شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/idaj.2022.358822.375

بررسی واکنش های فیزیولوژیکی و بیوشمیایی ارقام گندم دیم به تنش سرما در سیستم کشاورزی حفاظتی

هادی خرسندی[۱،۲*]، سعید زهتاب سلماسی[۳]، رامین لطفی[۲]، کاظم قاسمی گلعذانی[۱]

۱- گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۲- موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران
۳- مرکز علمی کشاورزی پایدار آلکالده، گروه علوم گیاهی و محیط زیست، دانشگاه ایالتی نیومکزیکو، آلکالده، آمریکا

چکیده مبسوط

مقدمه: کشاورزی حفاظتی از راهبردهای موفق کشاورزی پایدار در شرایط تغییر اقلیم به ویژه کاهش بارندگی می‌باشد که برای تولید گندم به‌عنوان یک محصول استراتژیک روش‌هایی را مبنی بر کم‌خاک‌ورزی و باقی ماندن بقایای محصول در مزارع ارائه کرده است. خاک‌ورزی حفاظتی شامل نگهداری پوشش گیاهی در سطح خاک در تناوب مناسب است که از طریق عملیات بدون خاک‌ورزی یا حداقل خاک‌ورزی قابل دستیابی است. تصور بر این است که در سیستم کشاورزی حفاظتی با حفظ بقایا دمای خاک کاهش می‌یابد و این موضوع ممکن است روی رشد محصول در اقلیم سرد موثر باشد.

روش شناسی پژوهش: در سال‌های زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ آزمایشی در مزرعه موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور در دو شرایط کنترل شده و مزرعه‌ای روی ارقام مختلف گندم دیم اجرا شد. در شرایط کنترل شده، شش رقم گندم دیم شامل سرداری، باران، ریژاو، ساجی، گردیش و راسکون در اتاقک رشد تحت دماهای مختلف سرما و یخبندان (۴+، ۵-، ۱۰- و ۱۵- درجه سانتی گراد) قرار گرفتند و در شرایط مزرعه ارقام گندم در سه تاریخ متفاوت (اواخر شهریور، اواخر مهر و اواخر آبان) در تناوب با نخود در دو خاکورزی حفاظتی (کشت مستقیم) و مرسوم (گاوآهن برگردان‌دار) در قالب طرح اسپلیت-اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار کشت شدند.

یافته‌های پژوهش: نتایج شرایط کنترل شده نشان داد که ارقام سرداری و باران با دارا بودن بیشترین میزان کلروفیل و آنزیم‌های سوپراکسید دیس موتاز و کمترین میزان پراکسیداسیون لیپیدی غشا (MDA) از ارقام متحمل به سرما بودند. در مقابل میزان پراکسید هیدروژن (H_2O_2) ارقام ریژاو و ساجی (حساس به سرما) در دمای ۱۵- درجه سانتی‌گراد بیشتر از سایر ارقام بود. تمامی ارقام در شرایط مزرعه و در تیمار بدون خاکورزی بیشترین فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان و کمترین میزان H_2O_2 و MDA را داشتند، با این وجود، ارقام سرداری و باران نسبت به سایر ارقام از کارایی بیشتری در تحمل تنش سرما برخوردار بودند. بنا بر نتایج بدست آمده در اراضی دیم مناطق سرد، رعایت تاریخ کاشت روی مراحل فنولوژیکی گیاه و برخورد با تنش سرما در زمستان و بهار از اهمیت بالایی برخوردار بوده و انتخاب ارقام متحمل به سرما با بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیکی تحت تنش سرما می‌تواند آسیب‌های تنش سرمایی را به ویژه در سیستم کشاورزی حفاظتی به شدت کاهش دهد.

کلمات کلیدی: آنزیم آنتی اکسیدان، دیم، فتوسنتز، کشاورزی حفاظتی، تنش دمایی

* نگارنده مسئول: hkhorsandy@yahoo.com تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۵/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۲/۲۵

مقدمه

غلات و بویژه گندم از جمله تولیدات راهبردی و مهم کشاورزی محسوب می‌شود و در الگوی غذایی بسیاری از کشورهای جهان از جمله ایران از جایگاه ویژه‌ای برخوردار می‌باشند، به‌طوری که در ایران بیش از ۴۵ درصد پروتئین و ۵۵ درصد از کالری مورد نیاز از گندم تأمین می‌شود (Kamali *et al*., 2012). برای تولید گندم به‌عنوان یک محصول استراتژیک، کشاورزی حفاظتی روش‌هایی را مبنی بر کم‌خاک‌ورزی و باقی ماندن بقایای محصول در مزارع ارائه کرده است. کشاورزی حفاظتی روشی برای مدیریت سیستم‌های زراعی برای بهبود و حفظ بهره‌وری است (Corsi *et al*., 2012). خاک‌ورزی حفاظتی شامل نگهداری پوشش گیاهی در سطح خاک است که از طریق عملیات بدون خاک‌ورزی یا حداقل خاک‌ورزی قابل دستیابی است (Busari & Salako., 2015). در شمال شرق چین که دارای خاک‌های حاصلخیز هستند از حدود ۱۰۰ سال پیش تخریب خاک به دلیل خاک‌ورزی‌های متعدد که منجر به فرسایش و از بین رفتن ماده آلی می‌شود اتفاق افتاده است (Yang *et al*., 2003). به اعتقاد پاپندیک و پار (۱۹۹۷) به‌دلیل نقصان ماده آلی در مناطق دیم، سیستم کشاورزی براساس خاک‌ورزی متداول در دراز مدت پایدار نخواهد بود. تغییر در مدیریت بقایا، تأثیر فراوانی بر ویژگی‌های خاک و در نهایت عملکرد دانه دارد (Tripathi *et al*., 2007 ; Lithourgidis *et al*., 2006). یافته‌های تحقیقاتی نشان می‌دهد که حداقل عملیات خاک‌ورزی با حفظ بقایا، رطوبت خاک را افزایش می‌دهد (Singh & Haile., 2007). خرسندی و همکاران (Khorsandi *et al*., 2020) در ارزیابی اقتصادی روش‌های خاک‌ورزی در شرایط دیم به این نتیجه رسیدند که ذخیره رطوبت در تیمار بی‌خاک‌ورزی نسبت به عملیات خاک‌ورزی مرسوم بیشتر است. در خاک‌ورزی مرسوم کمتر از ۱۵٪ بقایای گیاهی در سطح خاک می‌ماند، در حالی که در خاک‌ورزی حفاظتی حداقل ۳۰٪ پوشش بقایای گیاهی در سطح خاک وجود دارد. بقایای محصول در سطح خاک باعث کاهش تبخیر و افزایش مواد آلی خاک می‌شود. بنابراین، بخش اصلی سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی مدیریت بقایای گیاهی است (Eskandari & Navid., 2016). کی و واندن بیگارت (Kay & Vanden Bygaart., 2002) گزارش کردند که خاک‌ورزی می‌تواند ویژگی‌های خلل و فرج خاک را تغییر داده و بر میزان رطوبت خاک و سایر ویژگی‌های فیزیکی اثر بگذارد. همچنین، خاک‌ورزی ممکن است بر ظرفیت گرمایی خاک و هدایت حرارتی آن تأثیر گذار باشد (Van Wie *et al*., 2013). انتشار حرارتی خاک در لایه ۱۵-۵ سانتی متری خاک در سیستم بدون خاک‌ورزی نسبت به سیستم شخم خاک ۲۵-۲۰٪ بیشتر بود (Abu-Hamdeh., 2000). در بی‌خاکورزی بیشتر حرارت که در سطح خاک جذب می‌شود به قسمتهای عمیق تری منتقل می‌شود که منجر به کاهش دمای خاک در لایه های نزدیک سطح خاک می شود (Sarkar & Singh., 2007). کاهش رطوبت خاک دسترسی ریشه‌ها به آب را محدود و از این راه موجب کاهش سطح برگ گندم می شود (Van Ittersum *et al*., 2003). مطالعات نشان داده است که ظرفیت نگهداری آب در نظام بدون شخم با حفظ بقایا در مقایسه با حذف بقایا، بیش از ۱/۱ برابر است (Patiño-Zúñiga *et al*., 2009). تفاوت دمای سایه‌انداز و دمای هوا همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانهٔ گندم نان دارد (Rees *et al*., 1993). در نظام بدون شخم با حفظ بقایا در سطح، تغییرپذیری دمای خاک نسبت به نظام شخم متداول و بدون شخم با حذف بقایا کمتر است (Verhulst *et al*., 2011).

تغییرات شدید آب و هوایی خسارت‌های زیادی به تولید محصولات زراعی وارد می‌کند (Nutan *et al*., 2020). کمبود آب ناشی از کاهش بارندگی یا پراکنش نامناسب آن و تخلیه ذخایر آب زیرزمینی تهدیدی جدی برای بهره‌وری محصول و امنیت غذایی در بسیاری از مناطق جهان است (Hussain *et al*., 2019). همچنین، تنش

سرما یکی از عوامل اصلی محیطی است که بهره وری محصولات را محدود می‌کند. گندم دمای یخ زدگی را از طریق سازگاری و خو گیری تحمل می‌کند. با این حال، افزایش دما در اوایل بهار باعث رشد مجدد گیاهان سازگار با سرما و کاهش تحمل انجماد می‌شود (Van *et al*., 2013). رشد و نمو گندم با گرم شدن کره زمین تسریع شده است. این امر باعث ایجاد حساسیت به دمای پایین و احتمال آسیب دیدگی در دمای پایین می‌شود (Wang *et al*., 2017). گزارش شده است که گرم شدن زمستان اثرات منفی ناشی از تنش یخ زدگی بهاره را بر عملکرد گندم تشدید می‌کند (Li *et al*., 2015). اثرات منفی ناشی از درجه حرارت پایین عمدتا به دلیل مهار رشد گیاه است که با تجمع گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)، کاهش آب بافت گیاهی و کاهش سرعت فتوسنتز در دمای پایین خود را نشان می‌دهد (Li *et al*., 2015).

اتخاذ سیستم های خاک‌ورزی حفاظتی برای حفظ بهره وری خاک ضروری است. با این حال، تصور کشاورزان این است که خاک‌ورزی حفاظتی، به ویژه بدون خاک‌ورزی، منجر به کاهش دمای خاک می‌شود و آن مانع رشد گیاه و کاهش عملکرد محصول می‌شود (Chen *et al*., 2011). بنابراین، بررسی ژنوتیپ‌های مختلف گندم دیم تحت سیستم‌های متفاوت خاک‌ورزی در این مناطق برای تعیین اثرات سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی بر خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمایی گیاه ضروری به نظر می‌رسد. هدف از این تحقیق بررسی واکنش‌های ارقام مختلف گندم دیم به دماهای سرد در شرایط کنترل شده و مزرعه در سیستم کشاورزی حفاظتی و مرسوم می‌باشد.

مواد و روش‌ها

شرایط کنترل شده: برای بررسی تأثیر دماهای مختلف (۴+، ۵-، ۱۰- و ۱۵- درجه سانتی گراد) بر فعالیت‌های بیوشیمیایی ارقام گندم آزمایشی در محیط کنترل شده در قالب طرح کاملاً تصادفی (CRD) با سه تکرار انجام شد. برای این منظور بذر ارقام مختلف گندم (سرداری، باران، ریژاو، ساجی، راسکون و گردیش) در گلدان‌های پلاستیکی (۱۵×۲۰ سانتی متر) حاوی ۱/۵ کیلوگرم خاک مزرعه کاشت و برای رسیدن به ظرفیت زراعی آبیاری شدند. سپس گلدان‌ها به اتاقک رشد دارای دما و نور کنترل شده منتقل شدند و برای جوانه-زنی و رشد در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و شدت نور ۴۰۰۰ لوکس قرار گرفتند. گیاهچه‌ها در مرحله سه تا چهار برگی (زادوکس ۱۴) به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴+ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس در دماهای ۵-، ۱۰- و ۱۵- درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت در هر دما نگهداری شدند. در هر دما نمونه‌های گیاهی گرفته شد و در ازت مایع قرار داده شدند و برای سنجش فعالیت های بیوشیمیایی به آزمایشگاه منتقل شدند.

شرایط مزرعه‌ای: در شرایط مزرعه آزمایشی به صورت اسپلیت- اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و ۳۶ تیمار در دو سال زراعی ۹۸- ۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور در مراغه اجرا شد که در آن سه تاریخ کاشت اواخر شهریور، اواخر مهر و اواخر آبان ماه، در کرت‌های اصلی، دو سیستم خاک‌ورزی شامل مرسوم (گاوآهن برگرداندار) و بدون خاک‌ورزی (کشت مستقیم) در کرت‌های فرعی و ارقام گندم نان سرداری، باران، ریژاو و گندم دوروم ساجی، راسکون و گردیش در کرت‌های فرعی- فرعی در نظر گرفته شدند. کاشت ارقام گندم با تراکم ۳۸۰ دانه در متر مربع با دستگاه بذرکار کشت مستقیم آسکه مدل ۲۲۰۰ در عمق ۵-۴ سانتی متر انجام شد. هر کرت شامل ۱۳ ردیف به طول ۱۰ متر با فاصله ردیف ۱۷/۵ سانتی متر بود. پس از هر تاریخ کاشت آبیاری مزرعه (۵۰ میلی متر) انجام گرفت تا از جوانه زنی اطمینان حاصل شود. کود نیتروژن و فسفر (حد بحرانی ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم) بر اساس نتایج آزمون خاک محاسبه و بر اساس دستورالعمل موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور از منبع اوره و سوپر فسفات تریپل تامین شد. برای کنترل علف های

هرز از علفکش بروماسید ام آ به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار در مرحله پنجه زنی استفاده شد.
برای آزمون خاک از ۱۰ نقطه مزرعه نمونه‌های خاک از اعماق ۰ تا ۳۰ سانتی متر خاک تهیه شد. همه نمونه‌ها بعد از هوا خشک شدن، در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک شدند و سپس با الک ۲ میلی متری الک شد. نتایج خواص شیمیایی و فیزیکی خاک محل آزمایش طبق جدول ۱ می‌باشد.
مجموع بارندگی سال اول اجرای آزمایش (۹۷-۹۸) ۴۹۴/۶ میلی متر بود. در مهر ماه ۹/۷ میلی متر بارش اتفاق افتاد و بعد از آن نیز مصادف با روزهای سرد و دماهای پایین بود. همچنین در سال اول آزمایش دماهای فروردین و اردیبهشت ماه محدود کننده رشد گیاهان بود. مجموع بارندگی سال دوم اجرای آزمایش ۳۳۹/۸ میلی متر بود. با اینکه مجموع بارندگی سال زراعی دوم نسبت به سال اول کمتر بود ولی رشد گیاهان در سال دوم بهتر از سال اول بود و مطابق با بررسی‌ها و تجارب گذشته علاوه بر بارش و توزیع آن، دما تعیین کننده رشد گیاهان دیم می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۱- خواص فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
Table 1- Physical and chemical properties of farm soil

هدایت الکتریکی (EC) ($\times 10^3$)	درجه اسیدی (pH)	فسفر(P)	پتاسیم (K)	نیتروژن کل(N)	کربنات کلسیم (CaCo3)	ماده آلی (OM)	شن (Sand)	سیلت (Silt)	رس (Clay)
		mg kg^{-1}			٪				
0.69	7.36	17	363.4	3.50	6.25	0.66	38	36	26

جدول ۲- خلاصه آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه در سال های اجرای آزمایش
Table 2- Summary of meteorological statistics of DARI in the years of the experiment

ماه	سال زراعی 2021-2020				سال زراعی 2022-2021			
	مجموع بارندگی	حداقل دمای مطلق	حداکثر دمای مطلق	تعداد روز زیر صفر	مجموع بارندگی	حداقل دمای مطلق	حداکثر دمای مطلق	تعداد روز زیر صفر
مهر	9.7	3	28	0	21.6	2.5	29	0
آبان	47	-2.5	19.2	7	4	-10	16.4	17
آذر	91.4	-6	12	16	27.8	-7	11.6	21
دی	40.8	-14.5	8.4	28	67.6	-17	13	28
بهمن	86.4	-14.5	10	25	24.9	-25	6.2	30
اسفند	55.6	-8	13.8	23	58.6	-9	16.4	18
فروردین	116.1	-4	19	5	80.1	-2.5	19	9
اردیبهشت	43.4	-4	25.8	7	42	1	25	0
خرداد	4.2	5	31.8	0	0.2	3.5	32.6	0
تیر	0	10	37.4	0	13	8	37.6	0

محتوای نسبی آب برگ (RWC): برای اندازه گیری محتوای نسبی آب برگ طبق روش ودرلی (Weatherley., 1950)، نمونه برداری از آخرین برگ توسعه یافته بوته در هر کرت انجام و نمونه‌ها بلافاصله درون یخ قرار داده شده و در وزن تر آن‌ها با ترازوی دقیق اندازه گیری شد. سپس نمونه ها در داخل آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. بعد از آن وزن اشباع برگ ها

اندازه‌گیری شد. سپس دیسک های برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت دیگر در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد در آون قرار داده شده و وزن خشک هر کدام اندازه گیری و محتوای آب نسبی برگ از طریق فرمول زیر محاسبه شد:

RWC(%) = (وزن تر – وزن خشک) / (وزن اشباع – وزن خشک) × ۱۰۰

شاخص کلروفیل و محتوای کلروفیل: شاخص کلروفیل برگ از قسمت فوقانی بوته (برگ‌های کاملا توسعه یافته) در دو گیاه از هر کرت در مرحله تشکیل اولین گره با استفاده از یک دستگاه پرتابل کلروفیل سنج (اسپد) به طور مستقیم اندازه گیری شد.

محتوای کلروفیل برگ (a و b) با روش اسپکتروفتومتری رنگدانه‌های شیمیایی استخراج شده تعیین شد. برای این منظور، در دمای مختلف، نمونه‌ها برداشت و بلافاصله در فویل آلومینیومی پیچیده و در ظرف حاوی یخ به آزمایشگاه منتقل و در دمای ۸۰- درجه سانتی نگهداری شدند تا تجزیه نهایی با استفاده از روش‌های آرنون (Arnon., 1949) و ولبورن (Wellburn., 1994) انجام شود. به طور خلاصه، نمونه‌ها در نیتروژن مایع آسیاب شدند و پس از سانتریفیوژ در ۸۰ درصد اتانول در دمای اتاق استخراج شد. جذب رنگدانه به روش

از صفحه خوان Infinite M1000 PRO اندازه گیری شد و با استفاده از معادلات زیر محتویات رنگدانه محاسبه شد:

$$\text{Chla } (\mu g \cdot cm^{-2}) = [(12.7 \times A663) - (2.6 \times A645)] \times \text{mL of Acetone 80\%/Leaf Area } (cm^2)$$

$$\text{Chlb } (\mu g \cdot cm^{-2}) = [(22.9 \times A645) - (4.68 \times A663)] \times \text{mL of Acetone 80\%/Leaf Area } (cm^2)$$

سنجش آنزیم‌های آنتی اکسیدان: در تیمارهای مختلف در شرایط کنترل شده و در شرایط مزرعه‌ای در دو نوبت (زمستان و بهار)، از برگ‌های جوان نمونه برداری و فعالیت آنزیمی مورد سنجش قرار گرفت (با توجه به تاریخ‌های کشت مختلف گیاهان بین مراحل ۳ تا ۸ برگی (به ترتیب مرحله نموی ۱۳ تا ۱۸ زادوکس در زمستان متفاوت بودند و در بهار نیز بین پنجه زنی تا اولین گره (به ترتیب مرحله نموی ۲۳ تا ۳۱ زادوکس) اختلاف وجود داشت) نمونه‌های برگ بعد از برداشت در فویل‌های آلومینیومی در داخل ظرف حاوی نیتروژن مایع جمع آوری شدند. نمونه‌های برگ (۰/۵ گرم) در بافر فسفات ۰/۱ $mol\ L^{-1}$ (ph=7.5) حاوی EDTA به میزان ۰/۵ $mmol\ L^{-1}$، با هاون همگن و خرد شدند. هموژن‌ها به لوله‌های سانتریفیوژ منتقل شدند و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در سانتریفیوژ یخچالی به مدت ۱۵ دقیقه در g× ۱۵۰۰۰ سانتریفیوژ شدند. از مایع رویی برای سنجش آنزیمی استفاده شد.

فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD) با توجه به روش گائو و همکاران (Gao *et al*., 2008) تعیین شد و یک واحد سوپراکسید دیسموتاز مقداری بود که باعث مهار ۵۰ درصدی نیترو بلو تترازولیوم (NBT) در نور شد. فعالیت آنزیم کاتالاز طبق روش ابی (Aebi., 1984) اندازه گیری شد. کمپلکس واکنشی شامل بافر فسفات پتاسیم، پراکسید هیدروژن، آب دوبار تقطیر و محلول آنزیمی بودند. جذب کمپلکس واکنشی در طول موج ۲۹۰ نانومتر قرائت و با استفاده از ضریب خاموشی 6/36 cm-1 mmol-1 میزان فعالیت آنزیم محاسبه شد. برای اندازه گیری فعالیت آسکوربات پراکسیداز کمپلکس واکنشی شامل بافر فسفات، آسکوربات، EDTA، آب دو بار تقطیر، پراکسید هیدروژن و محلول آنزیمی استخراج شد. جذب کمپلکس واکنشی در طول موج ۲۹۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر(UV-2100-vis) قرائت و با استفاده از ضریب خاموشی 8/2 cm-1 mmo-1 میزان فعالیت آنزیم محاسبه می‌گردد (Sairam *et al*., 2001).

سنجش پراکسیداسیون لیپیدی غشاء: میزان مالون دی آلدئید بر اساس روش استوارت و بولی (Stewart & Bewley., 1980) اندازه گیری شد. نمونه‌های برگ در ۵ میلی لیتر اسید تری کلرو استیک (TCA) ۰/۱ درصد در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد آسیاب شدند. سپس نمونه‌های هموژن شده برگی به مدت ۵ دقیقه در g × ۱۲۰۰۰ سانتریفوژ شدند. محلول حاصل

با تری کلرواستیک اسید ۲۰ درصد و تیوباربیتوریک اسید ۰/۵ درصد مخلوط شده و کمپلکس حاصل در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه حرارت داده شدند. پس از انتقال به حمام آب سرد مجددا به مدت ۵ دقیقه در g× ۱۰۰۰۰ سانتریفوژ شدند. جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر (UV-2100-vis) ثبت شد. میزان مالون دی آلدئید از اختلاف بین موج‌های جذبی و ضریب خاموشی 155 $mmol^{-1}$ cm^{-1} بدست آمد.

به منظور تخمین میزان پراکسید هیدروژن (H_2O_2) از روش چن و همکاران (Chen *et al*, 2000) استفاده شد. ۰/۵ گرم از نمونه های هضم شده با ۵ میلی لیتر تری کلرواستیک اسید ۰/۱ درصد در دور g × ۱۲۰۰۰ به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ شد. سپس کمپلکس واکنش حاوی بافرفسفات پتاسیم و یدید پتاسیم بدست آمد. میزان جذب نمونه در طول موج ۳۹۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر (UV-2100-vis) قرائت شد. غلظت پراکسید هیدروژن نمونه ها بر حسب میلی مول بر گرم وزن تر بر حسب معادله زیر محاسبه شد:

پراکسید هیدروژن= (وزن تر نمونه/حجم عصاره)× (۱۰۰۰/عدد قرائت شده)

عملکرد دانه: در زمان برداشت، زمانی که دانه‌ها ۱۲ تا ۱۴ درصد رطوبت داشتند، ۵ ردیف در ۸ متر از هر کرت برداشت و عملکرد دانه تعیین شد.

نتایج و بحث

اثر زمان‌های مختلف کاشت در مراحل نموی گندم دیم برای دو رقم سرداری و باران با تصاویر مریستم انتهایی آنها طی اول زمستان آورده شده است. همانطوریکه در شکل ۱ ملاحظه می‌شود گیاهان در تاریخ کاشت اول از نمو پیشرفته‌تری (مراحل تمایز آغازه‌های گلچه) نسبت به تاریخ‌های کاشت دوم (مراحل پل دو و تک گانه) و سوم (مراحل رویشی) برخوردار هستند. بررسی‌های سایر محققین نیز نشان می‌دهد که نمو فنولوژیک ارقام تحت تاثیر شرایط اقلیمی قرار می‌گیرد و صفات نموی نظیر بهاره سازی و تغییرات فنولوژیکی بر میزان و روند تحمل به سرما تاثیر دارند (Mahfoozi *et al*., 2019). طبق گزارش‌های علمی منتشره، طولانی بودن دوره بهاره‌سازی موجب توسعه بیان ژنهای مرتبط با تحمل به انجماد می‌شود (Mahfoozi *et al*., 2006) که این موضوع در نهایت، گیاه را در مناطق سرد در برابر تنش سرما مصون می‌دارد (Sasani *et al*., 2013).

تغییرات بیوشیمیایی در شرایط کنترل شده: تجزیه واریانس داده‌های بیوشیمیایی شرایط کنترل شده نشان داد که اثرات دما، رقم و همچنین اثر متقابل دما × رقم بر محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، پراکسید هیدروژن، مالون دی آلدئید و فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز معنی‌دار بود (جدول ۳).

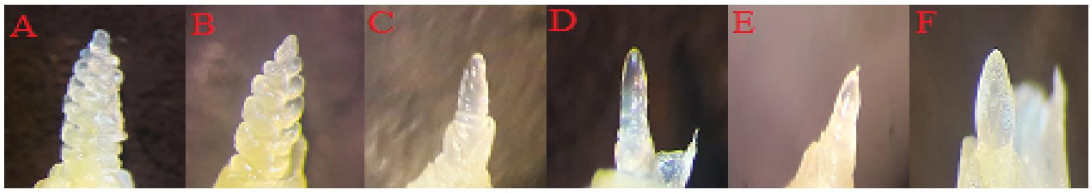
جدول ۳ –تجزیه واریانس صفات بیوشیمیایی ارقام گندم در شرایط کنترل شده

Table 3 – Analysis of Variance of biochemical traits of wheat cultivars under controlled conditions

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		Chla	SOD	H_2O_2	MDA
تکرار	2	66.86	0.564	0.019	0.976
دما	5	690.32**	1.726ns	4.665**	48.15**
رقم	3	14037**	871**	21.92**	752**
دما × رقم	15	90.88**	11.19**	0.973**	8.82*
اشتباه	45	32.82	3.15	0.087	3.75

ns ، * و ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح 5% و معنی دار در سطح 1٪.

chla(کلروفیل a)، SOD(سوپراکسید دیسموتاز)، H_2O_2 (پراکسید هیدروژن)، MAD (مالون دی آلدئید).



شکل ۱- تصاویر مراحل رشد اپکس گندم دیم در تاریخ کاشت اول [سرداری (A)، باران (B)]، تاریخ کاشت دوم [سرداری (C)، باران (D)] و تاریخ کاشت سوم [سرداری (E)، باران (F)].

Figure 1- Pictures of the apex growth stages of dryland wheat on the first planting date [Sardari (A), Baran (B)], the second planting date [Sardari (C), Baran (D)] and the third planting date [Sardari (E), Baran) (F)]

میزان کلروفیل ارقام ریژاو و ساجی با افت دما به ۵- درجه سانتی‌گراد نسبت به سایر ارقام بیشتر کاهش یافت و کمترین آن مربوط به رقم سرداری بود. با کاهش دما به ۱۰- درجه سانتی‌گراد ارقام ریژاو، ساجی، راسکون و گردیش میزان کلروفیل به مراتب کمتری از ارقام سرداری و باران داشتند. در دمای ۱۵- درجه سانتی‌گراد بیشترین افت میزان کلروفیل نسبت به دمای ۴+ درجه سانتی‌گراد مربوط به رقم ساجی و سپس ریژاو بود و کمترین کاهش به ترتیب مربوط به ارقام سرداری، باران و راسکون بود (جدول ۴).

میزان فعالیت آنزیم SOD با کاهش دما به ۵- درجه سانتی‌گراد در دو رقم ریژاو و ساجی به شدت افزایش یافت و این نشان دهنده حساسیت این ارقام به تنش دمای پایین دارد درحالیکه، کمترین فعالیت آنزیم در این دما مربوط به ارقام سرداری و باران بود و این ارقام در این دما تحت تنش دمای پایین قرار نگرفتند. با کاهش دما به دماهای ۱۰- و ۱۵- درجه سانتی‌گراد میزان فعالیت SOD تمام ارقام بیشتر شد با این وجود این افزایش برای ارقام ساجی و ریژاو معنی دار نبود (جدول ۴). میزان تولید پراکسید هیدروژن با افت دما به ۵- درجه سانتی‌گراد در ارقام ریژاو، ساجی، گردیش و راسکون به مراتب بیشتر از ارقام سرداری و باران بود که با حساسیت این ارقام به تنش دمایی در ارتباط است. با کاهش دما به ۱۰- و ۱۵- درجه سانتی‌گراد میزان تولید گونه فعال اکسیژن افزایش یافت، با این وجود بین دو دما اختلاف زیادی وجود نداشت.

افزایش تولید H_2O_2 در دمای ۱۵- درجه سانتی‌گراد در ارقام سرداری و باران اتفاق افتاد (جدول ۴). تمامی ارقام در دمای ۴+ درجه سانتی‌گراد میزان MDA مشابهی داشتند. با افت دما به ۵- درجه سانتی‌گراد میزان تولید MDA در رقم ریژاو بیشتر از سایر ارقام بود و ارقام ساجی، گردیش و راسکون در مرتبه بعدی میزان بالای MDA تولید کردند. با افت دما به ۱۰- و ۱۵- درجه سانتی گراد میزان MDA تمام ارقام افزایش یافت و کمترین آن در دمای ۱۵- درجه سانتی‌گراد مربوط به ارقام سرداری و باران بود (جدول ۴).

در ارقام مورد مطالعه تحت تنش سرما محتوای کلروفیل کاهش یافت اما فعالیت آنزیم آنتی اکسیدانی سوپر اکسید دیسموتاز و محتوای پراکسید هیدروژن و مالون دی آلدئید با کاهش دما به ۱۵- درجه سانتی گراد افزایش یافت (جدول ۴). ارقام سرداری و باران به دلیل دارا بودن بیشترین میزان کلروفیل و SOD و کمترین مقدار MDA از ارقام متحمل به سرما بودند. افزایش میزان H_2O_2 در ارقام ریژاو و ساجی (ارقام حساس به تنش سرما) در دمای ۱۵- درجه سانتی گراد بیشتر از سایر ارقام بود (جدول ۴). تنش سرما موجب افزایش تولید گونه های فعال اکسیژن شده است. بر اساس نتایج حاضر ارقام سرداری و باران سازگاری بیشتری نسبت به سرما از خود نشان دادند. همچنین بر اساس نتایج حاضر واکنش های بیوشیمیایی ارقام ساجی و ریژاو در دماهای ۵- درجه سانتی‌گراد به شدت قابل مشاهده بود ولی در دو رقم سرداری و باران این واکنش ها در دمای بسیار پایین اتفاق می افتاد (جدول ۴). در مرحله اوایل پنجه زنی برخی ارقام گندم از نظر نمو آغازه یا آپکس مرحله پل دوگانه (Double ridge stage) را سپری کرده و از نظر نمو آغازه وارد فاز زایشی

می‌شوند (Hyles *et al*., 2020). این ارقام بدلیل نیاز بالای بهاره سازی و حساسیت به روزهای کوتاه در فصل زمستان در فاز رویشی باقی می مانند و از این طریق قابلیت سازگاری بیشتری نسبت به سرما دارند. ارقام بهاره فاقد این مکانیسم بوده و رشد فنولوژیکی سریعی دارند. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق به نظر می‌رسد که ارقام سرداری و باران به دلیل طولانی بودن فاز رویشی نسبت به ارقام بهاره ژن های آنتی اکسیدانی را برای مدت طولانی و در سطح بالایی بیان کرده اند. این ویژگی ممکن است در گندم های زمستانه یک سیستم کارآمد مقاومت در برابر تنش سرما یا یک سیستم مهار کارآمد تحت تنش انجماد باشد (Ruelland *et al*., 2009). مورد بررسی غیر معنی دار بود. اثر متقابل سال × تاریخ کاشت روی صفات کلروفیل a، سوپراکسید دیسموتاز (زمستان) و عملکرد دانه، صفات محتوای نسبی آب برگ، پراکسید هیدروژن و مالون دی آلدئید (بهار) در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود (جدول ۵). تیمار خاک‌ورزی اثر معنی دار بر روی صفات کلروفیل a، پراکسید هیدروژن (زمستان) و مالون دی آلدئید در سطح احتمال ۱٪ داشت. اثر این تیمار بر روی صفات کلروفیل b و سوپر اکسید دیسموتاز (زمستان) در سطح احتمال ۵٪ معنی دار و بر روی سایر صفات مورد بررسی غیر معنی دار بود. اثر متقابل سال × خاک‌ورزی بر روی محتوای نسبی آب برگ و پر اکسید هیدروژن (زمستان) در سطح ۱٪ معنی دار بود و بر روی سایر صفات اثر معنی داری نداشت. اثر متقابل تاریخ کاشت × خاک‌ورزی فقط روی صفت پر اکسید هیدروژن (زمستان) معنی دار بود. اثرات سه جانبه سال و تاریخ کاشت و خاک‌ورزی روی صفات سوپر اکسید دیسموتاز و مالون دی آلدئید (بهار) در سطح ۱٪ معنی دار بود و اثر معنی دار روی سایر صفات نداشت. اثر رقم روی صفات کلروفیل a، کلروفیل b، پر اکسید هیدروژن (بهار) و مالون دی آلدئید (بهار) معنی دار و روی سایر صفات غیر معنی دار بود. اثر متقابل سال × رقم روی همه صفات مورد بررسی در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود. کلروفیل a، کلروفیل b و سوپر اکسید دیسموتاز تحت تاثیر اثر متقابل رقم × تاریخ کاشت معنی دار بودند. در حالی که اثرات متقابل رقم و خاک‌ورزی اثر معنی داری روی صفات بررسی شده نداشت. اثر سه جانبه سال × تاریخ کاشت × رقم روی صفت محتوای نسبی آب برگ در سطح احتمال ۵٪ و کلروفیل a و کلروفیل b در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بود. اثر سه جانبه سال × خاک‌ورزی × رقم و اثر سه جانبه تاریخ کاشت × خاک‌ورزی × رقم روی صفات مورد بررسی معنی دار نبود. اثرات سال × تاریخ کاشت × خاک‌ورزی × رقم روی صفات محتوای نسبی آب برگ، سوپر اکسید دیسموتاز، پراکسید هیدروژن و مالون دی آلدئید (بهار) معنی دار بود (جدول ۵).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد در سال دوم اجرای آزمایش تمام ارقام دارای محتوای نسبی آب برگ بیشتری نسبت به سال اول بودند. در سال دوم اجرای آزمایش محتوای نسبی آب برگ (RWC) در تیمار بی‌خاک‌ورزی (NT) بیشتر بود (شکل ۲). در سال دوم ارقام سرداری، باران و ریژاو در تاریخ کشت اواخر شهریور ماه (تاریخ کاشت اول) RWC (محتوای نسبی آب برگ) بیشتری نسبت به سایر ارقام داشتند. در سال اول ارقام ساجی، راسکون و گردیش در تاریخ کاشت اول (اواخر شهریور) دارای RWC بیشتری بودند. گیاهان در تاریخ کاشت اول در هر دو سال اجرای آزمایش RWC بیشتری نسبت به سایر تاریخ‌های کاشت داشتند (جدول ۶). محتوای آب نسبی همه ارقام در تاریخ کاشت اول (اواخر شهریور ماه) در شرایط بی‌خاک‌ورزی بیشتر بود (جدول ۶، شکل ۲). به نظر می‌رسد گیاهان حاصل از تاریخ کاشت شهریور ماه با توجه به زمان جوانه زنی و سبز شدن در دماهای بالا نسبت به سایر تاریخ‌های کاشت، سیستم ریشه کارآمدتری را تولید کرده‌اند که توانسته از ذخایر رطوبتی خاک در شرایط بدون خاکورزی بیشتر استفاده کنند.

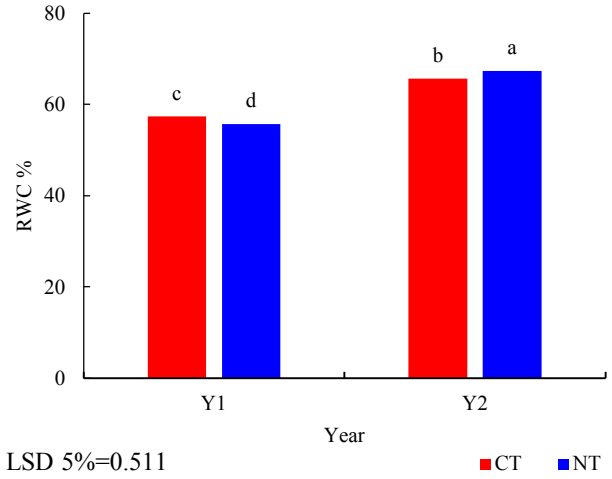
جدول ۴- میانگین صفات بیوشیمیایی ارقام گندم دیم در شرایط کنترل شده تحت تنش دماهای مختلف سرد

Table 4- Average biochemical traits of wheat cultivars under controlled conditions under stress of different cold temperatures

صفات	رقم	دما (درجه سانتی‌گراد)			
		+4	-5	-10	-15
Chl a (mmol g^{-1} FW) LSD 5 %= 9/558	سرداری	95.07	79.11	65.06	32.74
	باران	100.95	77.98	64.19	30.57
	ریژاو	85.38	55.96	42.12	25.11
	ساجی	92.39	54.12	38.48	23.05
	گردیش	87.25	71.10	40.18	28.95
	راسکون	92.57	71.79	46.01	28.93
SOD (U mg^{-1} Protein) LSD 5 %= 0/920	سرداری	0.26	0.31	0.53	0.75
	باران	0.24	0.31	0.66	0.74
	ریژاو	0.09	0.19	0.29	0.29
	ساجی	0.12	0.22	0.29	0.24
	گردیش	0.13	0.21	0.39	0.48
	راسکون	0.13	0.19	0.31	0.38
H_2O_2 (mmol g^{-1} FW) LSD 5 %= 0/459	سرداری	13.87	16.52	19.74	24.31
	باران	12.83	15.54	18.98	24.99
	ریژاو	12.11	19.72	27.41	30.11
	ساجی	13.19	21.68	26.81	30.47
	گردیش	12.7	19.17	24.59	28.97
	راسکون	11.94	17.99	22.53	28.04
MDA (nmol g^{-1} FW) LSD 5 %= 3/185	سرداری	3.92	10.22	13.31	15.44
	باران	3.35	10.81	14.67	16.42
	ریژاو	3.60	16.46	17.93	19.57
	ساجی	3.19	14.36	17.83	20.17
	گردیش	3.17	14.03	17.95	18.82
	راسکون	3.49	14.70	18.10	18.98

Chl a: کلروفیل a، SOD: سوپر اکسید دیس موتاز، H_2O_2: پراکسید هیدروژن و MDA: مالون دی الدئید

همت و اسکندری (Eskandari & Hemmat., 2006) رطوبت بالای خاک در خاک‌ورزی حفاظتی را با وجود مقادیر زیادی بقایای روی سطح خاک گزارش کردند. آنها نشان دادند کهبقایای گیاهی سطح خاک را سایه می اندازد، تبخیر خاک را کاهش می دهد، رواناب را کاهش می دهد و نفوذ را افزایش می دهد. به طور مشابه، پرادان و همکاران (Pradhan *et al*., 2019) یک رابطه مثبت با RWC با تحمل سرما را گزارش کردند. خرسندی و همکاران (Khorsandi *et al*., 2020) نیز گزارش کردند که بی‌خاک‌ورزی موجب ذخیره رطوبت در اعماق مختلف خاک می‌شود.



شکل ۲ – محتوای نسبی آب برگ ارقام گندم در خاکورزی‌های مختلف در دو سال اجرای آزمایش
Y1 و Y2: به ترتیب سال اول و دوم اجرای آزمایش، CT و NT: به ترتیب خاکورزی مرسوم و حفاظتی
Figure 2 - RWC of wheat cultivars in different tillages in two years of the experiment
Y1 and Y2: the first and second year of the experiment, CT and NT: conventional and conservation tillage, respectively

تمامی ارقام در طی دو سال در تاریخ کاشت اول از محتوای رطوبت نسبی بیشتری برخوردار بودند و با تاخیر در کاشت محتوای نسبی آب برگ در تمام ارقام کاهش یافت. بیشترین محتوای رطوبت نسبی آب برگ ارقام در تاریخ کاشت اول سال دوم ثبت شد. ارقام سرداری و باران از این نظر در هر سه تاریخ کاشت و هر دو سال اجرای آزمایش برتر بودند. در سال اول اجرای آزمایش بین تاریخ اول و دوم اختلاف معنی داری از نظر میزان کلروفیل a دیده نشد ولی در تاریخ کشت سوم سال اول و تاریخ کشت دوم و سوم سال دوم نسبت به تاریخ کشت اول میزان کلروفیل a ارقام کاهش یافت. کلروفیلb نیز در هر دو سال و با تاخیر در کاشت در تمام ارقام کاهش یافت. در مجموع هر سه تاریخ کاشت و دو سال میزان کلروفیل a و b در دو رقم سرداری و باران نسبت به سایر ارقام بیشتر بود (جدول ۶). در هر دو سال اجرای آزمایش میزان کلروفیل a و کلروفیل b در تیمار بدون خاک‌ورزی (NT) نسبت به خاک‌ورزی مرسوم (CT) بیشتر بود (شکل ۳). ساسانی و همکاران (Sasani *et al.*, 2013) نیز گزارش کردند که بین میزان نیاز بهاره‌سازی ارقام با محتوای کلروفیل آنها همبستگی مستقیم و معنی‌داری وجود دارد، به طوریکه تحت تیمار بهاره‌سازی، ارقام زمستانه، بینابین و بهاره ضمن داشتن تفاوت معنی‌دار در محتوای کلروفیل، به ترتیب در رتبه‌های برتر تا پایین تر قرار داشتند. لذا با توجه به اینکه انباشت محتوای کلروفیل در همه ارقام حساس و متحمل به تنش سرما در شرایط دمای پایین محقق میگردد ولی ارقام متحمل در تاریخ کاشت مناسب و شرایط بدون خاک ورزی انباشت کلروفیل بیشتری داشتند و این با نتایج این تحقیق برای ارقام سرداری و باران مطابقت دارد.

در هر دو تیمار بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم طی دو سال اجرای آزمایش فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز با تاخیر در کاشت محصول کاهش یافت و این نشان می‌دهد ظرفیت تولید آنزیم به ویژه در ارقام سرداری و باران در تاریخ کاشت اول بیشتر بوده است. در سایر ارقام بین تاریخ کاشت از نظر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز اختلاف زیادی دیده نشد. تمام ارقام در نمونه‌های گرفته شده در بهار در هر دو سال و تاریخ‌های مختلف کشت از میزان فعالیت آنزیم بیشتری برخوردار بودند.

جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب خصوصیات بیوشیمیایی ارقام گندم در تاریخ کاشت متفاوت و خاک‌ورزی های مختلف

Table 5- analysis of variance of biochemical characteristics of wheat cultivars in different planting dates and different tillages

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		RWC	Chla	Chlb	SOD		H_2O_2		MDA		عملکرد دانه
		بهار	بهار	بهار	زمستان	بهار	زمستان	بهار	زمستان	بهار	
سال (A)	1	5378**	83268**	62360**	989**	9.89*	93**	12.70**	1^{ns}	780**	22303747**
خطای ۱	4	1.73	57	517.6	0.51	0.45	0.21	0.031	923	2.56	655626
تاریخ کاشت (B)	2	682.26*	5694**	253^{ns}	98.58^{ns}	78.19**	10.80^{ns}	8.918^{ns}	401^{ns}	786.07^{ns}	29544216**
A*B	2	23.46**	2482*	66.37^{ns}	5.27*	2.4^{ns}	2.16**	2.931**	735^{ns}	60.6**	3898224**
خطای ۲	8	0.83	293.7	374.5	0.82	0.83	0.18	0.025	791	0.85	217872
خاکورزی (C)	1	0.13^{ns}	3420**	206.17*	117.05*	123.96^{ns}	16.40**	4.67^{ns}	279**	611.46**	493736^{ns}
A*C	1	142.82**	351.5^{ns}	6.19^{ns}	86.32^{ns}	68.74^{ns}	0.34^{ns}	5.14**	29^{ns}	159.72^{ns}	13585^{ns}
B*C	2	0.79^{ns}	172.2^{ns}	26.13^{ns}	1.57^{ns}	5.86^{ns}	0.65**	0.06^{ns}	34^{ns}	26.23^{ns}	461260^{ns}
A*B*C	2	0.68^{ns}	413^{ns}	0.38^{ns}	5.88**	12.08**	0.03^{ns}	0.02^{ns}	8^{ns}	12.84**	1198684^{ns}
خطای ۳	12	1.03	165.2	30.95	0.32	0.93	0.07	0.035	29	1.08	585909
ارقام (D)	5	836.22^{ns}	12870**	3838.7**	196.46^{ns}	296.09^{ns}	19.28**	25.95^{ns}	716^{ns}	475.17**	3252393**
A*D	5	200.97**	3787**	1028.1**	66.84**	88.04**	14.68**	17.40**	1417**	598.98**	1146486**
B*D	10	21.26^{ns}	536.8**	272.04**	17.53**	14.87*	0.25^{ns}	0.134^{ns}	355^{ns}	12.01^{ns}	284657^{ns}
C*D	5	1.08^{ns}	255.2^{ns}	75.64^{ns}	1.43^{ns}	3.6^{ns}	0.59^{ns}	0.763^{ns}	461^{ns}	20.97^{ns}	145990^{ns}
A*B*D	10	13.35*	495.8**	347.3**	2.66^{ns}	3.36^{ns}	0.25^{ns}	0.094^{ns}	328^{ns}	22.05^{ns}	153890^{ns}
A*C*D	5	5.52^{ns}	226.7^{ns}	65.05	1.21^{ns}	0.65^{ns}	0.63^{ns}	0.57^{ns}	506^{ns}	27^{ns}	333866^{ns}
B*C*D	10	2.27^{ns}	196.6^{ns}	48.61	1.39^{ns}	2.22^{ns}	0.22^{ns}	0.162^{ns}	573^{ns}	6.99^{ns}	93944^{ns}
A*B*C*D	10	2.87**	185.5^{ns}	29.40^{ns}	2.3**	3.08**	0.37**	0.22**	574	12.31**	249094^{ns}
خطای کل	120	0.76	115.3	98.71	0.54	0.83	0.14	0.074	430	2.12	229173

ns ، * و ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح ۵% و معنی دار در سطح ۱٪. RWC (محتوای آب نسبی برگ)، chla (کلروفیل a)، chlb (کلروفیل b)، SOD (سوپراکسید دیسموتاز)، H_2O_2 (پراکسید

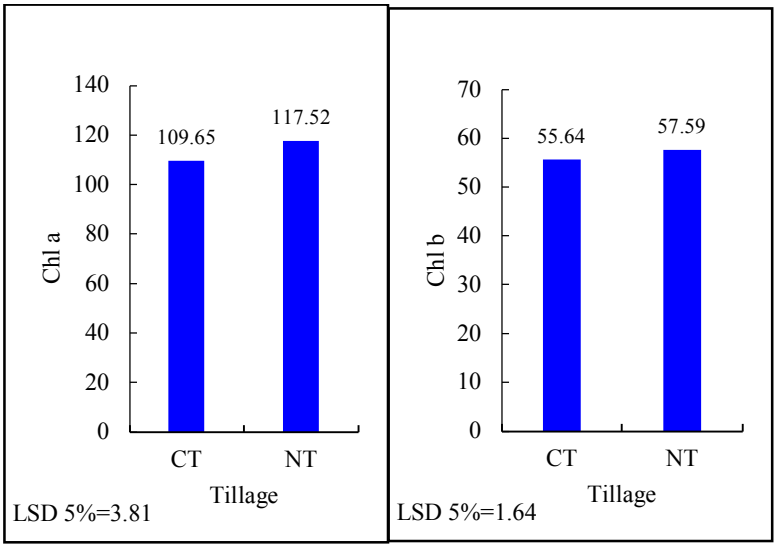
جدول ۶- مقایسه میانگین صفات RWC، کلوفیل a، کلروفیل b در تاریخ‌های کاشت مختلف در دو سال اجرای آزمایش
Table 6- Comparison of RWC, chlorophyll a, and chlorophyll b average traits in different planting dates in two years of the experiment

	RWC(محتوای آب برگ)، Lsd 5%=1.04	سرداری	باران	ریژاو	ساجی	راسکون	گردیش
سال اول	تاریخ کاشت اول	61.84	62.53	57.69	57.26	56.47	55.59
	تاریخ کاشت دوم	62.45	66.02	58.45	53.13	54.69	54.32
	تاریخ کاشت سوم	54.41	53.33	52.33	50.59	52.91	53.24
سال دوم	تاریخ کاشت اول	76.52	77.55	63.24	61.59	68.84	68.28
	تاریخ کاشت دوم	75.00	76.04	60.31	57.96	66.33	65.47
	تاریخ کاشت سوم	70.80	71.84	56.86	54.65	63.36	62.25
	chla(کلروفیل a)، Lsd 5%=13.19						
سال اول	تاریخ کاشت اول	148.28	145.87	132.57	131.49	120.96	117.9
	تاریخ کاشت دوم	205.4	164.89	131.26	134.42	117.88	117.04
	تاریخ کاشت سوم	140.12	140.33	112.49	117.79	110.37	108.13
سال دوم	تاریخ کاشت اول	121.00	132.50	87.83	68.50	108.33	140.00
	تاریخ کاشت دوم	110.50	122.67	76.17	58.67	97.17	92.83
	تاریخ کاشت سوم	101.83	113.17	68.00	50.83	90.00	86.33
	chlb(کلروفیل b)، Lsd 5%=14.33						
سال اول	تاریخ کاشت اول	92.61	95.62	63.89	66.8	72.79	80.62
	تاریخ کاشت دوم	73.84	83.92	73.03	81.08	61.33	68.12
	تاریخ کاشت سوم	83.44	74.02	63.64	78.76	56.27	55.12
سال دوم	تاریخ کاشت اول	56.71	58.3	31.01	26.59	43.85	37.28
	تاریخ کاشت دوم	58.67	54.08	28.07	22.96	41.33	34.47
	تاریخ کاشت سوم	52.86	53.15	24.63	19.65	38.37	31.25

همچنین بر اساس نتایج حاصل تمام ارقام در تاریخ‌های متفاوت کاشت در سیستم بدون شخم از فعالیت آنزیم بیشتری برخوردار بودند. میزان پراکسید هیدروژن در طی هر دو سال با تاخیر در کاشت بیشتر بود. در سیستم بدون خاکورزی تمام ارقام در طی هر دو سال به ویژه سال دوم میزان تولید گونه فعال اکسیژن کمتری داشتند. میزان تولید پراکسید هیدروژن در بهار نسبت به زمستان بیشتر بود، با این وجود آن در دو رقم سرداری و باران در سال دوم برعکس بود و نشان می‌دهد این دو رقم از ظرفیت خوگیری بالای به سرما در طی زمستان برخوردار بودند. متناسب با تولید گونه فعال اکسیژن، با تاخیر در کاشت میزان مالون دی الدئید بیشتر شد. در سیستم بدون خاکورزی و با تاخیر در کاشت میزان پراکسیداسیون لیپیدی غشا کاهش یافت و این نشان از تقویت سیستم دفاعی گیاهان در سیستم بدون شخم است. ارقام ساجی و ریژاو از میزان پراکسیداسیون لیپیدی غشای بیشتری در هر دو سال و تاریخ‌های مختلف کاشت برخوردار بودند (جدول ۷). عملکرد دانه در سال اول اجرای آزمایش در تمامی تاریخ های کاشت کمتر از سال دوم آزمایش بود که با

داده‌های هواشناسی به ویژه بارش و دما (جدول ۱) قابل توجیه است. عملکرد دانه در سال اول در تاریخ کاشت اول نسبت به تاریخ‌های کاشت دوم و سوم به ترتیب ۳۰ درصد و ۶۵ درصد بیشتر بود، درحالیکه در سال دوم عملکرد دانه تاریخ کاشت اول نسبت به تاریخ‌های کاشت دوم و سوم به ترتیب ۵۰ و ۱۱۸ درصد بیشتر بود (شکل ۴).

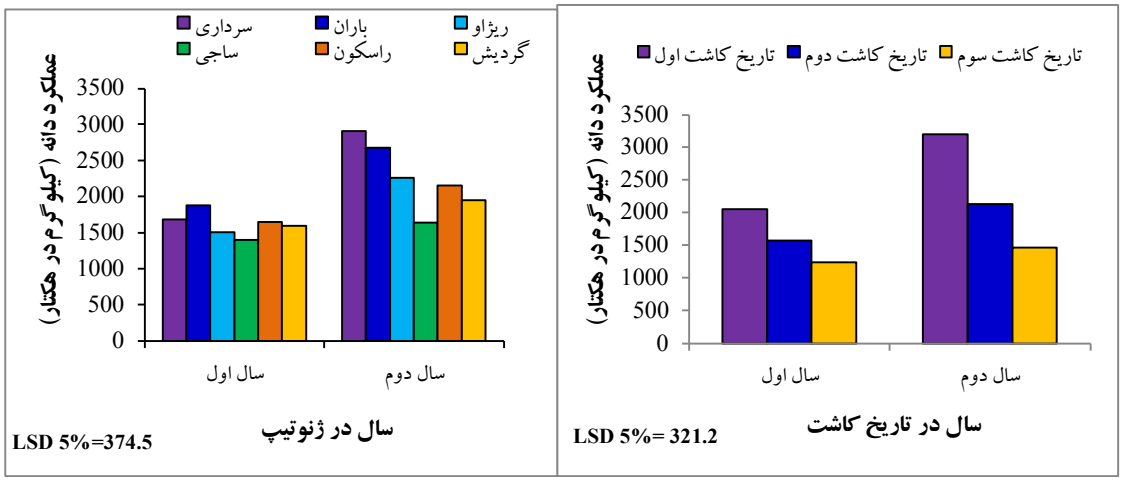
به نظر می‌رسد ارقام در تاریخ کاشت اول با داشتن محتوای رطوبت نسبی برگ بیشتر و کلروفیل بالا از ظرفیت فتوسنتری بیشتر برخوردار بوده و در نهایت عملکرد دانه بیشتری تولید کردند. همچنین در تاریخ کاشت اول ارقام قبل از زمستان استقرار مناسبی یافته و در طی زمستان از ظرفیت خوگیری مناسبی برخوردار بودند.



شکل ۳- تاثیر خاک‌ورزی های مختلف بر میزان کلروفیل a و کلروفیل b ارقام گندم

CT و NT: به ترتیب خاکورزی مرسوم و حفاظتی

Figure 3- The effect of different tillage on the amount of chlorophyll a and chlorophyll b of wheat cultivars. CT and NT: conventional and conservation tillage, respectively



شکل ۴- عملکرد دانه ارقام مختلف و تاریخ های مختلف کاشت در دو سال زراعی

Figure 4- grain yield of different cultivars and different planting dates in two crop years

جدول ۷- مقایسه میانگین صفات RWC، کلوفیل a، کلروفیل b و عملکرد دانه در تاریخ کاشت های مختلف در سال های اجرای آزمایش

Table 7- Comparison of the average RWC traits, chlorophyll a, chlorophyll b and grain yield in different planting dates in the years of the experiment

			سرداری		باران		ریژاو		ساجی		راسکون		گردیش	
			زمستان	بهار	زمستان	بهار	زمستان	بهار	زمستان	بهار	زمستان	بهار	زمستان	بهار
سوپراکسید دیسموتاز			LSD winter=1.18, LSD spring=1.03											
سال اول	D1	CT	10.12	13.97	10.37	14.30	10.05	13.10	7.40	10.54	6.84	9.65	4.16	7.33
		NT	11.11	13.82	12.98	15.99	10.80	13.84	7.40	11.61	7.13	9.84	5.24	7.88
	D2	CT	11.10	14.02	12.85	15.23	9.83	11.83	5.23	7.57	5.68	8.92	5.90	68.7
		NT	12.65	14.16	13.16	16.03	10.08	13.41	6.03	7.86	6.86	8.90	6.78	26.8
	D3	CT	8.66	10.03	9.08	10.33	10.96	11.90	7.36	8.47	7.18	8.82	4.80	16.8
		NT	9.99	12.70	9.77	10.76	10.84	12.69	7.13	9.01	7.70	9.74	5.11	8.32
سال دوم	D1	CT	7.94	11.75	14.60	16.41	6.26	7.01	5.06	5.85	8.20	10.07	8.43	10.30
		NT	8.28	12.57	15.09	18.28	6.24	6.97	5.00	5.72	8.14	10.00	8.52	10.39
	D2	CT	8.05	12.03	14.67	17.60	5.34	6.53	4.18	5.49	7.32	9.19	7.81	9.36
		NT	8.75	12.76	14.10	17.65	5.51	6.29	4.27	4.90	7.41	9.28	8.21	10.08
	D3	CT	5.78	8.11	9.30	12.89	4.48	5.34	3.24	4.31	6.38	8.25	6.25	11.11
		NT	5.64	8.91	10.24	13.30	5.04	6.20	3.96	4.89	7.10	8.97	6.54	11.41
پراکسید هیدروژن			LSD winter=0.61, LSD spring=0.41											
سال اول	D1	CT	1.74	2.34	1.37	2.01	2.10	2.47	2.36	2.95	2.96	3.57	3.10	3.45
		NT	1.37	1.77	1.77	1.96	1.80	2.17	1.80	2.32	2.30	2.90	1.78	2.39
	D2	CT	2.82	2.88	2.02	2.56	2.63	2.96	1.73	2.34	3.48	3.70	3.34	3.70
		NT	2.06	2.52	1.89	1.84	1.93	2.19	1.84	2.39	2.88	3.49	1.96	2.57
	D3	CT	3.45	3.70	2.82	2.87	3.18	3.74	3.45	3.70	3.59	4.48	3.64	4.47
		NT	2.37	2.43	2.49	3.48	1.83	2.49	3.18	3.64	3.42	3.69	3.55	3.79
سال دوم	D1	CT	2.14	1.51	2.23	1.46	4.56	4.39	5.70	5.61	3.47	3.17	3.15	2.90
		NT	1.96	1.87	2.05	1.83	4.26	4.22	5.40	5.44	3.29	3.26	2.97	2.94
	D2	CT	2.75	1.61	2.84	1.56	5.35	4.45	6.49	5.67	4.08	3.81	3.78	3.49
		NT	2.26	2.13	2.35	2.08	4.40	4.31	5.54	5.53	3.59	3.38	3.27	3.06
	D3	CT	3.03	1.72	3.12	1.67	4.89	4.54	6.03	5.76	4.36	4.03	4.07	3.73
		NT	2.41	2.27	2.50	2.22	4.50	4.37	5.64	5.60	3.74	3.57	3.42	3.25
مالون دی آلدئید			LSD winter=1.65, LSD spring=2.26											
سال اول	D1	CT	20.90	28.68	18.20	27.07	22.20	30.54	24.20	30.66	29.30	37.38	25.40	34.28
		NT	15.30	21.58	12.70	20.66	17.50	24.70	17.50	25.14	27.60	30.89	20.30	26.72
	D2	CT	27.20	33.88	18.00	23.87	28.30	34.33	15.90	24.37	26.90	34.62	28.40	33.63
		NT	16.70	23.08	26.50	31.65	19.40	26.44	19.50	23.22	26.40	33.77	23.30	29.70
	D3	CT	29.70	35.70	27.90	34.24	28.60	35.58	29.60	37.7	38.90	44.65	38.40	45.15
		NT	20.10	24.79	26.50	32.49	24.80	30.11	24.60	30.90	34.50	39.44	30.60	38.88
سال دوم	D1	CT	20.10	19.51	19.10	18.29	32.60	32.48	35.30	35.91	25.50	24.30	23.20	22.05
		NT	20.00	19.48	18.90	18.52	30.30	29.94	33.50	31.12	24.30	23.46	22.00	21.21
	D2	CT	22.80	21.61	22.80	21.84	34.40	33.51	37.60	36.84	29.10	27.87	26.70	25.25
		NT	22.60	21.82	21.00	20.89	35.40	34.30	38.60	36.00	25.60	24.77	23.40	22.28
	D3	CT	26.30	25.72	25.90	23.80	39.90	39.30	42.90	42.54	30.40	29.03	28.00	26.45
		NT	24.70	24.27	22.80	21.92	37.60	37.05	40.90	39.22	27.70	26.36	25.30	24.11

D1: تاریخ کاشت اول، D2: تاریخ کاشت دوم، D3: تاریخ کاشت سوم، CT: خاکورزی مرسوم و NT: خاکورزی حفاظتی

عملکرد دانه ارقام سرداری و باران در هر دو سال نسبت به سایر ارقام بیشتر بود و این اختلاف در سال دوم آزمایش بیشتر مشخص شد. کمترین عملکرد دانه از رقم ساجی در هر دو سال بدست آمد (شکل ۴). عملکرد دانه ارقام با رفتارهای بیوشمیایی و فیزیولوژیکی آنها تحت تنش سرما قابل توجیه است، بطوریکه ارقام سرداری و باران نسبت به سایر ارقام از کلروفیل و سیستم آنتی اکسیدانی بهتر، به ویژه در دماهای پایین برخوردار بوده و این منجر به کاهش میزان پراکسیداسیون لیپیدی غشاها نیز گردید.

اثر خاک‌ورزی بر روی عملکرد دانه غیر معنی دار بود (جدول ۵). خرسندی و همکاران (Khorsandi *et al*., 2020) نیز گزارش کردند که خاک‌ورزی تاثیر معنی داری بر روی عملکرد دانه ندارد. چنین استنباط می شود که کاشت در شرایط بدون خاک‌ورزی علاوه بر حفظ مواد آلی خاک و بهبود وضعیت خاک به دلیل حفظ رطوبت بیشتر در خاک که در شرایط دیم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است توانسته است شرایط را برای تولید عملکرد قابل قبول مناسب نماید.

بر اساس نتایج ارقام سرداری و باران SOD بالاتری تولید کردند (جدول ۴ و ۵) و محتوای H_2O_2 و MDA را به ویژه در شرایط بی‌خاک‌ورزی کاهش دادند (جدول ۵). این نشان داد که سازگاری به سرما در گیاهان در شرایط بی‌خاک‌ورزی فعال‌تر است. نتایج نشان داد ارقام سرداری و باران نسبت به سایر ارقام خوگیری بهتری داشته و با تولید بیشتر آنزیم SOD و کاهش محتوای H_2O_2 و MDA تحت شرایط بدون شخم، عملکرد دانه در این ارقام بهبود یافت. گزارش شده است که بسیاری از آسیب‌های گیاهان در طول تنش سرما با گونه های فعال اکسیژن مرتبط می باشد (Janmohammadi *et al*., 2012). در طول سازگاری، انواع واکنش‌های شیمیایی و فیزیکی مرتبط با تحمل سرما رخ می‌دهد و گیاه را قادر می‌سازد تا با دماهای سرد در سطوح مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی سازگار شود (Pradhan *et al*., 2019 ؛ Zhang *et al*., 2004). تولید بالای H_2O_2 بطور مستقیم به فرآیندهای حیاتی سلول آسیب می‌زند (Vaidyanathan et al., 2003)، و باعث پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع می‌شود (Yamazaki *et al*., 2003). مالون دی آلدئید (MDA) در نتیجه پراکسیداسیون غشای سلولی تولید می‌شود که منجر به کاهش شاخص پایداری و افزایش نفوذپذیری غشا می‌شود (Sairam *et al*., 2001). دمای خاک فرآیندهای بیولوژیکی و بیوشیمیایی در خاک را کنترل می‌کند که به نوبه خود بر جوانه زنی بذر، رشد گیاه و بقای گیاه در زمستان تأثیر می گذارد (Verma *et al*., 2011). نتایج این تحقیق نشان داد که ارقام گندم دیم در سیستم کشاورزی حفاظتی تحت تأثیر اثرات منفی تنش سرما قرار نمی‌گیرند. تاریخ کاشت و مراحل فنولوژیکی برخورد با تنش سرما بعنوان عوامل تعیین کننده تولید در اقلیم سردسیر هستند. با انتخاب ارقام مناسب در سیستم کشاورزی حفاظتی، گیاهان با بهبود رفتارهای بیوشمیایی و فیزیولوژیکی می‌توانند تنش سرما را تحمل کرده و عملکرد قابل قبولی تولید کنند.

منابع

Abu-Hamdeh NH. 2000. Efect of tillage treatments on soil thermal conductivity for some Jordanian clay loam and loam soils. Soil and Tillage Research, 56, 145–151.

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

Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in beta vulgaris. Plant Physiology; 24: 1-15.

Busari MA, Salako FK. 2015. Soil hydraulic properties and maize root growth after application of poultry manure under different tillage systems in Abeokuta, southwestern Nigeria Archives of Agronomy and Soil Science, 6, 223-237.

Chen Y, Liu S, Li H, Li XF, Sung CY, Cruse RM, Zang XY. 2011. Efects of conservation tillage on corn and soybean yield in the humid continental climate region of Northeast China. Soil and Tillage Research. 115, 56–61.

Corsi, S, Friedrich T, Kassam A, Pisante M, De Moraes Sà JC. 2012. Soil organic carbon accumulation and greenhouse gas emission reductions from conservation agriculture: A literature review, integrated crop management (101 pp.). 16, AGP/FAO, Rome.

Eskandari I, Navid H, Rangzan K. 2016. Evaluating spectral indices for determining conservation and conventional tillage systems in a vetch-wheat rotation. International Soil and Water Conservation Research, 4, 93–98.

Gao X, Lukow M, Grant A. 2012. Grain concentrations of protein, iron and zinc and bread making quality in spring wheat as affected by seeding date and nitrogen fertilizer management. Journal of Geochemical Exploration, 121, 36–44.

Gao, S., Ouyang, C., Wang, S., Xu, Y., Tang, L., and Chen, F. 2008. Effects of salt stress on growth, antioxidant enzyme and phenylalanine ammonia-lyase activities in Jatropha curcas L. seedlings. Plant Soil Evironment, 54(9): 374-381

Hemmat A, Eskandari I. 2006. Dryland winter wheat response to conservation tillage in a continuous cropping system in northwestern Iran. Soil and Tillage Research. 86(1), 99-109.

Hussain HA, Men S, Hussain S, Chen Y, Ali S, Zhang S, Zhang K, Li Y, Xu Q, Liao C, Wang L. 2019. Interactive effects of drought and heat stresses on morpho-physiological attributes, yield, nutrient uptake and oxidative status in maize hybrids. Scientific Reports, 9, 3890.

Hyles J, Bloomfield MT, Hunt JR, Trethowan RM, Trevaskis B. 2020. Phenology and related traits for wheat adaptation. Heredity 125, 417–430.

Jalal Kamali MR, Najafi-Mirak T, Asadi H. 2012. Wheat research and development strategies in Iran. Agricultural Research, Education and Extension Organization. 227. (In Persian)

Janmohammadi M, Enayati V, Sabaghnia N. 2012. Impact of cold acclimation, de-acclimation and re-acclimation on carbohydrate content and antioxidant enzyme activities in spring and winter wheat. Icelandic Agricultural Sciences, 25(1), 3-11.

Kay BD, Vanden Bygaart AJ. 2002. Conservation tillage and depth stratifcation of porosity and soil organic matter. Soil and Tillage Research, 66, 107-118.

Khamadi F, Mesgarbashi M, Hasibi P, Farzane M, Enayatzamir N. 2015. Influence of crop residue and nitrogen levels on nutrient content in grain wheat. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi). 28: (4). 158-166. (In Persian)

Khorsandi H, Ferdosi R, Abdollahi AV. 2020. Technical and economic evaluation of different tillage and nitrogen levels in dryland wheat. Iranian drylan Agronomy Journal. 9: (1). 91-135. (In Persian)

Li X, Cai J, Liu F, Zhou Q, Li X, Cao W, Jiang D. 2015. Wheat plants exposed to winter warming are more susceptible to low temperature stress in the spring. Plant Growth Regulation, 77, 11–19.

Lithourgidis AS, Dhima KV, Damalas CA, Vasilakoglou IB, Eleftherohorinos IG. 2006. Tillage effects on wheat emergence and yield at varying seeding rates and on labor and fuel consumption. Crop Science, 46, 1187-1192.

Mahfoozi S, Limin AE, Ahakpaz F, Fowler DB. 2006. Phenological development and expression of freezing resistance in spring and winter wheat under field conditions in north-west Iran. Field Crops Research, 97, 182–187.

Mahfoozi S, Majdi M, Janmohammadi M, Sasani S, Tavakkol-Afshari R, Hoseini-Salekdeh G. 2019. Developmental control of cold tolerance in wheat (Triticum aestivum). Journal of Wheat Research. 2: (1). 53-68. (In Persian)

Nutan KK, Rathore RS, Tripathi AK, Mishra M, Pareek A, Singla-Pareek SL. 2020. Integrating dynamics of yield traits in rice in response to environmental changes. Journal of Experimental Botany, 71, 490–506.

Papendick RI, Parr JF. 1997. No-till farming: The way of the future for a sustainable dryland agriculture. Annals of Arid Zone , 36(3), 193-208.

Patiño-Zúñiga L, Ceja-Navarro JA, Govaerts B, Luna-Guido M, Sayre KD, Dendooven L. 2009. The effect of different tillage and residue management practices on soil characteristics, inorganic N dynamics and

emissions of N_2O, CO_2 and CH4 in the central highlands of Mexico: a laboratory study. Journal of Plant Soil, 314, 231-241.

Pradhan S, Goswami A K, Singh SK, Prakash J, Goswami S, Chinnusamy V, Talukdar A, Maurya NK. 2019. Low temperature stress induced physiological and biochemical alterations in papaya genotypes. South African Journal of Botany, 123, 133-141.

Rees D, Sayre D, Acevedo E, Nava sanchez T, Lu Z, Zeiger E, Limon A. 1993. Canopy temperature of wheat: Relationship with yield and potential as a technique for early generation selection. October 1993. Wheat special report NO.10.Mexico, DF: CIMMYT. From: http://cimmyt.org.

Roustaei M, Ansari-Maleki Y, Mahfoozi S. 2005. Determination of cold tolerance in some genotypes of bread wheat, durum wheat and barley. Seed and plant journal. 21: (3). 467-483. (In Persian)

Ruelland E, Vaultier MN, Zachowski A, Hurry V. 2009. Cold signalling and cold acclimation in plants. Advances in Botanical Research. 49 35–150. 10.1016/S0065-2296(08)00602-2

Sairam R K, Chandrasekhar V, Srivastava GC. 2001. Comparison of hexaploid and tetraploid wheat cultivars in their responses to water stress. Biologia Plantarum, 44, 89- 94.

Sarkar S, Singh SR. 2007. Interactive effect of tillage depth and mulch on soil temperature, productivity and water use pattern of rainfed barley (*Hordium vulgare* L.). Soil and Tillage Research, 92, 79–86.

Sasani S, Tavakkol-Afshari R, Mahfoozi S. 2013. Low-temperature Acclimation and the Correlation of Vernalization Requirement with Accumulation of Some Compatible Solutes and Physiological Mechanisms in Bread Wheat. Iranian Journal of Field Crop Science. 44: (2). 327-345. (In Persian)

Shen Y, McLaughlin N, Zhang X, Xu M, Liang A. 2017. Efect of tillage and crop residue on soil temperature following planting for a Black soil in Northeast China. Scientific Reports. 8: 1-9.

Singh BR, Haile M. 2007. Impact of tillage and nitrogen fertilization on yield, nitrogen use efficiency of tef (eragrostis tef (Zucc.) trotter) and soil properties. Soil and Tillage Research, 94: 55-63.

Tripathi RP, Sharma P, Singh S. 2007. Influence of tillage and crop residue on soil physical properties and yields of rice and wheat under shallow water table conditions. Soil and Tillage Research, 92, 221-227.

Vaidyanathan H, Sivakumar P, Chakrabarsty R, Thomasm G. 2003. Scavenging of reactive oxygen species in NaCl-stressed rice (*Oryza sativa* L.) differential response in salt tolerant and sensitive cultivars. Plant Science, 165, 1411-1418.

Van Ittersum MK, Howden SM, Asseng S. 2003. Sensitivity of productivity and deep drainage of wheat cropping system in a mediterranean environment to changes in CO_2 temperature and precipitation. Journal of Agriculture Ecosystems and Environment, 97, 255-273.

Van Wie JB, Adam J C, Ullman JL. 2013. Conservation tillage in dryland agriculture impacts watershed hydrology. Journal of Hydrology, 483, 26-38.

Van Wie JB, Adam JC, Ullman JL. 2013. Conservation tillage in dryland agriculture impacts watershed hydrology. Journal of Hydrology, 483, 26-38.

Verhulst N, Govaerts B, Nelissen V, Sayre KD, Crossa J, Raes D, Deckers J. 2011. The effect of tillage, crop rotation and residue management on maize and wheat growth and development evaluated with an optical sensor. Field Crops Research, 120, 58-67.

Verma BC, Datta SP, Rattan RK, Singh AK. 2011. Effect of temperature, moisture and different nitrogen sources on organic carbon pools and available nutrients in an alluvial soil. Journal of the Indian Society of Soil Science, 59, 286-294.

Wang E, Martre P, Zhao Z, Ewert F, Maiorano A, Rötter RP, Kimball BA, Ottman MJ, Wall GW, White JW, Reynolds MP, Alderman PD, Aggarwal PK, Anothai J, Basso B, Biernath C, Cammarano D, Challinor AJ, De Sanctis G, Doltra J, Dumont B, Fereres E, Garcia-Vila M, Gayler S, Hoogenboom G, Hunt LA, Izaurralde RC, Jabloun M, Jones CD, Kersebaum KC, Koehler A, Liu K, Müller C, Naresh Kumar S, Nendel C, O'Leary G, Olesen JE, Palosuo T, Priesack E, Eyshi E, Rezaei L, Ripoche D, Ruane AC, Semenov MA, Shcherbak I, Stöckle C, Stratonovitch P, Streck T, Supit I, Tao F, Thorburn P, Waha K, Wallach D, Wang Z, Wolf J, Zhu Y, Asseng S. 2017: The uncertainty of crop yield projections is reduced by improved temperature response functions. Nature Plants. 3: 17102.

Weatherley DA. 1950. Studies in the water relations of the cotton plant.the field measurements of water deficits in leaves. New physiologist. 49:81-97.

Wellburn, A.R. 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.

Yamazaki J, Ohashi A, Hashimoto Y, Negishi E, Kumagai S, Kubo T, Oikawa T, Maruta E, Kamimura Y. 2003. Effects of high light and low temperature during harsh winter on needle photodamage of Abies mariesii growing at the forest limit on Mt. Norikura in Central Japan. Plant Science, 165, 257-264.

Yang XM, Zhang XP, Deng W, Fang HJ. 2003. Black soil degradation by rainfall erosion in Jilin, China. Land Degradation & Development14, 409–420.

Zhang J Z, Creelman RA, Zhu JK. 2004. From laboratory to field. Using information from Arabidopsis to engineer salt, cold and drought tolerance in crops. Plant Physiology, 135, 615-621.

DOI:10.22092/idaj.2022.358822.375

Investigation of physiological and biochemical reactions of dryland wheat cultivars to cold stress in conservation agricultural system

Hadi Khorsandi[1,2*], Saeid Zehtab Salmasi[3], Ramin Lotfi[2], Kazem Ghassemi Golezani[1]

1- Department of Plant Eco Physiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
2- Dryland Agricultural Research Institute, Agriculture Research, Education and Extension Organization, Maragheh, Iran.
3- Sustainable Agriculture Science Center at Alcalde, Department of Plant and Environmental Sciences, New Mexico State University, Alcalde, N.M., U.S.A.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Conservation agriculture is one of the successful strategies of sustainable agriculture in the context of climate change, which has provided methods for the production of wheat as a strategic product based on minimum tillage and remaining crop residues in the fields. Conservation tillage includes the maintenance of residuals on the soil, which can be achieved through no-tillage or minimum tillage operations under suitable rotation. It is believed that in Conservation agriculture with residues mantanance systems, could decrese soil temperature and this may affect crop growth in cold regions.

Materials & Methods: In the years of 2018-2019 and 2019-2020 an experiment in Dryland Agricultural Research Institute of Maragheh in two controlled and field condition was conducted. Under controlled conditions, six wheat genotypes including Baran, Saradri, Rizhav, Saji, Rascon and Gerdish were exposed to different cold and frost temperatures (+4, -5, -10 and -15 ° C) and under field conditions, those genotypes were planted inthree different dates (late September, late october and late November) in chickpea rotation under conservation tillage (no till) and conventional tillage conditions.

Research findings: Results of controlled conditions showed that Sardari and Baran cultivars are cold tolerant cultivars due to having the highest amount of chlorophyll and Superoxide dismutase (SOD) and the lowest content of malondialdehyde (MDA). In contrast, H_2O_2 content in Rizhav and Saji genotypes at -15 ° C was higher than other genotypes. In conservation tillage conditions, all of the genotypes had the highest antioxidant enzymes activity and the lowest content of H_2O_2 and MDA. However, Sardari and Baran were more effective genotypes under cold stress conditions, compared toother genotypes. According to the results, in cold drylands regions, planting date can affect phenological stages of the plants in dealing with cold stress in winter and spring, and selection of cold-tolerant genotypes can improve physiological characteristics of plants especially in conservation agriculture system under cold stress conditions.

Keywords: Antioxidant enzyme, rainfall, photosynthesis, conservation agriculture, cold stress

* Corresponding author: hkhorsandy@yahoo.com Submit date: 2023/02/17 Accept date: 2023/05/01