 86(2-3), 131–146.

Chance, B., Maehly, A.C., 1955. Assay of catalases and peroxidase. Methods in Enzymology. 2, 764-775.

Chanish, Sh. Sh., Badridze, Sh.G., Barblishvili, T.F., Dolidze, M.D., 2005. Defoliation photosynthetic rates and assimilates transport in grapevine plants. Russian Journal of Plant Physiology. 52(4), 448-453.

Emam, Y., Saghatoeslami, M.J., 2005. Crop Yield: Physiology and Processes. Shiraz University Press Shiraz. [In Persian].

Emam, Y., 2013. Cereal Crops. Iran: Tehran, Iranian university press. [In Persian].

www.SID.ir

Archive of SID

Emam, Y., Sedaghat, M., Bahrani, H., 2013. Responses of maize (SC 704) yield and yield components to source restriction. Iranian Journal of Agricultural Research. 32, 31-40. [In Persian with English summary].

Emam, Y., 2018. Crop Physiology. Iranian Academic Press. Tehran, Iran. [In Persian].

FAO, 2016. http: // faostat. Fao.org.

Farooq, M., Hussain, M., Siddique, K. H., 2014. Drought stress in wheat during flowering and grain-filling periods. Critical Reviews in Plant Sciences. 33, 331-312.

Fischer, R.A., HilleRisLambers, D., 1978. Effect of environment and cultivar on source limitation to grain weight in wheat. Australian Journal of Agricultural Research. 29(3), 443–458.

Foyer, C.H., Fletcher, J.M., 2001. Plant antioxidants: colour me healthy. Biologist (London, England). 48(3), 115.

Guan, Z.Q., Ehai, T., Zhang, Y.X., Xu, J., Wei, W., 2009. Enhancement of cd tolerance in transgenic tobacco plants overexpressing a cd-induced catalase c-DNA. Chemosphere. 76, 623-630.

Habibi, D.M., Boojar, M.A., Mahmodi, A., Ardakani, M.R., Taleghani, D., 2004. Antioxidative enzayme in sunflower subjected to drought stress. p. 1-4. 4th International Crop Science Congress. 26 September. 1 October, 2004. Brishbane. Australia .

Hui-ping, D., Chan-juan, S.H., An-Zh, W., Tuxi, Y., 2012. Leaf senescence and photosynthesis in foxtail (*Sataria italica* L.) varieties exposed to drought conditions. Australian Journal of Crop Science. 6(2), 232-237.

Jaleel, C.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H.J., Somasundarm, R., Panneersel Vam, R., 2009. Drought stress in plant: A review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agriculture and Biology. 11(1), 100-105.

Kafi, M., Damghanii, M., 2000. Mechanisms of Environmental Stress Resistance in Plants. Ferdowsi University of Mashhad Publication. 46 pp. [In Persian].

Khaliq, I., Irshad, A., Ahsan, M., 2008. Awns and flag leaf contribution towards grain yield in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). Cereal Research Communications. 36, 65-76.

Lalina, A., Majnon Hoseini, N., Galostian, M., Esmaeilzadeh Bahabadi, S., Marefatzadeh Khamene, M., 2012. Echophysiological impact of water stress on growth and development of Mungbean. International Journal of Agronomy and Plant Production. 3(12), 599-607.

Liu, C., Liu, Y., G.K., Fan, D., Li, G., Zheng, Y., Yu, L., Yang, R., 2011. Effect of drought on pigments, osmotic adjustment and antioxidant enzymes in six woody plant species in karst habitats of southwestern China. Environmental and Experimental Botany. 71, 174-183.

Lopes, M., Reynolds, M.O., 2010. Partitioning of assimilates to deeper roots is associated with cooler canopies and increased yield under drought in wheat. Functional Plant Biology. 37, 147-156.

Manivannan, P., Jaleel, C. A., Sankar, B., Kishorekumar, A., Somasundaram, R., Lakshmanan, G. M., Panneerselvam, R., 2007. Growth, biochemical modifications and proline metabolism in (*Helianthus annuus* L.) as induced by drought stress. Colloids Surfaces B: Bio interfaces. 59(2), 141-149.

Masoumi, A., Kafi, M., Khazaei, H.R., Davari, K., 2010. Effect of drought stress on water status, electrolyte leakage and enzymatic antioxidants of Kochia (*Kochia scoparia*) under saline conditions. Pakistan Journal of Botany. 42(5), 3517-3524.

Maydup, M.L., Antonietta, M., Guiamet, J.J, Graciano, C., Lpez, J.R., Tambussi, E.A., 2010. The contribution of ear photosynthesis to grain filling in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Field Crops Research. 119, 48-58 .

Minttler R., 2002. Oxidative stress antioxidant and stress tolerance. Plant Science. 405, 415-417.

Moradi, P., Ford-Lioyd, B., Pritchard, J., 2014. Plant-water responses of different medicinal plant thyme (*Thymus* spp.) species to drought stress condition. Australian Journal of Crop Science. 8(5), 666-673.

Oncel, I., Keles, Y., Ustun, A.S., 2000. Interactive of temperature and heavy metal stress on the growth and some biological compounds in wheat seedling. Environmental Pollution. 107, 315-320.

Rahbarian, R., Khavari-Nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A.R., Najafi, F., 2011. Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water. Acta Biological cracoviensia. Series. Botanica. 53(1), 47-56.

www.SID.ir

Archive of SID

Singh, O., Khanam, Z., Misra, N., Srivastava, M.K., 2011. Chamomile Matricaria chamomilla L: an overview. Pharmacognosy Review. 5(9), 95-82 .

Ulas, A., Behrens, T., Wiesler, F., Horst, W. J., 2015. Defoliation affects seed yield but not N optake & growth rate in two oilseed rape cultivars differing in post-flowering N uptake. Field Crops Research. 179, 1-5.

Wang L., I., Fan, W., Loescher, W., Dunan, G., Liu, J., Cheng, H. Luo., S. Li., 2010. Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under heat stress and accelerates recovery in grapevine leaves, BMC plant Biological. 10, 34-48 .

Wang, W.B., Kim, Y.H.S., Lee, H., Kim, K.Y., Deny, X.P., Kwak, S.S., 2009. Analysis of antioxidant enzyme activity during germination of alfalfa under salt and drought stress. Plant physiology and Biochemistry. 47, 570-577.

Zadoks, J.C., Chang, T.T., Konzak, C.F., 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research. 14, 415-421.

Zhang, H., Turner, N. C., Poole, M. L., 2010. Source-sink balance and manipulating sink-sourse relations of wheat indicate that the yield potential of wheat is sink-limited in high-rainfall zones. Crop and Pasture Science. 61, 852-861.

Zhang, J., Kirkham, M.B., 1995. Water relations of water-stressed, split-root C4 (*Sorghum bicolo*) and C3 (*Helianthus annuus*; Asteraceae). Plants American Journal of Botany. 1220-1229.

Zhenlin, W., Yin, Y., He, M., Cao, H., 1998. Source-sink manipulation effects on post anthesis photosynthesis and grain setting on spik in winter wheat. Photosynthetica. 35(3), 453-459 .

Zhu, G.X., Midmore, D.J., Radford, B.J., Yule, D.F., 2004. Effect of defoliation on wheat (*Triticum aestivum* L.) in central Queensland l. Crop response and yield. Field Crops Research. 88, 211-226.

www.SID.ir

Archive of SID

University of Birjand

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences
Vol. 13, No. 2, pp. 357-369
Summer 2020
http://dx.doi.org/ 10.22077/escs.2019.2108.1520

Original article

Investigation on source size limitation and water stress effects on photosynthetic pigments, enzymatic activity and yield of barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.)

N. Mohavieh Assadi[1], E. Bijanzadeh[2*], A. Behpouri[3]

1. M.Sc. Student of Agroecology Department, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Iran
2. Associate Prof. of Agroecology Department, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Iran
3. Assistant Prof. of Agroecology Department, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Iran

Received 10 December 2018; Accepted 17 February 2019

Abstract

Optimizing the source size and its proper utilization by the sink had a main role in grain yield improvement under water stress conditions. In order to evaluate the effect of different defoliation levels on photosynthetic pigments and enzymatic activity to grain yield improvement of barley cultivars under water stress, a greenhouse experiment was carried out as a factorial based on randomized complete block design with three replications. The treatments included drought stress on two levels as normal irrigation (control) and irrigation cutting off at the beginning of milk development of barley grain, four barley cultivars (Zehak, Nimroz, Reyhan and Khatam) and three defoliation treatments including non-defoliation, defoliation except the flag leaf and defoliation except the flag leaf and penultimate leaf. Results showed that drought stress had significant effect on chlorophyll a and b contents, carotenoid, catalase, peroxidase, biological yield, harvest index and grain yield. Defoliation had significant effect on all traits except the chlorophyll b and groin yield. In all of the defoliation levels chlorophyll a content in Reyhan was more than the other cultivars under drought stress conditions. Also, drought stress and defoliation decreased the amount of carotenoid content 87.71 % in Zehak cultivar. Defoliation except the flag leaf and penultimate leaf caused 98.76% increase in catalase in Reyhan cultivar, under drought stress. On the other hand, defoliation except the flag leaf increased the peroxidase enzyme except the Nimroz cultivar. It appeared that defoliation by increasing the chlorophyll a content and enzymatic activity especially peroxidase caused plant tolerance improvement to water stress in some barley cultivars such as Reyhan, so that defoliation except the flag leaf increased harvest index and grain yield of Reyhan cultivar compared to the other cultivars, significantly when exposed to water stress.

***Keywords*:** Carotenoid, Catalase, Defoliation, Flag leaf, Peroxidase

[*]Correspondent author: Ehsan Bijanzadeh; E-Mail: bijanzd@shirazu.ac.ir.

www.SID.ir