

تأثیر تناوب زراعی و مقادیر بقایای گیاهی بر عملکرد دانه و فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان ارقام مختلف گندم دیم در شرایط کشاورزی حفاظتی

امین عباسی^{۱*}، رامین لطفی^۲، صابر گلکاری^۲

۱- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

۲- موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

چکیده

به منظور بررسی تأثیر تناوب و مقادیر بقایای گیاهی بر صفات عملکرد دانه، محتوای کلروفیل، فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز، فعالیت آیزوآنزیم‌های Fe-SOD، Mn-SOD، Cu/Zn-SOD، فعالیت آنزیم گلوکاتایون ردوکتاز، آسکوربات پراکسیداز، کاتالاز، محتوای پراکسید هیدروژن و مقدار مالون دی آلدئید در پنج رقم جدید گندم دیم، آزمایشی به صورت اسپلیت اسپلیت پلات با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو سال زراعی ۱۳۹۶-۹۷ و ۱۳۹۷-۹۸ در ایستگاه تحقیقاتی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل الف) تناوب: گندم-گندم و علوفه-گندم در کرت‌های اصلی، ب) بقایای گیاهی: بدون پوشش، ۴۰ و ۸۰ درصد پوشش بقایا در کرت‌های فرعی، ج) ارقام گندم: صدرا، هشترود، باران، واران و اوحدی در کرت‌های فرعی- فرعی بودند. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثرات اصلی نوع تناوب، مقادیر بقایای گیاهی و ارقام مورد مطالعه بر اکثر صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. بر اساس مقایسات میانگین صورت گرفته، بیشترین عملکرد دانه (۳۸۰۹/۹ کیلوگرم در هکتار) در تیمار حفظ ۸۰ درصد پوشش بقایای گیاهی در هکتار به همراه تناوب علوفه-گندم در رقم واران حاصل شد. همچنین بیشترین محتوای کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید در تیمار حفظ ۸۰ درصد پوشش بقایای گیاهی در هکتار به همراه تناوب علوفه-گندم مربوط به همین رقم بود. کمترین محتوای پراکسید هیدروژن و پراکسیداسون لیپیدی در تیمارهای حفظ ۸۰ درصد پوشش بقایای گیاهی و ۴۰ درصد پوشش بقایای گیاهی در تناوب علوفه-گندم و رقم واران مشاهده شد. تیمار حفظ بقایای گیاهی ۴۰ درصد بقایا در هکتار به همراه تناوب علوفه-گندم در شرایط دیم در رقم واران به عنوان تیمار برتر از نظر کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی در سطح سلول و حفظ سطح مطلوبی از فعالیت فتوسنتزی و در نتیجه تولید عملکرد دانه بالاتر شناخته شد.

واژه‌های کلیدی: پراکسید هیدروژن، سوپراکسید دیسموتاز، عملکرد دانه، کاتالاز، کلروفیل

مقدمه

بهبود وضعیت رشدی گیاهان به خصوص در سال‌هایی با بارندگی نامتعادل گردد (Busari *et al.*, 2015). کاه و کلش گندم می‌تواند تا ۹۰ درصد وزن خود آب جذب کرده و به مرور در اختیار گیاه قرار دهد (Rahma *et al.*, 2019). ایزوله شدن سطح خاک در حضور بقایای گیاهی سبب تعدیل در بیلان انرژی و کاهش هدر رفت آب نیز می‌گردد (Cheneby *et al.*, 2010). لیو و همکاران (Liu *et al.*, 2017) گزارش کردند که نمو گندم در شرایط کم خاک‌ورزی به دلیل افت دمای خاک با تأخیر مواجه می‌شود، اما این کاهش در طول فصل رشد گیاهان جبران می‌گردد. بقایای گیاهی به عنوان یک جزء اصلی از مواد آلی خاک می‌تواند نقش مهمی در فراهم کردن نیاز گیاهان به عناصر غذایی داشته باشد. در رابطه با بقایای گیاهان زراعی این نکته قابل ذکر است که برای مؤثر بودن روند تجزیه گیاهی بایستی کودهای نیتروژن‌دار به مزرعه اضافه گردد اما در رابطه با بقایای گیاهان لگوم با توجه به سهولت تجزیه نیتروژن موجود در این بقایا افزودن کود شیمیایی چندان ضروری نیست (Chen *et al.*, 2014).

گیاهان زراعی دارای رشد محدود در مرحله‌ی ساقه‌دهی به دلیل رقابت شدید درون گونه‌ای برای به دست آوردن رطوبت از خاک به شدت به تنش‌های کم آبی حساس می‌شوند (Farooq *et al.*, 2009). وقوع کمترین تنش خشکی در این مرحله سبب کاهش ارتفاع بوته، عملکرد زیست توده، تعداد سنبله‌های بارور و نیز کاهش تعداد دانه می‌گردد. مرحله‌ی گلدهی به عنوان حساس‌ترین مرحله‌ی رشدی غلات به تنش خشکی شناخته

گندم (*Triticum aestivum* L.) به عنوان مهمترین و پرمصرف‌ترین گیاه زراعی جهان شناخته می‌شود (Giraldo *et al.*, 2019). در ایران یک و نیم میلیون بهره‌بردار در حدود نیمی از اراضی زراعی کشور، به کشت گندم می‌پردازند (Mesgaran *et al.*, 2017). کوچکترین تغییر در بهبود بهره‌وری گندم می‌تواند تأثیر شگرف اقتصادی و تغذیه‌ای به دنبال داشته باشد. استفاده بهینه از خاک به عنوان مهمترین تأمین‌کننده‌ی منابع غذایی گیاهان می‌تواند در بهبود بهره‌وری تولیدات زراعی تأثیرگذار باشد (Fan *et al.*, 2012). سیستم‌های کشاورزی پایدار، سیستم‌هایی هستند که برای ثبات تولید در دراز مدت و سازگاری محیطی، بر مصرف نهاده‌های کم انرژی و مقادیر کم مواد شیمیایی متکی هستند (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۵). در راستای نیل به کشاورزی پایدار، استفاده از کم خاک‌ورزی یا بی‌خاک‌ورزی به عنوان یک راهکار عملی قابل اجرا در مزارع همواره مورد توصیه می‌باشد (روستا، ۱۳۸۸). در شرایط کم خاک‌ورزی با حفظ بقایای گیاهی و انتخاب زمان و وسیله مناسب خاک‌ورزی می‌توان به دستاوردهای مهمی همچون بهبود تهویه، تخلخل و نفوذپذیری خاک، فراهم شدن شرایط برای نفوذ بهتر و بیشتر نزولات جوی در خاک و توسعه بهتر ریشه گیاه دست یافت (Kováč *et al.*, 2005). رطوبت ذخیره شده در لایه‌های سطحی خاک توسط بقایای گیاهی با بهره‌گیری از روش‌های کم خاک‌ورزی و یا بی‌خاک‌ورزی می‌تواند سبب

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و آنتی‌اکسیدان‌ها وجود دارند که در جمع‌آوری، حذف و کاهش اثرات سوء انواع اکسیژن فعال نقش اساسی بازی می‌کنند. از آنتی‌اکسیدان‌های مهم می‌توان به توکوفرول‌ها، کاروتنوئیدها، گلوکاتیون و اسیدآسکوربیک اشاره کرد. از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نیز می‌توان به سوپراکسید دیسموتاز^۱، کاتالاز^۲، آسکوربات پراکسیداز^۳، گلوکاتیون رداکتاز^۴ و پراکسیداز اشاره کرد (Caverzane *et al.*, 2016). استفاده مناسب و بهینه از تناوب زراعی و سیستم خاک‌ورزی ایده‌آل در دیم زارها از جمله عواملی هستند که می‌توانند در مقدار ذخیره رطوبت خاک و افزایش تحمل به تنش خشکی گیاهان نقش اساسی ایفا نمایند. در همین رابطه، پاناسیویسز و همکاران (۲۰۲۰) به تاثیر نوع تناوب و نوع خاک‌ورزی انتخابی در افزایش تحمل گیاهان زراعی به تنش‌های خشکی احتمالی در اواخر دوره‌ی رشد اشاره نمودند. باوی و همکاران (۲۰۱۴) اذعان داشتند تاثیر نوع خاک‌ورزی بر روی تعدیل فعالیت آنزیم‌های سیستم دفاعی می‌تواند به دلیل تفاوت در میزان ذخیره رطوبت باشد. مرهیج و همکاران (۲۰۱۹) اظهار نمودند که حفظ بقایای گندم با اعمال روش کم خاک‌ورزی در کشتزار ذرت سبب تعدیل فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز و افزایش میزان هورمون ایندول استیک اسید گردید که نتیجه آن را می‌توان در بهبود رشد و نمو و پایداری در افزایش عملکرد ذرت در شرایط اعمال تنش خشکی مشاهده نمود.

می‌شود. کمبود رطوبت در این مرحله سبب کاهش دوره‌ی پر شدن دانه و افت وزن دانه‌ی غلات می‌گردد. از طرفی با افزایش تعداد جنین سقط شده، تعداد دانه در واحد سطح نیز پایین می‌آید (Sehgal *et al.*, 2018). در آزمایش سلام و همکاران (۲۰۱۹)، وقوع تنش خشکی در زمان شروع رشد زایشی در دیم‌زارهای گندم و جو موجب کاهش تعداد و وزن دانه‌ها، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت شد. تنش خشکی با تأثیر بر بسته شدن روزنه‌ها و کاهش دسترسی گیاهان به دی‌اکسید کربن اتمسفری سبب افت میزان فتوسنتز می‌گردد، اما از آنجایی که تابش نور همچنان ادامه دارد، الکترون‌های موجود در فتوسیستم I و II از مسیر اصلی خود منحرف شده و بر روی اکسیژن قرار می‌گیرند (Cruz de Carvalho, 2008). رادیکال‌های سوپر اکسید، پراکسید هیدروژن و هیدروکسیل به ترتیب از انتقال یک، دو و سه الکترون بر روی اکسیژن به وجود می‌آیند (Gill *et al.*, 2010). با توجه به میل واکنش‌پذیری رادیکال‌های تولید شده با انواع بیومولکول‌های سلولی، احتمال خسارات وارده و حتی از بین رفتن سلول‌های صدمه دیده در اثر تنش خشکی وجود دارد (Tripathy and Oelmüller, 2012). انواع اکسیژن فعال به راحتی سبب پراکسیداسیون لیپیدی غشاهای سلولی، تخریب پروتئین‌ها، کلروفیل و اسیدهای نوکلئیک می‌گردد (Cruz de Carvalho, 2008). در گیاهان زراعی سیستم‌های پیچیده‌ای شامل انواع

³ Ascorbate peroxidase (APX)

⁴ Glutathione reductase (GR)

¹ Superoxide dismutase (SOD)

² Catalase (CAT)

و علوفه در کنار مزرعه اصلی، کشت یکنواخت گندم و علوفه در نظر گرفته شد. کشت گیاهان در دو فاز گیاهان تناوبی گندم و ماشک به صورت کم خاک ورزی اجرا شد. متغیرهای هواشناسی ایستگاه مراغه مربوط به سال‌های زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷ در نمودار شماره ۱ آورده شده است. لازم به ذکر است که نمونه‌های خاک از عمق صفر تا ۲۵ سانتی متری مزرعه تهیه و غلظت برخی از عناصر غذایی و سایر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

کاشت توسط بذرکار کاشت مستقیم آسکه مدل ۲۲۰۰ با تراکم ۳۸۰ دانه در متر مربع براساس وزن هزاردانه انجام گرفت. کشت ماشک گلشن در تناوب با گندم به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار انجام گردید. هر کرت آزمایش شامل ۱۳ خط کشت با فاصله بین خطوط ۱۷/۵ سانتی متر (عرض کار دستگاه بذرکار ۲/۲ متر) در طول ۱۰ متر بود. در طول فصل زراعی کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر به میزان ۴۰ و ۱۵ کیلوگرم در هکتار (دستورالعمل فنی موسسه تحقیقات کشاورزی دیم) و همزمان با کاشت مصرف گردید.

برای اندازه‌گیری پارامترهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیک از دو برگ جوان انتهای بوته در مرحله گلدهی (کد ۶۹ براساس مقیاس زادوکس) نمونه تهیه و بلافاصله در نیتروژن مایع قرار داده شدند. برای اندازه‌گیری صفات مورد بررسی نمونه‌ها به آزمایشگاه پژوهشی گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه مراغه انتقال یافتند. جهت استخراج آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و گلوکاتایون

کاهش رطوبت موجود در خاک و بروز تنش خشکی در مزارع گندم می‌تواند به صورت مستقیم با نوع خاک ورزی و بقایای گیاهی موجود در زمین مرتبط باشد. بدیهی است که افزایش میزان رطوبت ذخیره شده در دیم‌زارها می‌تواند در کاهش اثرات سوء تنش خشکی تأثیرگذار باشد. عملکرد سیستم دفاعی گیاهان زراعی همواره به عنوان شاخصی بسیار مهم در ارزیابی وضعیت گیاهان تحت تأثیر تنش‌های مختلف شناخته می‌شود (Isah, 2019). لذا پژوهش حاضر با هدف ارزیابی و بررسی تغییرات در عملکرد سیستم دفاعی ارقام مختلف گندم دیم در تناوب زراعی گندم-علوفه-گندم در حضور مقادیر متفاوت بقایای گیاهی انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به صورت اسپلیت اسپلیت پلات با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه به مدت دو سال زراعی (۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷) اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل: الف) تناوب: گندم-گندم و علوفه-گندم در کرت‌های اصلی، ب) بقایای گیاهی: بدون پوشش، ۴۰ و ۸۰ درصد پوشش بقایا در کرت‌های فرعی ج) پنج رقم گندم: صدرا، هشترو، باران، واران و اوحدی در کرت‌های فرعی- فرعی (ویژگی ارقام در جدول شماره ۳ آورده شده است) بودند. جهت آماده سازی زمین آزمایش از گاواهن قلمی غلتک‌دار استفاده شد. برای اعمال تیمار بقایای مختلف گندم

نیاز برای اکسید کردن یک میلی مول اسید اسکورییک در هر دقیقه در نظر گرفته شد. کمپلکس واکنشی شامل بافر فسفات، آسکوربات، EDTA، آب دو بار تقطیر، پراکسید هیدروژن و محلول آنزیمی استخراج شده بود. جذب با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-2100-vis) انجام و میزان فعالیت با استفاده از ضریب خاموشی cm^{-1} $2/8 \text{ mmol}^{-1}$ محاسبه شد (Sairam *et al.*, 1998). برای اندازه گیری میزان فعالیت آنزیم گلوکاتایون ردوکتاز، پس از هضم و سانتریفیوژ کردن نمونه‌ها، کمپلکس واکنشی شامل بافر فسفات و EDTA تهیه و فعالیت آنزیم به روش آرورا و همکاران (۲۰۰۲) اندازه گیری شد. براساس این روش گلوکاتایون اکسید شده توسط آنزیم گلوکاتایون ردوکتاز در حضور NADPH به فرم گلوکاتایون احیا تبدیل می‌شود. کاهش جذب در طول موج ۳۴۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-2100-vis) به مدت یک دقیقه ثبت شد و با استفاده از ضریب خاموشی $6/22 \text{ } \mu\text{m}^{-1}\text{cm}^{-1}$ به دست آمد.

میزان مالون دی آلدهاید بر اساس روش استوارت و بولی (Stewart and Bewley, 1980) و بولی اندازه گیری شد. نمونه‌های برگگی بعد از هضم توسط ازت مایع به مدت ۱۰ دقیقه در $15000 \times \text{g}$ سانتریفیوژ گردیدند. کمپلکس واکنشی شامل تری کلرواستیک اسید و تیوباربتوریک اسید تهیه و پس از انتقال به حمام آب سرد مجدداً سانتریفیوژ و جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-2100-vis) اندازه گیری شد. میزان مالون دی آلدهاید از

ردوکتاز، ۰/۵ گرم از نمونه برگگی با استفاده از نیتروژن مایع هموژن شد و سپس به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ گردید (Sairam *et al.*, 1998). به منظور اندازه گیری میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز و آیزوایزیم‌های آن از روش مورد اشاره توسط سایروم و همکاران (Sairam *et al.*, 2002) استفاده گردید. بر اساس این روش کمپلکس واکنشی شامل کربنات سدیم، متیونین، EDTA، بافر فسفات پتاسیم، آب مقطر و آنزیم استخراجی تهیه شد. واکنش با اضافه کردن ریوفلاوین آغاز و پس از توقف واکنش میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۶۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-2100-vis) قرائت شد.

فعالیت آنزیم کاتالاز از طریق اندازه گیری میزان کاهش جذب ناشی از تجزیه‌ی سوبسترای پراکسید هیدروژن به روش ایبی (۱۹۸۴) اندازه گیری شد. کمپلکس واکنشی شامل بافر فسفات پتاسیم، پراکسید هیدروژن، آب دو بار تقطیر و محلول آنزیمی تهیه شد. یک واحد فعالیت آنزیم کاتالاز به عنوان مقدار آنزیم مورد نیاز برای تجزیه یک میکرو مول سوبسترای پراکسید هیدروژن به صورت نور جذبی در طول موج ۲۹۰ نانومتر در یک دقیقه قرائت و با استفاده از ضریب خاموشی $36/6 \text{ mmol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ میزان فعالیت آنزیم محاسبه شد.

فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز با کاهش جذب اسید آسکوربیک طی ۱ دقیقه در طول موج ۲۹۰ نانومتر محاسبه شد. یک واحد فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز به عنوان مقدار آنزیم مورد

جهت اندازه گیری وزن هزار دانه، با استفاده از ترازوی حساس از میانگین وزن دو نمونه تصادفی صد تایی از دانه های برداشت شده از هر کرت استفاده گردید. بدین صورت که ابتدا از وزن دو نمونه میانگین گرفته شد و به وزن هزار دانه تبدیل شد.

پیش از تجزیه واریانس، نرمال بودن توزیع داده ها، خطاها و افزایشی بودن اثر بلوک در تیمار بررسی گردید. مقایسه میانگین صفات مورد بررسی توسط آزمون چند دامنه ای دانکن (LSD) در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

تجزیه و تحلیل داده ها توسط نرم افزار آماری GenStat12 انجام شد. و برای رسم نمودار ها از نرم افزار SPSS و برنامه Excel استفاده شد.

اختلاف بین موج های جذبی و ضریب خاموشی $1\text{ cm}^{-1}\text{ mmol}^{-1}$ به دست آمد.

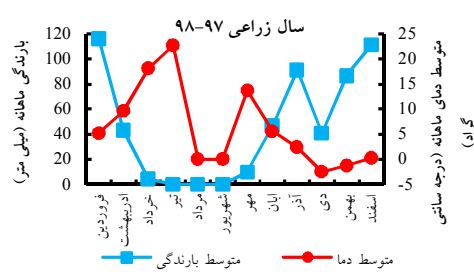
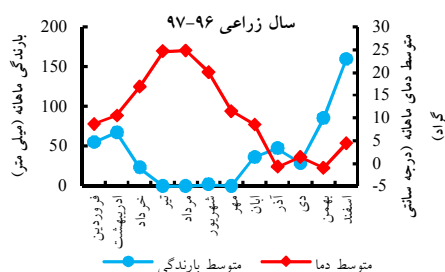
به منظور تخمین میزان پراکسید هیدروژن^۱ نمونه های هضم شده به همراه تری کلرواستیک اسید سانتیفریژ و کمپلکس واکنشی شامل محلول سوپرناتانت، بافر فسفات و یدید پتاسیم تهیه و ثبت میزان جذب در طول موج ۳۹۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-2100-vis) انجام شد (Chen et al., 2000).

مقادیر کلروفیل a، b^۳ و کاروتنوئید^۴ کل بر اساس معادلات ولبورن (Wellburn, 1994) و کلروفیل کل طبق معادله آرنون (Arnon, 1949) محاسبه گردید.

عملکرد دانه با برداشت تصادفی پنج نمونه در سطح کادر یک متر مربع از هر کرت (مجموعاً ۵ متر مربع از ۲۲ متر مربع) تعیین گردید.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در عمق صفر الی ۲۵ سانتی متری قبل از اجرای آزمایش

سال زراعی	pH	درصد اشباع	مواد خنثی شونده	کربن آلی	نیترژن کل	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	شن	سیلت	رس
۹۷-۹۶	۷/۸	۵۲/۰	۷/۴	۰/۷۲	۰/۱۴	۱۰/۱	۶۶۱	۴۰	۴۳	۱۷



نمودار ۱- آمار هواشناسی سال های زراعی ۹۶-۹۷ و ۹۷-۹۸ محل اجرای آزمایش

³ Chlorophyll b
⁴ Carotenoid (CAR)

¹ Hydrogen peroxide (H₂O₂)
² Chlorophyll a

جدول ۲- ویژگی های مهم ارقام گندم نان

خصوصیات	باران	واران	صدرا	هشترود	اوحدی
سال معرفی	۱۳۹۳	۱۳۹۷	۱۳۹۵	۱۳۹۴	۱۳۸۹
تیپ رشدی	زمستانه	زمستانه	زمستانه	زمستانه	زمستانه
منشاء	سیمیت	ایران	ایران	ایران	ایران
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	۲۳۸۳	۲۲۵۵	۲۰۵۱	۱۹۳۷	۲۱۶۰
وزن هزار دانه (گرم)	۳۷	۴۰	۳۵	۳۷	۳۸
زنگ زرد	نیمه حساس	نیمه مقاوم	نیمه حساس	نیمه حساس	نیمه حساس

نتایج و بحث

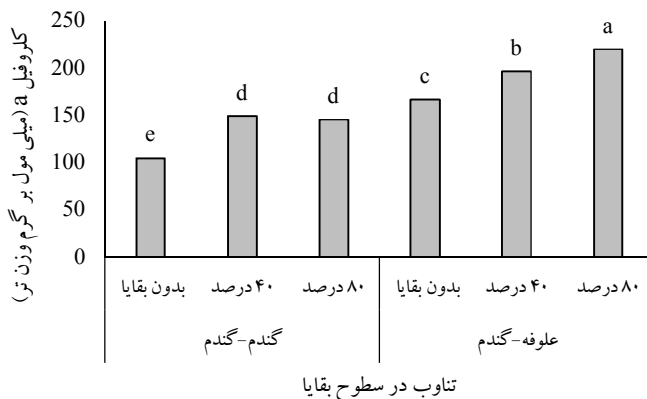
پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس صفات مورد بررسی انجام شد جداول تجزیه واریانس در متن مقاله ارائه نشده است. با توجه به جدول تجزیه واریانس مقایسه میانگین‌ها انجام شد. مقایسه میانگین اثر برهمکنش دوگانه اعمال تناوب زراعی و مقادیر بقایای گیاهی نشان داد که بالاترین میزان کلروفیل a با مقدار ۲۲۰ میلی‌مول بر گرم وزن تر مربوط به تیمار تناوب علفه-گندم و ۸۰ درصد پوشش بقایای گیاهی و کمترین مقدار آن به میزان ۱۰۵/۱ میلی‌مول بر گرم وزن تر در تیمار تناوب زراعی گندم-گندم با عدم پوشش بقایای گیاهی مشاهده شد (نمودار ۲). تیمار ۸۰ درصد بقایای گیاهی نسبت به تیمار شاهد (عدم پوشش بقایای گیاهی) موجب افزایش ۵۲/۲ درصدی مقدار کلروفیل a گردید. همچنین، ۴ درصد پوشش بقایای گیاهی نسبت به تیمار شاهد توانست ۱۵/۲۸ درصد محتوای کلروفیل گیاهان را بهبود بخشد.

در بین ارقام مورد مطالعه، رقم وارون در هر دو تناوب توانست بیشترین مقدار کلروفیل a را به خود

اختصاص دهد (جدول ۳). حفظ بقایای گیاهی به عنوان تنها منبع ماده آلی خاک می‌تواند سبب فراهمی عناصر غذایی و در دسترس قرار گرفتن مواد معدنی برای گیاهان کشت بعدی گردد. افزایش مقدار کلروفیل برگ با کاربرد بقایای گیاهان مختلف توسط پژوهشگران متعددی گزارش شده است (Raheem Lahmod *et al.*, 2019; Mupangwa *et al.*, 2019). آهن و منیزیم به عنوان دو عنصر مهم و اساسی در سنتز کلروفیل می‌توانند با تجزیه بقایای گیاهی در اختیار گیاهان قرار گیرد (عباسی و عنایتی، ۱۳۹۳). گماچ و همکاران (۲۰۲۰) بیان داشتند که مخلوط کردن کامل بقایای سطح خاک به مراتب از بجا گذاشتن بقایا در سطح خاک می‌تواند تأثیر بیشتری بر روی آزاد سازی عناصر غذای داشته باشد، اما نسبت C/N بقایای گیاهی بسیار بیشتر از سایر عوامل می‌تواند در آزادسازی مواد غذایی درون بقایا مؤثر باشد. در همین زمینه گیمیر و همکاران (Ghimire *et al.*, 2017) اظهار داشتند که میزان آزاد سازی مواد غذایی در بقایای گیاهان علفه‌ای به دلیل نسبت مناسب C/N بسیار راحت‌تر و بیشتر از بقایای سایر گیاهان بخصوص کاه و کلش گندم صورت

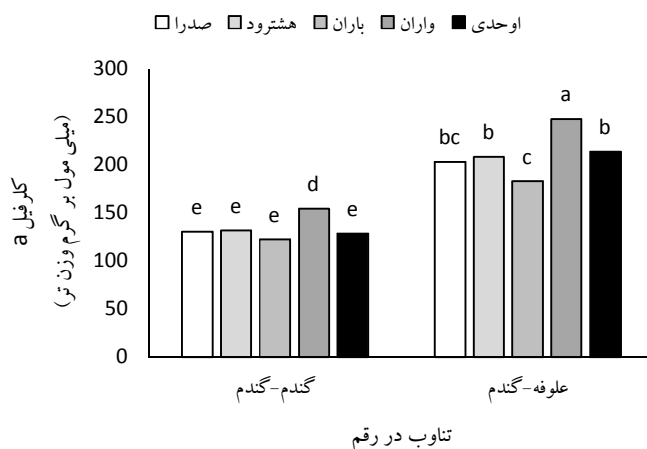
شود. از طرفی به دلیل فراهمی رطوبت در خاک جذب و انتقال عناصر آزاد شده بسیار راحت تر از سایر تیمارها انجام و افزایش سنتر کلروفیل سبب بالا رفتن محتوای غلظت کلروفیل این گیاهان گردیده است (Sharma et al., 2019).

می پذیرد. در این پژوهش تناوب علوفه-گندم و بکارگیری ۸۰ درصد پوشش بقایای گیاهی احتمالاً به دلیل وجود نیتروژن موجود در بقایای گیاهان علوفه‌ای توانسته است سبب تسریع فرآیند تجزیه و در دسترس قرارگیری عناصر غذایی برای گیاهان



LSD 5%=6.70

نمودار ۲- مقایسه میانگین اثر برهمکنش دو جانبه‌ی تناوب زراعی و مقادیر بقایای گیاهی بر شاخص کلروفیل a



LSD5%= 9.48

نمودار ۳- مقایسه میانگین اثر برهمکنش دو جانبه‌ی تناوب زراعی و ارقام مورد مطالعه بر شاخص کلروفیل در شرایط کشاورزی حفاظتی در سال های زراعی ۱۳۹۶-۹۷ و ۱۳۹۷-۹۸

a می‌باشد (Urban et al., 2017). دلیل آن می‌تواند تخریب غشاهای کلروپلاستی در زمان وقوع تنش رطوبتی باشد (Ristic et al., 1991). اثر برهمکنش سه گانه اعمال تناوب زراعی، کاربرد مقادیر متفاوت بقایای گیاهی و ارقام متفاوت گندم نشان داد، که بالاترین میزان کاروتنوئید با مقدار ۲۶۹/۵ میلی‌مول بر گرم وزن تر مربوط به تیمار ۸۰ درصد پوشش بقایای گیاهی در تناوب علوفه-گندم و رقم واران بود. کمترین مقدار این پارامتر نیز مربوط به تیمار عدم پوشش بقایای گیاهی در تناوب زراعی گندم-گندم برای تمامی ارقام مورد مطالعه بود (جدول ۳). تیمار ۴۰ درصد بقایای گیاهی در این پژوهش توانست مقدار کاروتنوئید را از ۸۶/۲۲ میلی‌مول بر گرم وزن تر در تیمار عدم پوشش بقایای گیاهی در تناوب گندم-گندم رقم واران به ۱۱۸/۱۳ میلی‌مول بر گرم وزن تر در تیمار ۴۰ درصد پوشش بقایای گیاهی در همان شرایط برای رقم واران برساند. بالا بودن میزان کاروتنوئید در اندام هوایی گیاهان می‌تواند سیستم فتوسنتزی گیاهان را از احتمال پراکسیده شدن توسط انواع اکسیژن فعال محافظت کند. از طرفی بالا بودن میزان کلروفیل b و کاروتنوئیدها همبستگی مثبتی باهم دارند (Lachowicz et al., 2018). همچنین در این پژوهش نیز بیشترین مقدار کلروفیل b و کاروتنوئید هر دو در تیمار ۸۰ درصد پوشش بقایای گیاهی در تناوب علوفه-گندم و رقم واران مشاهده شد و کاهش مقدار کاروتنوئید در تیمار عدم پوشش بقایای گیاهی و تناوب زراعی گندم-گندم سبب افزایش صدمات احتمالی به دیواره کلروپلاست و افت میزان کلروفیل b شده

مقایسه میانگین اثرات برهمکنش سه گانه اعمال تناوب زراعی، کاربرد مقادیر متفاوت بقایای گیاهی و استفاده از ارقام متفاوت گندم نشان داد، که بالاترین میزان کلروفیل b با مقدار ۱۴۵/۸ میلی‌مول بر گرم وزن تر مربوط به تیمار ۸۰ درصد پوشش بقایای گیاهی در تناوب علوفه-گندم و رقم واران بود. کمترین میزان این پارامتر نیز با مقدار ۲۵/۹۲ میلی‌مول بر گرم وزن تر مربوط به تیمار عدم پوشش بقایای گیاهی در تناوب زراعی گندم-گندم در رقم واران بود (جدول ۳). براساس مقایسات میانگین انجام شده، در بین ارقام مورد مطالعه، رقم واران توانست میزان کلروفیل b خود را در تمامی تناوب‌های زراعی و مقادیر مصرف بقایای گیاهی بالا نگه دارد. میزان بالای غلظت کلروفیل در رقم واران با بالا بودن پتانسیل ژنتیکی این رقم در بهبود سطح سبزه، بالا بودن سرعت جوانه‌زنی و کارایی مناسب فتوسنتزی قابل تفسیر است. بالا بودن میزان کلروفیل a و b احتمالاً در بالا رفتن عملکرد بیولوژیکی و اقتصادی این رقم نیز تأثیرگذار بوده است. همان‌طوری که ذکر گردید، کمترین مقدار محتوای کلروفیل b در تیمار عدم پوشش بقایای گیاهی در تناوب زراعی گندم-گندم و رقم واران مشاهده شد. کاهش مقدار کلروفیل در طی وقوع تنش خشکی و بروز پیری زود هنگام در سایر گیاهان نیز گزارش شده است (Nikolaeva et al., 2010; Xu et al., 2020). با توجه به کاهش میزان رطوبت ذخیره شده در تیمار بدون تناوب، احتمال بروز تنش خشکی محتمل‌تر هست. میزان افت محتوای کلروفیل b در اثر بروز تنش کم آبی بیشتر از میزان افت محتوای کلروفیل

جدول ۳- مقایسات میانگین بر همکنش سه گانه تناوب، بقایای گیاهی و رقم صفات بیوشیمیایی و کلروفیل گندم در شرایط کشاورزی حفاظتی در سال های زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷

تناوب	بقایای گیاهی	رقم	کلروفیل b (میلی مول بر گرم وزن تر)	کارتونید (میلی مول بر گرم وزن تر)	سوپراکسید دیسموتاز (واحد آنزیمی بر میلی گرم پروتئین)	Cu/Zn-SOD (واحد آنزیمی بر میلی گرم پروتئین)	Fe-SOD (واحد آنزیمی بر میلی گرم پروتئین)	آسکوربات پراکسیداز (واحد آنزیمی بر میلی گرم پروتئین)
		صدرا	۲۹/۱۲	۷۴/۷۴	۹/۹۵	۱/۳۵	۶/۳۷	۰/۵۷۴
		هشترود	۲۸/۹۵	۷۵/۷۵	۹/۶۳	۱/۴۲	۶/۰۲	۰/۶۱۱
	بدون بقایا	باران	۲۵/۹۲	۷۴/۴	۸/۰۳	۱/۱۶	۵/۴۹	۰/۴۲۸
		واران	۴۳/۲۷	۸۶/۲۲	۱۰/۱۹	۱/۵۱	۶/۵۶	۰/۸۸۴
		اوحدی	۲۹/۶۱	۷۷/۴۲	۸/۸۷	۱/۳۴	۵/۹۳	۰/۵۷۵
گندم- گندم	۴۰ درصد پوشش	صدرا	۳۹/۰۵	۹۷/۹۷	۱۳	۱/۷۹	۸/۳۳	۰/۷۳
		هشترود	۳۴/۳۹	۱۰۳/۰۲	۱۳/۱	۱/۹۴	۸/۴۴	۰/۷۸
		باران	۳۵/۰۱	۹۰/۴۴	۱۱/۲۷	۱/۴۸	۷/۶۶	۰/۵۶
		واران	۶۱/۰۵	۱۱۸/۱۳	۱۳/۶۳	۱/۸۳	۹	۰/۸۸
		اوحدی	۳۵/۰۱	۹۵/۹۵	۱۳/۰۳	۱/۷۹۸	۸/۴۷	۰/۸۶
۸۰ درصد پوشش	صدرا	۴۱/۰۷	۹۴/۹۴	۱۲/۸۱	۱/۷۸	۸/۲۵	۰/۷۷	
	هشترود	۳۷/۰۳	۹۹/۲۱	۱۳/۳۴	۱/۶۹	۹/۰۴	۰/۸۴	
	باران	۳۵/۰۳	۹۰/۳	۱۰/۹۶	۱/۷۱	۶/۸۳	۰/۵۳	
	واران	۵۸/۹۲	۱۲۴/۱۹	۱۴/۳۳	۲/۱۸	۸/۹۶	۰/۹۹	
	اوحدی	۳۱/۹۸	۹۳/۹۳	۱۳/۰۲	۱/۶۴	۸/۵۵	۰/۹۳	
بدون بقایا	صدرا	۶۵/۶۵	۱۱۴/۱۴	۱۰/۹۶	۱/۲۳	۶/۶۸	۰/۷۹	
	هشترود	۶۸/۶۸	۱۱۹/۱۹	۱۰/۷	۱/۳۹	۶/۴۷	۰/۷۸	
	باران	۶۰/۶۴	۱۳۸/۴۷	۱۴/۲۸	۱/۹۱	۸/۱۲	۰/۶۴	
	واران	۹۹/۳۲	۱۸۸/۷۲	۱۷/۴۲	۱/۲	۱۱/۱۲	۱/۴۹	
	اوحدی	۸۱/۱	۱۳۴/۲۹	۱۳/۳۴	۱/۶۸	۸/۸۳	۱/۴۳	
علوفه- گندم	صدرا	۹۸/۹۸	۲۰۳/۳۶	۱۳/۶۷	۲/۰۳	۸/۴۱	۱/۲۶	
	هشترود	۹۷/۶۳	۱۸۸/۲۵	۱۳/۳۴	۱/۸۷	۸/۲۷	۱/۳۷	
	باران	۸۸/۸۸	۱۲۸/۶۱	۱۰/۸۶	۱/۳۱	۶/۴۶	۱/۱۰	
	واران	۱۳۵/۶۳	۲۲۹/۳۶	۱۸/۰۵	۲/۱۹	۱۱/۹	۲/۱۷	
	اوحدی	۹۵/۹۵	۱۶۸	۱۳/۹۸	۱/۸۱	۸/۹۱	۱/۵۶	
۸۰ درصد پوشش	صدرا	۸۶/۸۶	۱۷۱/۰۳	۶/۳۵	۰/۵۸۱	۳/۳۴	۱	
	هشترود	۹۶/۸۱	۲۰۰/۳۲	۶/۳۱	۰/۶۶۴	۳/۳۵	۰/۹۴	
	باران	۹۱/۵۶	۱۷۱/۴۴	۱۲/۱	۲/۱۲۷	۶/۴۷	۱/۶۷	
	واران	۱۴۵/۸	۲۶۹/۵	۱۰/۷۲	۱/۶۸	۴/۵۴	۱/۸	
	اوحدی	۱۱۳/۱۳	۲۳۸/۳۵	۶/۲۴	۰/۴۷	۳/۴۱	۰/۹۲	
	LSD 5%	۶/۱۲۴	۸/۴۵۷	۲/۰۸۹	۰/۱۹۸	۱/۵۳۷	۰/۲۷۷۵	

فعالیت آن نسبت به دو آیزوزایم دیگر حائز اهمیت بیشتری می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس میزان فعالیت آیزوزایم Cu/Zn-SOD نشان داد که برهمکنش سه جانبه‌ی تیمارهای مورد مطالعه بر روی میزان فعالیت این آنزیم در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است. بالاترین میزان فعالیت این آیزوزایم با مقدار ۲/۱۹ واحد آنزیمی بر میلی‌گرم پروتئین مربوط به تیمار ۴۰ درصد پوشش بقایای گیاهی در تناوب علفه-گندم در رقم واران بود که با تیمار ۸۰ درصد پوشش بقایای گیاهی در تناوب گندم-گندم در رقم واران تفاوت معنی‌داری نداشت. با توجه به برتری پتانسیل ژنتیکی رقم واران نسبت به سایر ارقام مورد مطالعه احتمالاً دلیل کارا بودن این رقم در جذب عنصر روی میزان فعالیت بیشتر آیزوزایم Cu/Zn-SOD نسبت به سایر ارقام می‌باشد. کمترین میزان فعالیت این آنزیم نیز به میزان ۰/۵۸ واحد آنزیمی بر میلی‌گرم پروتئین مربوط به تیمارهای عدم پوشش بقایای گیاهی در تناوب زراعی گندم-گندم در رقم صدرا بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر برهمکنش سه گانه تناوب، بقایای گیاهی و رقم بر میزان فعالیت آیزوزایم Fe-SOD. نشان داد که بیشترین میزان فعالیت این آیزوزایم به مقدار ۱۱/۹ واحد آنزیمی بر میلی‌گرم پروتئین مربوط به تیمار ۴۰ درصد پوشش بقایای گیاهی در تناوب علفه-گندم و رقم واران. و کمترین میزان فعالیت آن به میزان ۳/۳۴ واحد آنزیمی بر میلی‌گرم پروتئین مربوط به تیمارهای ۸۰ درصد پوشش بقایای گیاهی در هکتار در تناوب زراعی گندم-گندم و رقم صدرا بود (جدول ۳). بیشترین مقادیر فعالیت آیزوزایم

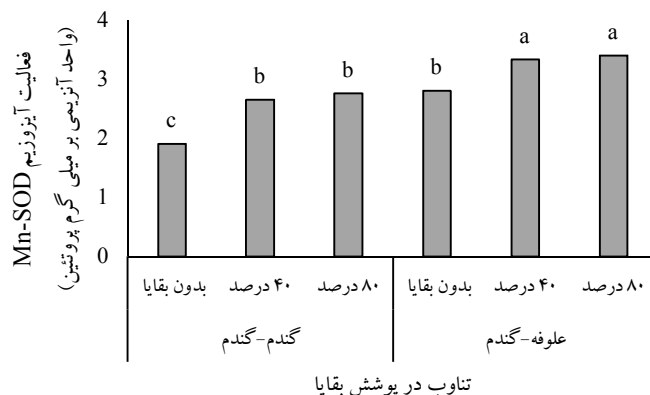
است (جدول ۳). گریسیس و همکاران (۱۹۸۸) گزارش کردند که با کاربرد تناوب زراعی در مزارع گندم زمستانه میزان رنگیزه‌های مورد بررسی افزایش معنی‌داری را نشان دادند که با عملکرد اقتصادی رابطه‌ی مستقیمی دارد. به نظر می‌رسد ویژگی محافظت نوری این رنگیزه‌ها در اوایل دوره رشد توانسته از سیستم‌های فتوسنتزی در مقابل حملات انواع اکسیژن فعال، محافظت و سبب انتقال الکترون در مسیر اصلی خود شود.

مقایسه میانگین اثر برهمکنش سه گانه تناوب، بقایای گیاهی و رقم نشان داد، که بیشترین میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز به میزان ۱۸/۰۵ واحد آنزیمی بر میلی‌گرم پروتئین مربوط به تیمار ۴۰ درصد پوشش بقایای گیاهی در تناوب علفه-گندم در رقم واران و کمترین میزان فعالیت این آنزیم نیز به میزان ۶/۳۱ واحد آنزیمی بر میلی‌گرم پروتئین مربوط به تیمارهای عدم پوشش بقایای گیاهی در تناوب زراعی علفه-گندم و رقم هشترو بود (جدول ۳).

در شرایط بروز تنش خشکی، به دلیل انسداد روزنه‌ها، انجام فتوسنتز با مشکل مواجه می‌شود. کاهش تثبیت دی اکسید کربن اتمسفری باعث احیای شدید زنجیره انتقال الکترون می‌گردد. با توجه به پتانسیل ردوکس اکسیژن و فراهمی آن در داخل سلول، الکترون‌ها به راحتی بر روی آن انتقال می‌یابند. رادیکال سوپر اکسید اولین رادیکالی هست که در طی انتقال الکترون بر روی اکسیژن تولید می‌شود (Phaniendra *et al.*, 2015). در بین آیزوزایم‌ها، آیزوزایم Cu/Zn-SOD به دلیل سرعت بالاتر تبدیل رادیکال سوپراکسید و مکان

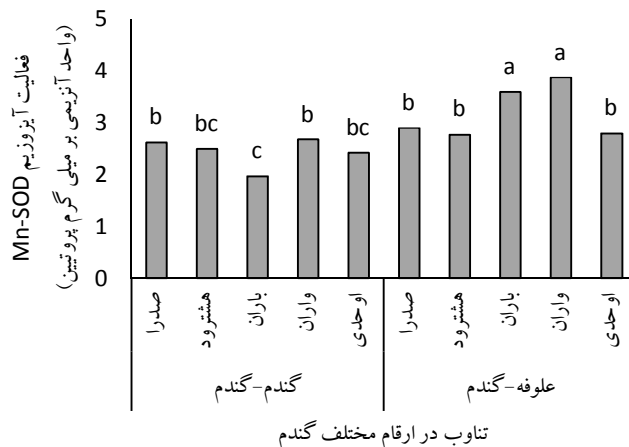
فعالیت این آیزوزایم مربوط به ارقام واران و باران در تناوب علوفه-گندم و کمترین مقدار آن مربوط به رقم باران در تناوب گندم-گندم بود (شکل ۵).

Mn-SOD در تیمارهای ۸۰ و ۴۰ درصد بقایای گیاهی در تناوب علوفه-گندم و کمترین میزان آن مربوط به تیمار عدم پوشش بقایای گیاهی در تناوب گندم-گندم بود (جدول ۴). بیشترین مقدار



LSD5%=0.1986

نمودار ۴- مقایسه میانگین اثر برهمکنش دو جانبه‌ی تناوب زراعی و مقادیر بقایای گیاهی بر فعالیت آیزوزایم Mn-SOD در شرایط کشاورزی حفاظتی در سال های زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷



LSD 5%=0.3952

نمودار ۵- مقایسه میانگین اثر برهمکنش دو جانبه‌ی تناوب زراعی و ارقام مورد بررسی بر فعالیت آیزوزایم Mn-SOD در شرایط کشاورزی حفاظتی در سال های زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷

(Gmach *et al.*, 2020). نقش ویژگی‌های بقایای گیاهی در شرایط تنش خشکی بیشتر از سایر شرایط می‌باشد و تا حدودی اثرات مضر تنش رطوبتی را کاهش می‌دهد.

نتایج مقایسات میانگین نشان داد که بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز با مقدار ۰/۹۸ واحد آنزیمی بر میلی‌گرم پروتیین مربوط به تیمار ۴۰ درصد پوشش بقایای گیاهی در تناوب علوفه-گندم و رقم واران و کمترین میزان آن مربوط به تیمار ۴۰ درصد پوشش بقایای گیاهی در تناوب علوفه-گندم و رقم هشترو و تناوب علوفه-گندم بود (جدول ۴). با توجه به افزایش میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار ۴۰ درصد پوشش بقایای گیاهی و تناوب علوفه-گندم در رقم واران انتظار بر این است که افزایش میزان فعالیت آنزیم کاتالاز از میزان تجمع پراکسید هیدروژن در این تیمار کاسته باشد.

نتایج مقایسات میانگین برهمکنش سه گانه فاکتورهای مورد مطالعه بر روی میزان فعالیت آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز نشان داد که بیشترین میزان فعالیت این آنزیم با مقدار ۳/۱۳ واحد آنزیمی بر میلی‌گرم پروتیین مربوط به تیمار عدم پوشش بقایای گیاهی در تناوب علوفه-گندم در رقم واران و کمترین میزان آن با ۰/۷۹ واحد آنزیمی بر میلی‌گرم پروتیین مربوط به تیمار ۸۰ درصد پوشش بقایای گیاهی در هکتار در تناوب علوفه-گندم در رقم هشترو بود (جدول ۴). تبدیل گلوکاتایون اکسید به گلوکاتایون احیا در چرخه‌های مهلر، گزانتوفیل و آسکوربات گلوکاتایون توسط آنزیم گلوکاتایون ردوکتاز انجام می‌شود (Yousuf *et al.*, 2012). آنزیم گلوکاتایون ردوکتاز نقش

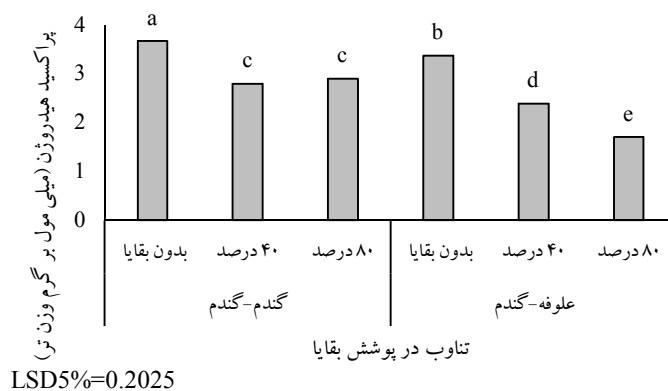
نتایج مقایسه میانگین برهمکنش سه جانبه‌ی فاکتورهای مورد بررسی بر روی میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز نشان داد که بیشترین میزان فعالیت این آنزیم با مقدار ۲/۱۷ واحد آنزیمی بر میلی‌گرم پروتیین مربوط به تیمار ۴۰ درصد پوشش بقایای گیاهی در تناوب علوفه-گندم و رقم واران و کمترین میزان آن به مقدار ۰/۴۲۸ واحد آنزیمی بر میلی‌گرم پروتیین مربوط به تیمار عدم پوشش بقایای گیاهی در تناوب گندم-گندم و رقم باران بود (جدول ۳). زراعت‌های تک کشتی و برداشت کاه و کلش موجود در کشتزارها سبب خروج مقادیر قابل ملاحظه‌ای از عناصر غذایی از خاک می‌گردد. این درحالی است که کمبود عناصر غذایی در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک همانند ایران از سایر مناطق دنیا بیشتر می‌باشد. در همین راستا طبق گزارش‌های چن و همکاران (Chen *et al.*, 2014) ۵۰ الی ۸۰ درصد از عناصر ریز مغذی جذب شده توسط گندم می‌تواند در نتیجه‌ی ترکیب بقایای گیاهی با خاک دوباره به خاک برگردد. بنابراین یکی از ویژگی‌های حفظ بقایای گیاهی در کشتزارها برگشت عناصر غذایی به خاک هست. این در حالی می‌باشد که فراهمی رطوبت در شرایط حفظ بقایای گیاهی سبب بهبود قابلیت جذب عناصر غذایی نیز می‌گردد (Schoenau and Campbell, 1996). خاک‌ورزی حفاظتی و حضور بقایای گیاهی علاوه بر افزایش فعالیت میکروبی خاک، کاهش دمای خاک، افزایش میزان کربن و رطوبت ذخیره شده در فراهمی عناصر غذایی نیز می‌تواند نقش اساسی ایفا کند

مهمی در جمع‌آوری پراکسید هیدروژن و حفظ گلوکوتایون احیا بازی می‌کند (Rahantaniaina et al., 2017). با توجه به بروز تنش خشکی در شرایط عدم پوشش بقایای گیاهی، افزایش میزان فعالیت این آنزیم در شرایط تنش ملایم و کاهش فعالیت آن در شرایط تنش خشکی شدید توسط سایروم و همکاران (Sairam et al., 2002) گزارش شده است. با توجه به افزایش میزان فعالیت آنزیم گلوکوتایون ردوکتاز در تیمار ۴۰ درصد پوشش بقایای گیاهی و تناوب علوفه-گندم در رقم واران انتظار بر این است که میزان گلوکوتایون اکسید شده‌ی بیشتری بتواند به گلوکوتایون احیا شده تبدیل گردد و سبب افت تجمع پراکسید هیدروژن در گیاهان مورد مطالعه در این تیمار گردد.

با بررسی برهمکنش دو جانبه‌ی تناوب زراعی و مقادیر بقایای گیاهی مشاهده شد که بیشترین محتوای پراکسید هیدروژن به تیمارهای عدم پوشش بقایای گیاهی در هر دو تناوب مورد مطالعه و کمترین میزان تجمع این ماده نیز در تیمار ۸۰ درصد پوشش بقایای گیاهی در تناوب علوفه گندم مشاهده شد (شکل ۶). با توجه به این نتایج می‌توان اظهار داشت که حفظ بقایای گیاهی در کاهش تجمع این ماده سمی نقش مهمی دارد. تجمع پراکسید هیدروژن در هر دو تناوب مورد بررسی با افزایش پوشش بقایای گیاهی کاهش یافت، اما روند کاهشی در تناوب علوفه-گندم به مراتب بیشتر از تناوب گندم-گندم بود. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش دو جانبه‌ی کاربرد بقایای گیاهی و ارقام مورد بررسی نشان داد که بیشترین

مقدار تجمع پراکسید هیدروژن مربوط به ارقام باران و اوحدی در شرایط عدم پوشش بقایای و کمترین مقدار آن نیز مربوط به رقم واران و تیمار ۸۰ درصد پوشش بقایای گیاهی بود (شکل ۷). اثر برهمکنش دو جانبه‌ی تناوب‌های زراعی و ارقام مورد بررسی نشان داد که رقم اوحدی در تناوب گندم-گندم دارای بیشترین تجمع پراکسید هیدروژن و رقم واران در تیمار علوفه-گندم کمترین تجمع این ماده را داشت. به نظر می‌رسد افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز (جدول ۳ و ۴) در تیمار ۴۰ درصد پوشش بقایای گیاهی و تناوب علوفه-گندم در رقم واران دلیل اصلی کاهش معنی‌دار میزان تجمع پراکسید هیدروژن در این تیمارها باشد. البلطاقی و محمد (۲۰۱۳) بیان داشتند که یکی از واکنش‌هایی که در حضور انواع اکسیژن فعال سرعت بیشتری پیدا می‌کند، پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی است که باعث تولید آلدهایدهایی مانند مالون دی آلدهاید و محصولاتی مثل اتیلن می‌شود. افزایش این ماده در پی تولید دی آسیل گلیسرول، تری آسیل گلیسرول و اسیدهای چرب آزاد نیز نشان از سازوکارهای تخریب حاصل از کمبود آب بر تجزیه لیپیدهای غشایی باشد.

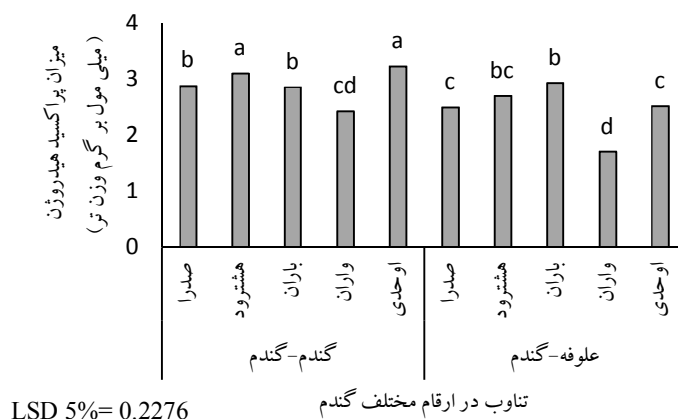
افزایش پراکسیداسیون لیپیدی توسط پژوهشگران متعددی در شرایط تنش خشکی در گیاهان مختلف گزارش شده است (Pandey et al., 2010; Khaleghi et al., 2019). بسیاری از پژوهشگران معتقداند که افزایش فعالیت آنزیم‌های



نمودار ۶- مقایسه میانگین اثر برهمکنش دو جانبه‌ی تناوب زراعی و مقادیر بقایای گیاهی بر میزان پراکسید هیدروژن در شرایط کشاورزی حفاظتی در سال های زراعی ۱۳۹۶-۹۷ و ۱۳۹۷-۹۸



نمودار ۷- مقایسه میانگین اثر برهمکنش دو جانبه‌ی کاربرد بقایای گیاهی و ارقام مورد بررسی بر میزان پراکسید هیدروژن



نمودار ۸- مقایسه میانگین اثر برهمکنش دو جانبه‌ی تناوب زراعی و ارقام مورد بررسی بر میزان پراکسید هیدروژن در شرایط کشاورزی حفاظتی در سال های زراعی ۱۳۹۶-۹۷ و ۱۳۹۷-۹۸

رقم واران در شرایط ۸۰ درصد پوشش بقایای گیاهی بود.

یکی از اجزا مهم عملکرد که تحت تاثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت وزن هزار دانه بود. برهمکنش سه جانبه فاکتورهای مورد مطالعه بر روی وزن هزار دانه نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه در بین ارقام مورد مطالعه با ۴۰/۳۸ گرم مربوط به رقم واران در تیمار ۸۰ درصد پوشش بقایای گیاهی در هکتار در تناوب علوفه-گندم و کمترین میزان وزن هزار دانه نیز با مقدار ۳۵/۲۶ گرم مربوط به رقم صدرا در تیمار عدم پوشش بقایای گیاهی در تناوب گندم-گندم بود (جدول ۴). تمام ارقام مورد مطالعه در هر دو سیستم تناوبی با افزایش سطوح بقایا وزن هزار دانه بیشتری تولید کردند. با این حال مقدار افزایش وزن دانه در تناوب علوفه نسبت به گندم بیشتر بود. لگوم‌های علوفه‌ای در مقایسه با غلات منافع نیتروژنی و غیرنیتروژنی برای گیاه زراعی بعدی فراهم می‌کنند که سبب تعدیل و حفظ عملکرد و کیفیت محصول می‌شود. منافع نیتروژنی شامل بهبود جذب نیتروژن، افزایش پروتئین دانه و افزایش نیتروژن خاک و منافع غیرنیتروژنی شامل کاهش مشکلات آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، بهبود خصوصیات خاک و افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی است (Naveed *et al.*, 2018). در هر دو سیستم تناوبی و در تمام سطوح بقایا رقم واران نسبت به سایر ارقام وزن دانه بیشتری داشت. این نکته نیز قابل ذکر است که طول دوره‌ی پر شدن دانه می‌تواند تحت تاثیر کاربرد بقایای گیاهی افزایش یابد.

آنتی اکسیدان سبب افزایش تحمل گیاهان به تنش اکسیداتیو می‌گردد (Caverzan *et al.*, 2016; Zhang *et al.*, 2014). در این بررسی برهمکنش سه جانبه‌ی صفات مورد بررسی بر روی میزان مالون دی‌آلدهاید در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). مقایسات میانگین انجام شده نشان داد که بیشترین تجمع این ماده با مقدار ۴۳/۳۳ مربوط به تیمار عدم پوشش بقایای گیاهی در تناوب گندم-گندم و رقم باران بود و کمترین تجمع این ماده نیز با مقدار ۱۹/۲۶ مربوط به تیمار ۸۰ درصد پوشش بقایای گیاهی در تناوب علوفه-گندم در رقم واران بود (جدول ۴).

تجمع انواع اکسیژن فعال در سلول‌های گیاهی افزایش تولید تجمع مالون دی‌آلدهاید می‌گردد. با توجه به اینکه برهمکنش دو جانبه‌ی میزان پراکسید هیدروژن در این پژوهش معنی‌دار شده است و با توجه به اینکه پراکسید هیدروژن یکی از انواع اکسیژن فعال موجود در سلول می‌باشد، می‌توان دلیل معنی‌دار شدن برهمکنش سه جانبه‌ی مالون دی‌آلدهاید را به تولید سایر رادیکال‌های موجود نسبت داد. بررسی اثرات دو جانبه‌ی میزان پراکسید هیدروژن می‌تواند تاییدی بر تجمع پراکسید هیدروژن در سلول‌های گیاهی باشد. در همین رابطه میزان تولید مالون دی‌آلدهاید در تیمار عدم پوشش بقایای گیاهی در هر دو نوع تناوب زراعی در بیشترین مقدار می‌باشد که می‌تواند به دلیل بالا بودن میزان پراکسید هیدروژن در این تیمارها باشد (جدول ۴). از طرفی همچنین با توجه به شکل ۷ کمترین میزان تجمع پراکسید هیدروژن مربوط به

جدول ۴- مقایسات میانگین بر همکنش سه گانه تناوب، بقایای گیاهی و رقم بر صفات بیوشیمیایی و عملکرد گندم در

شرایط کشاورزی حفاظتی در سال های زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷

تناوب	پوشش بقایا	ارقام	کاتالاز (واحد آنزیمی بر میلی گرم پروتئین)	گلو تاتیون پراکسیداز (واحد آنزیمی بر میلی- گرم پروتئین)	مالون دی آلدهاید (نانو مول بر گرم وزن تر)	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
		صدرا	۰/۰۴۸	۱/۴۷۱	۳۷/۲۳	۳۵/۲۶	۲۲۹۴/۱
		هشترود	۰/۰۵۴	۱/۱۵۸	۳۳/۷۶	۳۵/۷۸	۲۵۲۵/۸
	بدون بقایا	باران	۰/۰۲۴	۱/۳۹	۴۳/۳۳	۳۶/۸۶	۲۵۹۱/۰
		واران	۰/۰۷۷	۱/۹۴۸	۲۶/۱۵	۳۷/۰۷	۲۷۳۸/۱
		اوحدی	۰/۰۵۶	۱/۴۹۲	۳۱/۷۵	۳۶/۵۱	۱۸۸۴/۹
		صدرا	۰/۰۵۵	۱/۹۳۷	۲۴/۳۵	۳۶/۳۳	۲۵۸۳/۲
		هشترود	۰/۰۶۸	۱/۸۲	۲۶/۸۲	۳۶/۴۳	۲۶۴۰/۹
گندم-گندم	۴۰ درصد پوشش	باران	۰/۰۳۹	۱/۸۶	۳۳/۹۹	۳۷/۷۴	۲۹۱۷/۳
		واران	۰/۰۹۹	۲/۱۲۷	۲۲/۵۱	۳۸/۰۴	۳۰۴۰/۰
		اوحدی	۰/۰۷۷	۱/۹۷۶	۲۵/۱۱	۳۶/۹۷	۲۱۰۳/۱
		صدرا	۰/۰۵۸	۱/۸۳۳	۲۵/۹۵	۳۷/۳۰	۲۵۳۶/۵
		هشترود	۰/۰۷۷	۱/۸۷	۲۷/۹۶	۳۷/۵۷	۲۶۱۰/۷
	۸۰ درصد پوشش	باران	۰/۰۳۳	۱/۷۷۷	۳۵	۳۸/۶۲	۲۸۴۴/۸
		واران	۰/۰۹۵	۲/۱۴	۲۰/۲۳	۳۸/۸۶	۳۰۷۶/۱
		اوحدی	۰/۰۷۹	۲/۱۹۸	۲۵/۶۹	۳۷/۲۶	۲۰۷۵/۸
		صدرا	۰/۴۲۳	۱/۱۴۴	۳۵/۹۱	۳۶/۷۳	۲۶۲۱/۶
		هشترود	۰/۴۳۲	۱/۲۳۱	۳۸/۱۳	۳۷/۲۴	۲۶۵۹/۹
	بدون بقایا	باران	۰/۴۸	۱/۷۸۸	۳۵/۹۱	۳۷/۶۱	۲۷۲۵/۴
		واران	۰/۹۷۶	۳/۱۳۵	۳۰/۲۶	۳۷/۹۵	۲۶۵۱/۸
		اوحدی	۰/۸۵۶	۱/۳۸۳	۳۶/۶۸	۳۷/۷۵	۱۹۱۱
		صدرا	۰/۸۰	۱/۸۷	۳۲/۴۶	۳۷/۷۳	۳۰۷۹/۳
		هشترود	۰/۹۱	۱/۸۴	۳۱/۶۴	۳۷/۶۶	۳۱۹۴/۹
علوفه-گندم	۴۰ درصد پوشش	باران	۰/۷۷	۱/۳۷	۳۶/۲۱	۳۸/۸	۳۳۲۸/۶
		واران	۰/۹۸	۲/۸۵	۲۳/۰۹	۳۸/۶۷	۳۴۴۹/۱
		اوحدی	۰/۸۷	۱/۹۳	۳۱/۶۷	۳۷/۵۰	۲۷۰۹/۱
		صدرا	۰/۰۸	۱/۰۰۱	۲۱/۲۶	۳۸/۲۴	۳۳۴۵/۶
		هشترود	۰/۰۱	۰/۷۹۷	۲۳/۴۳	۳۸/۴۴	۳۳۶۶/۷
	۸۰ درصد پوشش	باران	۰/۶۶	۲/۴۵۲	۲۹/۴۴	۴۰/۱	۳۷۰۳/۲
		واران	۰/۴۷	۱/۳۴	۱۹/۲۶	۴۰/۳۸	۳۸۰۹/۹
		اوحدی	۰/۰۵۳	۰/۸۸	۲۲/۳۲	۳۹/۳۵	۲۸۳۰/۷
			۰/۲۱۴۳	۰/۲۷۷۵	۲/۶۸۸	۱/۲۴	۳۲۴/۲۴

LSD 5%

سال دوم بیشترین عملکرد دانه مربوط به ارقام واران و باران بود. و رقم اوحدی از کمترین میزان عملکرد را در هر دو سال و هر دو تناوب برخوردار بود. با توجه به یکسان بودن تیمارهای مورد بررسی در هر دو سال زراعی مذکور به نظر میرسد علی رغم کاهش ۱۵ درصدی بارندگی سال اول در سال دوم در ابتدای بهار تعداد روز های یخ بندان بیشتری (۱۲ روز) در مقایسه یا سال دوم (۴ روز) وجود داشت و در سال دوم به یکباره دمای هوا افزایش یافت و رطوبت نسبی افت پیدا کرد و میزان تبخیر افزایش یافت و گیاهان که در ابتدای بهار رشد مطلوبی نداشتند در ادامه نیز با تنش دمایی مواجه شدند (جدول ۱).

نتیجه گیری

نتایج این آزمایش نشان داد عملکرد دانه در سال زراعی اول نسبت به سال زراعی دوم برتری نشان داد. تیمار ۴۰ درصد پوشش بقایای گیاهی و تناوب زراعی علوفه-گندم، از نظر صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی مورد بررسی برتری معنی داری نشان دادند و در این تیمارها میزان خسارات وارده به سلول های گیاهی تحت شرایط تنش کاهش یافت که نتیجه آن را می توان در افزایش عملکرد دانه مشاهده کرد. در هر دو سال آزمایش محتوای کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها در تمامی ارقام مورد بررسی در تناوب علوفه بیشتر از تناوب گندم بود. همچنین مقدار افزایش وزن دانه در تناوب علوفه نسبت به گندم بالاتر بود. بیشترین میزان فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز و آیزوزم Fe-SOD، فعالیت آنزیم گلوکاتایون ردوکتاز، فعالیت

بررسی مقایسه میانگین برهمکنش سه جانبه ی فاکتورهای مورد مطالعه بر روی میزان عملکرد دانه ارقام مورد مطالعه نشان داد که بیشترین عملکرد دانه با ۳۸۱۰ کیلو گرم مربوط به رقم واران در تیمار ۸۰ درصد پوشش بقایای گیاهی در هکتار در تناوب علوفه-گندم و کمترین میزان آن مربوط به رقم اوحدی با ۱۸۸۴/۹ کیلوگرم در هکتار در تیمار عدم پوشش بقایای گیاهی در تناوب گندم-گندم بود (جدول ۴). این نکته قابل ذکر است که در پژوهش حاضر تیمار ۸۰ درصد پوشش بقایای گیاهی در تناوب علوفه-گندم در رقم واران در مقایسه با تیمار حفظ ۴۰ درصد پوشش بقایای گیاهی در هکتار سبب افزایش ۹/۴۷ درصدی عملکرد دانه گردیده است. نظامی و همکاران (۱۳۹۲) در ارزیابی کاشت بقولات به عنوان گیاهان جایگزین در نظام زراعی آیش-گندم در استان خراسان شمالی به این نتیجه رسیدند که ماشک علوفه ای در تناوب گندم در شرایط دیم آن مناطق موثر است. راهوم و همکاران (Raheem et al., 2019) مشاهده نمودند که اثر بقایای خشک گندم سبب کاهش ۶۰ درصدی جوانه زنی بذور گندم گردید.

با بررسی مقایسه میانگین ها مشاهده شد که عملکرد دانه در سال زراعی ۹۷-۹۶ برتر از سال زراعی ۹۸-۹۷ بود. عملکرد دانه در سال زراعی دوم نسبت به سال زراعی اول به ترتیب به میزان ۱۸٪ و ۱۴٪ کاهش یافت. بیشترین عملکرد دانه در سال اول مربوط به رقم واران در تناوب گندم-گندم بود. در تناوب علوفه-گندم در سال اول و در هر دو تناوب گندم-گندم و علوفه-گندم در

حفاظتی، رقم واران در تیمار حفظ پوشش بقایای گیاهی ۴۰ درصد در هکتار به همراه تناوب علوفه-گندم به عنوان تیمار برتر از نظر کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی در سطح سلول و حفظ سطح مطلوبی از فعالیت فتوسنتزی و در نتیجه تولید عملکرد دانه بالاتر شناخته شد.

آنزیم آسکوربات پراکسیداز، فعالیت آنزیم کاتالاز، مربوط به تیمار ۴۰ درصد پوشش بقایای گیاهی و تناوب علوفه-گندم بود همچنین بیشترین عملکرد دانه مربوط به ارقام واران و باران در تیمار حفظ ۴۰ درصد پوشش بقایای گیاهی در تناوب علوفه-گندم به دست آمد. در شرایط کشاورزی



نمودار ۹- عملکرد ارقام گندم دیم در تناوب گندم-گندم و علوفه-گندم در طی دو سال زراعی

منابع

- روستا م.ج. ۱۳۸۸. تاثیر روش‌های مختلف خاکورزی بر میزان ماده آلی و پایداری خاکدانه‌ها. پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). ۶۷-۶۱: (۱): ۲۳.
- کوچکی ع، حسینی م، و هاشمی، الف. ۱۳۷۵. کشاورزی پایدار. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. صفحه ۲۰-۲۳.
- عباسی ا، اسفندیاری ع، عنایتی و، و حمزه‌ای ج. ۱۳۸۹. ارتباط بین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و آیزوزیم های آن با پراکسیداسیون لیپیدی. یازدهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران - دانشگاه شهید بهشتی.
- عباسی ا و عنایتی و. ۱۳۹۳. تاثیر فقدان منیزیم در کاهش کارایی سازوکارهای دفاعی سلول و بروز تنش اکسیداتیو. زراعت دیم ایران. ۲(۲): ۵۱-۴۱.

عباسی ا، شکاری ف. ۱۳۹۵. اثر سولفات روی بر رشد و عملکرد گندم در شرایط کمبود روی در خاک و تنش خشکی. تحقیقات غلات ۶ (۲): ۱۴۵-۱۵۸.

- Aebi H. 1984. Catalase in vitro Methods Enzymol, 105: 121-126.
- Alscher RG, Erturk N, Heath LS. 2002. Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. Journal of experimental botany. 15; 53(372):1331-41.
- Arora A, Sairam RK, Srivastava GC. 2002. Oxidative stress and antioxidative system in plants. Current science. 25:1227-38.
- Arnon DT. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts, polyphenol oxidase in Beta vulgaris. Plant physiology 24: 1-15.
- Ayala A, Muñoz MF, Argüelles S. Lipid peroxidation: production, metabolism, and signaling mechanisms of malondialdehyde and 4-hydroxy-2-nonenal. Oxidative medicine and cellular longevity. 26:112-138.
- Bowler C, Van Camp W, Van Montagu M, Inze D, Asada K. 1994. Superoxide dismutase in plants. Critical Reviews in Plant Sciences. 1; 13(3):199-218.
- Busari MA, Kukal SS, Kaur A, Bhatt R, Dulazi AA. 2015. Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. International Soil and Water Conservation Research. 1; 3(2):119-29.
- Caverzan A, Casassola A, Brammer SP. 2016. Antioxidant responses of wheat plants under stress. Genetics and molecular biology. 39(1):1-6.
- Caverzan A, Casassola A, Brammer SP. 2016. Reactive oxygen species and antioxidant enzymes involved in plant tolerance to stress. Shanker ak & shanker C. Abiotic and biotic stress in Plants-Recent advances and future perspectives. Publisher InTech. 17:463-80.
- Chen B, Liu E, Tian Q, Yan C, Zhang Y. 2014. Soil nitrogen dynamics and crop residues. A review. Agronomy for Sustainable Development. 1; 34(2):429-42.
- Chen Li-Men, Lin CC, Kao CH. 2000. Copper toxicity in rice seedlings: changes in antioxidative enzyme activities, H₂O₂ level, and cell wall peroxidase activity in roots. Botanical Bulletin- Academia Sinica. 41: 99-103.
- Cheneby D, Bru D, Pascault N, Maron PA, Ranjard L, Philippot L. 2010. Role of plant residues in determining temporal patterns of the activity, size, and structure of nitrate reducer communities in soil. Appl. Environ. Microbiol. 1; 76(21):7136-43.
- Cruz de Carvalho MH. 2008. Drought stress and reactive oxygen species: production, scavenging and signaling. Plant signaling & behavior. 1; 3(3):156-65.
- Cruz de Carvalho MH. 2008. Drought stress and reactive oxygen species: production, scavenging and signaling. Plant signaling & behavior. 1; 3(3):156-65.
- El-Beltagi HS, Mohamed HI. Reactive oxygen species, lipid peroxidation and antioxidative defense mechanism. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 2013 May 28; 41(1):44-57.
- Fan M, Shen J, Yuan L, Jiang R, Chen X, Davies WJ, Zhang F. 2012. Improving crop productivity and resource use efficiency to ensure food security and environmental quality in China. Journal of experimental botany. 1; 63(1):13-24.

- Farooq M, Wahid A, Kobayashi N, Fujita DB, Basra SM. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. In Sustainable agriculture. (pp. 153-188). Springer, Dordrecht.
- Ghimire B, Ghimire R, VanLeeuwen D, Mesbah A. 2017. Cover crop residue amount and quality effects on soil organic carbon mineralization. Sustainability. 9(12):2316.
- Gill SS, Tuteja N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant physiology and biochemistry. 1; 48(12):909-30.
- Giraldo P, Benavente E, Manzano-Agugliaro F, Gimenez E. 2019. Worldwide Research Trends on Wheat and Barley: A Bibliometric Comparative Analysis. Agronomy. 9(7):352.
- Gmach MR, Cherubin MR, Kaiser K, Cerri CE. 2020. Processes that influence dissolved organic matter in the soil: a review. Scientia Agricola. 77 (3).
- Grzebisz W. 1988. The influence of crop rotation with an increasing content of cereals on photosynthetic potential of winter wheat. Journal of Agronomy and Crop Science, 160(3), 198-207.
- Isah, T. 2019. Stress and defense responses in plant secondary metabolites production. Biological research, 52(1), p.39.
- Ji B, Hu H, Zhao Y, Mu X, Liu K, Li C. 2014. Effects of deep tillage and straw returning on soil microorganism and enzyme activities. The Scientific World Journal, 2014.
- Khaleghi A, Naderi R, Brunetti C, Maserti BE, Salami SA, Babalar M. 2019. Morphological, physiochemical and antioxidant responses of *Maclura pomifera* to drought stress. Scientific Reports. 17; 9(1):1-2.
- Kováč K, Macak M, Švančárková M. 2005. The effect of soil conservation tillage on soil moisture dynamics under single cropping and crop rotation. Plant Soil Environ. Mar; 3:124-30.
- Lachowicz S, Oszmiański J, Wiśniewski R. 2018. Determination of triterpenoids, carotenoids, chlorophylls, and antioxidant capacity in *Allium ursinum* L. at different times of harvesting and anatomical parts. European Food Research and Technology. 244(7):1269-80.
- Liu X, Ren Y, Gao C, Yan Z, Li Q. 2017. Compensation effect of winter wheat grain yield reduction under straw mulching in wide-precision planting in the North China Plain. Scientific reports. 16; 7(1):1-9.
- Merhij IE, Al-Timmen WM, Jasim AH. 2019. The effect of silicon, tillage and the interaction between them on some antioxidants and phytohormones during drought stress of maize (*Zea mays* L.) plants. Plant Arch, 19: 67-74.
- Mesgaran MB, Madani K, Hashemi H, Azadi P. 2017. Iran's land suitability for agriculture. Scientific Reports. 9; 7(1):1-2.
- Mibei EK, Ambuko J, Giovannoni JJ, Onyango AN, Owino WO. 2017. Carotenoid profiling of the leaves of selected African eggplant accessions subjected to drought stress. Food science & nutrition. 5(1):113-22.
- Mupangwa W, Thierfelder C, Cheesman S, Nyagumbo I, Muoni T, Mhlanga B, Mwila M, Sida TS, Ngwira A. 2019. Effects of maize residue and mineral nitrogen applications on maize yield in conservation-agriculture-based cropping systems of Southern Africa. Renewable Agriculture and Food Systems. 31:1-4.

- Naveed K, Baloch M, Qayyum A, Mehmood A, Hussain I, Ali N. 2018. Impact of Nitrogen Levels on Associated Weeds, Fodder Ability and Grain Protein Content of Dual-Purpose Wheat. *Planta Daninha*. 12(2):88-107.
- Nikolaeva MK, Maevskaya SN, Shugaev AG, Bukhov NG. 2010. Effect of drought on chlorophyll content and antioxidant enzyme activities in leaves of three wheat cultivars varying in productivity. *Russian Journal of Plant Physiology*. 1; 57(1):87-95.
- Norshazila S, Othman R, Jaswir I, Yumi Z. 2017. Effect of abiotic stress on carotenoids accumulation in pumpkin plants under light and dark conditions. *International Food Research Journal*. 2017; 24(Suppl.).
- Panasiewicz K, Faligowska A, Szymańska G, Szukała J, Ratajczak K, Sulewska H. 2020. The Effect of Various Tillage Systems on Productivity of Narrow-Leaved Lupin-Winter Wheat-Winter Triticale-Winter Barley Rotation. *Agronomy*, 10(2), p.304.
- Pandey HC, Baig MJ, Chandra A, Bhatt RK. 2010 Drought stress induced changes in lipid peroxidation and antioxidant system in genus *Avena*. *Journal of Environmental Biology*. 1; 31(4).
- Phaniendra A, Jestadi DB, Periyasamy L. 2015. Free radicals: properties, sources, targets, and their implication in various diseases. *Indian journal of clinical biochemistry*. 1; 30(1):11-26.
- Rahantaniaina MS, Li S, Chatel-Innocenti G, Tuzet A, Mhamdi A, Vanacker H, Noctor G. 2017. Glutathione oxidation in response to intracellular H₂O₂: key but overlapping roles for dehydroascorbate reductases. *Plant signaling & behavior*. 3; 12(8): e1356531.
- Raheem Lahmod N, Talib Alkooranee J, Gatea Alshammery AA, Rodrigo-Comino J. 2019. Effect of Wheat Straw as a Cover Crop on the Chlorophyll, Seed, and Oilseed Yield of *Trigonella foenum graecum* L under Water Deficiency and Weed Competition. *Plants*. 8(11):503.
- Rahma AE, Warrington DN, Lei T. 2019. Efficiency of wheat straw mulching in reducing soil and water losses from three typical soils of the Loess Plateau, China. *International Soil and Water Conservation Research*. 1; 7(4):335-45.
- Ristic Z, Cass DD. 1991. Chloroplast structure after water shortage and high temperature in two lines of *Zea mays* L. that differ in drought resistance. *Botanical Gazette*, 152(2), 186-194.
- Sairam RK, Desmukh PS, Saxena DC. 1998. Role of antioxidant systems in wheat genotypes tolerant to water stress, *Biologia Plantarum*. 41 (1998) 387-394.
- Sairam RK, Rao KV, Srivastava GC. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. *Plant science*. 2002 Nov 1; 163(5):1037-46.
- Sallam A, Alqudah AM, Dawood MF, Baenziger PS, Börner A. 2019. Drought stress tolerance in wheat and barley: advances in physiology, breeding and genetics research. *International journal of molecular sciences*. 20(13):3137.
- Schoenau JJ, Campbell CA. 1996. Impact of crop residues on nutrient availability in conservation tillage systems. *Canadian journal of plant science*. 1; 76(4):621-6.
- Sehgal A, Sita K, Siddique KH, Kumar R, Bhogireddy S, Varshney RK, HanumanthaRao B, Nair RM, Prasad PV, Nayyar H. 2018. Drought or/and heat-stress effects on seed filling

- in food crops: impacts on functional biochemistry, seed yields, and nutritional quality. *Frontiers in plant science*. 27; 9:1705.
- Sharma A, Kumar V, Shahzad B, Ramakrishnan M, Sidhu GPS, Bali AS, Handa N, Kapoor D, Yadav P, Khanna K, Bakshi P. 2019. Photosynthetic response of plants under different abiotic stresses: a review. *Journal of Plant Growth Regulation*. 1; 3:(1-23).
- Stewart RRC, Bewley JD. 1980. Lipid peroxidation associated aging of soybean axes. *Plant Physiology*, 65: 245-248.
- Tripathy BC, Oelmüller R. 2012. Reactive oxygen species generation and signaling in plants. *Plant signaling & behavior*. 1; 7(12):1621-33.
- Urban L, Aarouf J, Bidet LP. 2017. Assessing the effects of water deficit on photosynthesis using parameters derived from measurements of leaf gas exchange and of chlorophyll a fluorescence. *Frontiers in plant science*. 14; 8:2068.
- Wellburn AR. 1994. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Journal of plant physiology* 144(3): 307-313.
- Xu Q, Ma X, Lv T, Bai M, Wang Z, Niu J. 2020. Effects of Water Stress on Fluorescence Parameters and Photosynthetic Characteristics of Drip Irrigation in Rice. *Water*. 12(1):289.
- Yousuf PY, Hakeem KU, Chandna R, Ahmad P. 2012. Role of glutathione reductase in plant abiotic stress. In *Abiotic stress responses in plants* (pp. 149-158). Springer, New York, NY.
- Zhang X, Yin H, Chen S, He J, Guo S. 2014. Changes in antioxidant enzyme activity and transcript levels of related genes in *Limonium sinense* Kuntze seedlings under NaCl stress. *Journal of Chemistry*. 12(3): 134-167.

DOI: 10.22092/IDAJ.2022.342530.298

Antioxidant enzymes responses of some dryland wheat varieties to rotation and crop residues levels under conservation agricultural conditions

Amin Abbasi^{1*}, Ramin Lotfi², Saber Golkari²

1-Plant Production and Genetics Department, Faculty of Agriculture, Maragheh University, Maragheh, Iran

2-Dryland Agricultural Research Institute, Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension (AREEO), Maragheh, Iran

Abstract

In order to investigate the effect of rotation and plant residues on grain yield, chlorophyll content, activities of superoxide dismutase, Cu/Zn-SOD isozymes, Mn-SOD isozymes, Fe-SOD isozymes, glutathione reductase, ascorbate peroxidase, catalase, amount of hydrogen peroxide and malondialdehyde in five dryland wheat cultivars, an experiment was conducted as split-split plot based on randomized complete block design with three replicates on Research station of Dryland Agricultural Research Institute-Maragheh. Experimental treatments were: a) two wheat-wheat and forage-wheat rotations in the main plots, b) three levels of crop residues including non-use, 2 and 4 tons of residues in subplots, c) 5 wheat cultivars including Sadra, Hashtroud, Baran, Varan and Ohadi in sub-sub plots. Combined analysis of variance showed that the effects of rotation, crop residue values and cultivars were significant on most of the studied traits. The highest grain yield (1809.9 Kg/ha) was obtained from Varan cv. at 4 T/ha forage crop residue. The highest chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoid were observed in 4 T/ha crop residues with forage-wheat rotation in Varan cultivar. Also, the lowest content of hydrogen peroxide and lipid peroxidation were recorded in 4 and 2 T/ha of crop residues in forage-wheat and Varan cultivars. Due to the importance of using conservation agricultural pattern in dry lands of Iran, in order to optimize the productivity of this model and considering the present study results on the occurrence of some reducing effects due to allopathic effect in the treatment of 4 ton residues, maintaining plant residues of 2 tons per hectare with fodder-wheat rotation in rainfed conditions in Varan cultivars as the best treatment in terms of reduction the adverse effects of drought stress on the cell surface and maintaining the desired level of photosynthetic activity and thus the production of higher grain yield were known.

Key words: Catalase activity, Chlorophyll content, Hydrogen peroxide, Superoxide dismutase activity and Grain yield

*Corresponding author: a.abbasi25@yahoo.com Submit date: 2020/04/06 Accept date: 2022/08/14