

تأثیر تنظیم کننده‌های رشد بر برخی از صفات فتوسنتزی و حفظ ساختار غشای سلول‌های برگ پرچم دو رقم گندم تحت شرایط دیم

علی رسائی^{۱*}، سعید جلالی‌هنرمند^۲، محسن سعیدی^۲ و محمد اقبال قبادی^۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۳/۲۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۲/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۲۹

چکیده

در زمان وقوع تنش‌های غیرزنده، غشای سلولی اولین بخش از سلول‌های گیاهی است که تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرد و بسیاری از روابط فیزیولوژیک و بیوشیمیایی سلول و گیاه دچار اختلال می‌شود. به‌منظور بررسی اثرات کاربرد خارجی هورمون‌های مختلف رشد شامل اکسین (IAA)، جیبرلیک‌اسید (GA_3) و سیتوکینین (6-BAP) به همراه آب مقطر (شاهد) در مرحله‌ی رشد بوتینگ دو رقم گندم (ریژاو و آذر-۲)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه‌ی طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار تحت شرایط دیم در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی در سال‌های ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ اجرا گردید. بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر هورمون‌های مختلف رشد بر میزان سبزیگی، محتوی نسبی آب، حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II، شاخص زنده‌مانی، پایداری غشای سلول و سرعت فتوسنتز برگ هر دو رقم معنی‌دار بود. در بین هورمون‌های رشد، محلول‌پاشی هورمون‌های سیتوکینین و اکسین در صفات اندازه‌گیری شده برگ بیشترین اثر را داشتند و کمترین میانگین صفات مذکور در عدم پاشش (شاهد) به‌دست آمد. در بین دو رقم هم رقم ریژاو نسبت به آذر-۲ برتری داشت. همچنین، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین پایداری غشای سلول با سرعت فتوسنتز، حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II و شاخص عملکرد وجود داشت. به‌طورکلی، در شرایط دیم (کمبود آب) با کاربرد خارجی هورمون سیتوکینین در مرحله بوتینگ در رقم برتر گندم ریژاو پایداری غشای سلول، محتوی نسبی آب، سرعت و کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II نسبت به شاهد به‌ترتیب ۱۶، ۱۸، ۳۸ و ۴۵ درصد بیشتر بود.

واژگان کلیدی: پایداری غشای سلول، سرعت فتوسنتز، گندم، هورمون‌های گیاهی.

۱- استادیار پژوهش، معاونت سرارود، مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.
۲- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
نگارنده مسئول
alirasaei65@gmail.com; a.rasaei@areeo.ac.ir

مقدمه

تأثیرات منفی تنش‌های محیطی بر کلروپلاست و فتوسنتز سبب کاهش توان دستگاه فتوسنتزی در تولید انرژی و آسیمیلایون دی‌اکسیدکربن در واکنش‌های احیای کربن فتوسنتز گردیده که با کاهش تولید کربوهیدرات همراه است که در نتیجه کاهش وزن خشک اندام هوایی و ریشه را در پی دارد (Müller and Munne-Bosch, 2021; Adeniyi et al., 2004). همچنین، کاهش فتوسنتز و تنفس در نتیجه تنش خشکی و گرما تا حدودی به‌وسیله تغییر ساختار غشا کنترل می‌شود. در واقع وظیفه اصلی کلروپلاست و میتوکندری به غشاها وابسته است. انواع تنش‌ها بر سیالیت غشاء تأثیر می‌گذارند، باعث نشت الکتروولیت از غشای می‌شوند و رابطه بین پروتئین‌های داخلی و غشاء را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در اثر تغییر حالت غشای دو لایه، لیپید نازک‌تر شده، نفوذپذیری غشاء افزایش یافته و ثبات پروتئین‌های غشا از بین می‌رود. گیاهان از طریق حفظ غشای سلول و پایداری آماس سلولی در برابر تنش‌های محیطی مقاومت می‌کنند (Sondhi et al., 2020). نتایج آزمایش پترو و همکاران (Petrov et al., 2017)، نشان می‌دهد ژنوتیپ‌های جدیدتر گندم در مقایسه با ژنوتیپ‌های قدیمی‌تر و نیمه پاکوتاه مقاومت بیشتری نسبت به تنش خشکی دارند. این مقاومت ناشی از حفظ محتوی نسبی آب برگ‌ها و پایداری بیشتر غشای سلول‌های برگ ژنوتیپ‌های جدید نسبت به قدیمی‌تر است. تنش‌های غیرزنده می‌توانند به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم ویژگی‌های فتوسنتزی برگ‌ها را تحت تأثیر قرار داده و خصوصیات فلورسنس کلروفیل آنها را تغییر دهند (Gray et al., 2003). مقدار فلورسنس

کلروفیل، کارایی نسبی انتقال الکترون را از فتوسیستم II به فتوسیستم I نشان می‌دهد و معیاری از سالم بودن غشاء تیلاکوئید است (Majidimehr and Amiri-Fahlani, 2016). چنانچه مقدار ملایمی از نور بر واحدهای فتوسنتزی موجود در غشاء تیلاکوئید تابیده شود، رنگدانه‌های موجود در آنتن‌های جمع‌آوری کننده‌ی نور، آن را دریافت و به مرکز واکنش فتوسیستم II منتقل می‌نمایند. اگر به هر دلیلی در زنجیره‌ی انتقال الکترون، پذیرش الکترون جدید صورت نگیرد انرژی به‌صورت نور قرمز با طول موج بلندتر بازتاب (فلورسنس) خواهد کرد که به آن فلورسنس کلروفیل گویند. یکی از مؤلفه‌های فلورسنس کلروفیل نسبت فلورسنس ماکزیمم به فلورسنس متغییر است (Fv/Fm) (Maxwell and Johanson, 2000). نسبت Fv/Fm بیانگر حداکثر عملکرد کوانتومی واکنش فتوشیمیایی فتوسیستم II می‌باشد و یک شاخص مهم برای تعیین وضعیت دستگاه فتوسنتزی است. تنش‌های محیطی با تأثیر بر کارایی فتوسیستم II باعث کاهش نسبت Fv/Fm می‌شوند (Pask et al., 2012). شاخص زنده‌مانی یا شاخص عملکرد نیز یک معیار از عملکرد درونی بخش‌های فتوسنتزی برگ در مقابل عوامل بیرونی است. در واقع معیاری است برای تخمین عملکرد گیاه در جذب تشعشع خورشیدی، به دام انداختن انرژی برانگیختگی و انتقال این انرژی به زنجیره انتقال الکترون در فرآیند فتوسنتز تحت شرایط تنش‌های مختلف از جمله تنش خشکی و گرما است (De Ronde et al., 2004). شاخص زنده‌مانی نتیجه سه پارامتر غیروابسته است که در ارتباط با ساختار و عملکرد دستگاه فتوسنتزی می‌باشد: تراکم مراکز واکنش، کارایی کوانتومی فتوشیمیایی

اکسین را کاهش می‌دهد. بنابراین کاربرد خارجی آن در زمان کمبود آب شاید بتواند با افزایش غلظت این هورمون در رشد بیشتر ریشه مؤثر باشد. از طرفی هورمون‌های اکسین و سیتوکینین عامل اصلی تولید سیگنال به‌منظور افزایش پرولین در تنظیم اسمزی سلول‌های برگ در شرایط کمبود آب هستند (Sadiqov *et al.*, 2002; Akter *et al.*, 2014). همچنین، کاهش سیتوکینین و جیبرلیک‌اسید و افزایش آبسزیک‌اسید در اثر تنش خشکی می‌تواند بر پایداری غشای سلول و میزان جذب آب اثر منفی داشته باشد (Saeidi *et al.*, 2011). محلول‌پاشی اکسین بر شبدر سفید موجب مقاومت به خشکی این گیاه در شرایط تنش آب شده است (Zhang *et al.*, 2020). چنین نتیجه‌ای که تنظیم اسمزی در سلول‌های ریشه و برگ گندم می‌تواند در میزان بالای محتوی آب نسبی برگ مؤثر باشد در آزمایش سعیدی و همکاران (Saeidi *et al.*, 2011) نیز گزارش شده است.

هدف از اجرای این آزمایش بررسی اثرات کاربرد خارجی هورمون‌های مختلف رشد بر توانایی حفظ ساختار غشای سلول‌های برگ پرچم در دو رقم گندم تحت شرایط دیم بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به شکل فاکتوریل و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه‌ی تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی با مختصات ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و ۴۷ درجه و ۹ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۳۱۹ متر از سطح دریا اجرا شد. استان کرمانشاه جزو مناطق نیمه خشک محسوب می‌شود. میزان بارندگی و میانگین دمای حداکثر و حداقل ماهانه

و تبدیل انرژی برانگیخته در زنجیره انتقال الکترون (Strasser *et al.*, 2000). این پارامترها بسیار حساس‌تر از نسبت Fv/Fm، به تنش‌های محیطی می‌باشند (Zivcak *et al.*, 2008). به‌طوری‌که همبستگی خوبی بین این شاخص و ظرفیت فتوسنتز در آسیمیلایون کربن‌دی‌اکسید وجود دارد (Ripley *et al.*, 2004).

قبادی و همکاران (Ghobadi *et al.*, 2013) در مطالعه اثر تنش خشکی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک ارقام مختلف گیاه آفتابگردان گزارش دادند که مقادیر محتوی نسبی آب، حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II، شاخص عملکرد فتوسنتزی و هدایت روزنه‌ای تحت تنش شدید آب کاهش پیدا کردند. محتوای آب نسبی برگ یک معیار مفید جهت ارزیابی توانایی گیاه برای حفظ آب در سلول‌های برگ تحت تنش‌های خشکی و گرما است. گیاهانی که بدون بستن روزنه‌های خود دارای مقادیر آب بیشتری در سلول‌ها هستند برای زراعت در شرایط خشکی مناسب‌تر هستند. در چنین حالتی ممکن است محتوی نسبی آب بالا از طریق قابلیت تنظیم اسمزی حفظ شود (Blum, 2016).

یکی از روش‌های زراعی کاهش اثر تنش خشکی در گیاهان کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه یا هورمون‌های گیاهی است. در تنش خشکی محتوی هورمون‌های اکسین، جیبرلین و سیتوکینین کاهش می‌یابد و برعکس مقادیر آبسزیک‌اسید و اتیلن افزایش می‌یابد. اکسین در تنش خشکی نقش بسیار مهمی دارد و از طریق سیتوکینین و به‌طور غیرمستقیم باعث حذف غالبیت انتهایی ریشه شده و موجب رشد آن می‌شود. با این حال در شرایط کمبود آب افزایش غلظت اتیلن و آبسزیک‌اسید، غلظت درونی

تاریکی قرار گرفتند. سپس مطابق روش پاسک و همکاران (Pask *et al.*, 2012) و وان‌هردن و همکاران (Van Heerden *et al.*, 2007) اندازه‌گیری‌ها بعد از محلول‌پاشی هورمون‌ها در زمان بوتینگ از برگ پرچم گیاهان انجام شد.

محتوای نسبی آب برگ‌ها مطابق رابطه $RWC = [Fw - Dw / Tw - Dw] \times 100$ که در آن به ترتیب Fw: وزن تر برگ بلافاصله بعد از نمونه‌برداری، Dw: وزن خشک برگ بعد از قرار گرفتن در آون و Tw: وزن اشباع برگ بعد از ۴ ساعت قرار گرفتن در آب مقطر می‌باشد، محاسبه گردید (Ritchie *et al.*, 1990).

اندازه‌گیری پایداری غشای سلول برگ با اندازه‌گیری هدایت الکتریکی قطعات برگ در دو مرحله توسط هدایت الکتریکی‌سنج بر اساس رابطه $CMS = (EL_1 / EL_2) \times 100$ که EL_1 و EL_2 ، به ترتیب هدایت الکتریکی محلول حاوی قطعات برگی پیش و پس از قرار گرفتن در حمام آب گرم است، انجام شد (Lutts *et al.*, 1996).

به منظور اندازه‌گیری سرعت فتوسنتز از دستگاه فتوسنتز متر (Portable LCI) ساخت شرکت Bio scientific Ltd استفاده شد. تمامی اندازه‌گیری‌ها در ساعت ۱۰-۱۲ صبح و در شدت نور ۱۴۰۰-۱۲۰۰ میکرومول فوتون بر مترمربع بر ثانیه انجام شد. لازم به ذکر است اندازه‌گیری صفات از برگ‌های پرچم یکسان (بدون تغییر برگ پرچم) در هر کرت انجام شد. آزمون نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها به ترتیب با نرم افزارهای SPSS 16، SAS 9.1 انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد اثر متقابل هورمون \times رقم بر صفت حداکثر کارایی

سال‌های اجرای آزمایش و مشخصات خاک محل اجرای آزمایش به ترتیب در جداول (۱ و ۲) آورده شده است. تیمارها شامل کاربرد خارجی هورمون‌های مختلف رشد شامل اکسین (IAA)، جیبرلیک‌اسید (GA_3) و سیتوکینین (6-BAP) به همراه آب مقطر (شاهد) در مرحله رشد بوتینگ دو رقم گندم (ریژو و آذر-۲) بود. ارقام گندم دیوم ریژو و آذر-۲ در این آزمایش به ترتیب به عنوان ارقام با عملکرد بالا و پایین (Haghparast *et al.*, 2013) و از معاونت موسسه تحقیقات کشاورزی دیوم- سرارود تهیه شدند. کاشت در سال اول در تاریخ ۵ آبان و در سال دوم در ۸ آبان انجام شد. اندازه پلات‌ها $1/5 \times 2/5$ مترمربع با شش خط کشت و تراکم ۳۰۰ بوته در مترمربع بود. فاصله بین پلات‌ها نیم متر در نظر گرفته شد. جهت اطمینان از جذب شدن تنظیم‌کننده‌های رشد توسط گیاه عمل محلول‌پاشی در سه روز متوالی قبل از غروب آفتاب (جهت جلوگیری از تجزیه آنها توسط نور خورشید)، در زمان بوتینگ دو رقم گندم انجام شد. گیاهان شاهد نیز با آب مقطر تیمار شدند. در هر بار محلول‌پاشی ۶ خط هر پلات با میزان ۵۰۰ میلی‌لیتر از محلول‌ها با غلظت ۵۰ میکرومولار توسط مه‌پاش‌های دستی کاملاً خیس شدند (Yang *et al.*, 2002; 2003).

اندازه‌گیری صفات

از دستگاه فلورسانس متر (Plant Efficiency Analyser) مدل (Pocket Pea, Hansatech Instruments Ltd. UK) جهت اندازه‌گیری نسبت فلورسانس متغیر به فلورسانس حداکثر (Fv/Fm) که نمایانگر حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II است و همچنین شاخص عملکرد فتوسنتز استفاده شد. در این روش برگ‌ها جهت عادت دادن به تاریکی به مدت ۱۵ دقیقه در

شرایط تنش خشکی است (Mehrabi and Ehsanzadeh, 2011).

اثر متقابل هورمون \times رقم بر سرعت فتوسنتز و محتوی نسبی آب برگ معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان سرعت فتوسنتز مربوط به کاربرد خارجی سیتوکینین در رقم ریژاو با میانگین ۱۸/۸ میکرومول دی‌اکسیدکربن بر مترمربع بر ثانیه بود و کمترین میانگین در عدم کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد و در هر دو رقم ریژاو و آذر-۲ با میانگین‌های ۱۱/۶ و ۹/۶ میکرومول دی‌اکسیدکربن بر مترمربع بر ثانیه به‌دست آمد. هورمون اکسین بعد از سیتوکینین بیشترین اثر مثبت را بر میزان سرعت فتوسنتز داشت (جدول ۴). برای محتوی نسبی آب برگ نیز بیشترین درصد محتوی نسبی آب مربوط به کاربرد هورمون سیتوکینین در هر دو رقم ریژاو و آذر-۲ به‌ترتیب با مقادیر ۷۱/۰۶ و ۶۶/۳۳ درصد بود. کمترین درصد نیز در تیمار شاهد و در رقم آذر-۲ به‌دست آمد (جدول ۴).

نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد اثرات ساده هورمون و رقم بر صفات پایداری غشای سلول، شاخص زنده‌مانی و میزان سبزیگی برگ پرچم معنی‌دار بوده است. به‌طورکلی، رقم ریژاو نسبت به رقم آذر-۲ در تمامی صفات مذکور برتری داشت (جدول ۵). همچنین در بین هورمون‌های رشد بیشترین درصد پایداری غشای سلول با محلول پاشی اکسین و سپس محلول پاشی سیتوکینین با مقادیر به‌ترتیب ۶۲/۶۲ و ۶۰/۴۴ درصد به‌دست آمد و کمترین مربوط به تیمار شاهد با مقدار ۵۰/۴۰ درصد بود (جدول ۶). چنین نتیجه‌ی مشابهی برای صفت شاخص عملکرد یا شاخص پایداری به‌دست آمد. به‌طوری‌که کاربرد اکسین و سیتوکینین به‌ترتیب

فتوشیمیایی فتوسیستم II معنی‌دار شده است. نتایج جدول (۴) نشان می‌دهد بیشترین مقدار برای صفت مذکور مربوط به کاربرد هورمون اکسین در رقم ریژاو است. کمترین مقادیر این صفت نیز در تیمار شاهد (عدم کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد) در هر دو رقم ریژاو و آذر-۲ به‌ترتیب با مقادیر ۰/۳۳ و ۰/۳۴ می‌باشد.

کاهش راندمان کوانتومی فتوسیستم II در اثر تنش نشان‌دهنده‌ی تأثیر سوء آن تنش بر فتوسیستم II و انتقال الکترون در فتوسنتز است که علت این امر از بین رفتن استحکام غشای تیلاکوئید و در نتیجه نشت مواد از غشاء می‌باشد که باعث کاهش انتقال الکترون در فتوسیستم II شده و با نسبت F_v/F_m همبستگی زیادی دارد (Rizza et al., 2001). در آزمایشی با اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل و بررسی متغیرهای آن در گیاه جو مشخص شد که در شرایط تنش خشکی میزان F_v (اختلاف بین F_0 با F_m) کاهش می‌یابد که علت آن نیز افزایش F_0 و کاهش F_m بوده است. تحت تأثیر قرار نگرفتن نسبت F_v/F_m در اثر تنش خشکی نشان‌دهنده مقاومت سیستم انتقال الکترون فتوسنتزی است (Mamnoei and Seyed Sharifi, 2010). محققین در آزمایش خود بر روی گندم دریافتند تغییری در نسبت F_v/F_m در گیاهان گندم کشت شده در گلدان تحت شرایط تنش ایجاد نمی‌شود (Gale et al., 2002). چنین نتایجی بر روی ژنوتیپ‌های مختلف گیاه کنجد نیز به‌دست آمده است. با این‌که روند کاهشی در حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II تحت شرایط تنش خشکی در گیاه کنجد وجود داشت اما این روند کاهشی معنی‌دار نبود. این نتیجه نشان‌دهنده مقاومت و پایداری فتوسیستم II در

نسبی آب برگ گیاه آویشن تحت سطوح متفاوت آبیاری اثر مثبت و معنی‌داری داشته‌اند (Pazki *et al.*, 2012).

در بررسی عوامل روزنه‌ای و غیرروزنه‌ای کنترل کننده فتوسنتز و ارتباط آنها با تنش خشکی در ژنوتیپ‌های مختلف گندم نتایج نشان داده که در ارقام مقاوم به خشکی، میزان محتوی نسبی آب برگ گیاهان گندم با وجود هدایت روزنه‌ای و تعرق بالا، ۸ درصد نسبت به ارقام حساس بیشتر بوده که می‌تواند ناشی از توانایی بیشتر آنها در جذب آب از خاک توسط ریشه‌ها باشد. با این حال در محتوی نسبی آب برگ ژنوتیپ‌های بینابین از نظر تحمل به خشکی تفاوتی وجود ندارد (Siosemardeh *et al.*, 2003; Naderi Zarnaghi and Fotovat, 2017). در حالی‌که بررسی‌های دیگر بیانگر آن هستند که تنش خشکی از تکامل غشای سلول‌ها جلوگیری می‌کند و باعث نشت الکترولیت‌ها می‌شود. با تخریب غشاء کارکرد اجزای درون غشاها و بسیاری از پروتئین‌ها و آنزیم‌ها مختل شده و آماس سلولی و فتوسنتز و بسیاری از اعمال حیاتی سلول دچار اختلال می‌شود (Velázquez- Márquez *et al.*, 2015).

در آزمایش حاضر نیز همانطور که قبلاً گفته شد بین دو رقم گندم کشت شده در شرایط دیم از لحاظ صفات شاخص عملکرد، حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II، محتوی نسبی آب برگ پرچم، میزان سبزی‌نگی و پایداری غشای سلولی اختلاف معنی‌دار وجود داشت. به طوری‌که در تمامی صفات رقم ریژاو برتری نسبت به رقم آذر-۲ از خود نشان داد. برای محلول‌پاشی هورمون‌های مختلف رشد نیز چنین اختلاف معنی‌داری وجود داشت که بسته به نوع صفت،

با مقادیر ۸/۵۱ و ۸/۰۸ بیشترین میزان شاخص عملکرد را داشتند و شاهد (عدم محلول‌پاشی) با مقدار ۴/۹۵ کمترین میزان را به خود اختصاص داد (جدول ۶). اما برای صفت میزان سبزی‌نگی نتایج اندکی تفاوت داشت. چنان‌که بیشترین میزان سبزی‌نگی در برگ‌های پرچم اندازه‌گیری شده با کاربرد خارجی هورمون‌های سیتوکینین و اکسین با مقادیر ۴۹/۰ و ۴۱/۲ به دست آمد. مشابه سایر صفات در این صفت نیز تیمار شاهد با مقدار ۲۸/۱۶ کمترین میزان سبزی‌نگی را داشت (جدول ۶).

در آزمایش دیگر اثر تنش خشکی پس از گرده‌افشانی در ژنوتیپ‌های مختلف گندم مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که اثر تنش خشکی بر صفات محتوی نسبی آب، شاخص زنده ماندی و حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II ژنوتیپ‌های گندم معنی‌دار بوده است. به طوری‌که در شرایط تنش صفات مذکور به ترتیب ۱۲، ۳۶ و ۱۱ درصد نسبت به شرایط نرمال (بدون تنش خشکی) کاهش داشته‌اند (Ardalani *et al.*, 2015). در حالی‌که در آزمایش دیگر گزارش شده که تنش کم آبی در مرحله بعد از گرده‌افشانی در ژنوتیپ‌های مختلف گندم اثر معنی‌داری بر محتوی نسبی آب برگ و حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II نداشته است (Abdoli *et al.*, 2013). در آزمایشی کاربرد شبه هورمون اسید سالیسیلیک بر گیاهچه‌های نخود تحت سطوح مختلف تنش خشکی توانسته پایداری غشای سلولی، میزان کلروفیل کل و میزان کارتنوئیدها را افزایش دهد (Ramezannezhad *et al.*, 2013). همچنین نتایج دیگر نشان می‌دهد که هورمون جیبرلین و شبه هورمون آسکوربات بر پایداری غشای سیتوپلاسمی، سطح برگ، محتوی

سرعت فتوسنتز ($R^2=0/79$) و میزان سبزی‌نگی ($R^2=0/85$) به‌دست آمد با این تفاوت که در این صفات محلول‌پاشی هورمون سیتوکینین وجه مشابه آنها در داشتن بیشترین میانگین بود (شکل ۱).

نتیجه‌گیری کلی

در تمامی صفات فیزیولوژیک که در مرحله بوتینگ اندازه‌گیری شد یک وجه مشترک در نوع هورمون مورد استفاده شده وجود داشت. کاربرد خارجی هورمون‌های اکسین (IAA) و سیتوکینین (6-BAP) صفات پایداری غشای سلولی، شاخص زنده‌مانی، حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II، سرعت فتوسنتز، محتوی نسبی آب و میزان سبزی‌نگی را در وضعیت بهتری نسبت به شاهد و حتی محلول‌پاشی هورمون جیبرلیک‌اسید (GA_3) قرار داد که در تمام این موارد نباید واکنش ژنتیک گیاه (نوع رقم) را نادیده گرفت. به‌طوری‌که در تمامی این صفات برتری با رقم ریژا بود.

سپاسگزاری

نتایج ارائه شده در این مقاله بخشی از نتایج رساله دکتری نویسنده مسئول می‌باشد. بدین‌وسیله از زحمات و راهنمایی‌های دوستانی که در اجرای این پروژه همکاری داشتند صمیمانه سپاسگزاری می‌شود. همچنین از راهنمایی‌های پروفیسور یانگ از دانشگاه یانگجو چین در زمینه کاربرد هورمون‌های گیاهی و فراهم کردن امکان حضور در تیم تحقیقاتی ایشان تقدیر و تشکر به‌عمل می‌آید.

نوع هورمون برتر نیز متفاوت بود. برای شاخص عملکرد هورمون‌های اکسین و سیتوکینین، حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II هورمون اکسین، محتوی نسبی آب برگ و سرعت فتوسنتز هورمون سیتوکینین، پایداری غشای سلولی هورمون اکسین و میزان سبزی‌نگی هورمون‌های سیتوکینین و اکسین بهترین اثر مثبت را داشتند. همان‌طور که در شکل (۱) نشان داده شده است، بین پایداری غشاء سلولی برگ پرچم و شاخص عملکرد تحت اثر کاربرد خارجی هورمون‌های مختلف رشد در سال‌های آزمایش ارتباط مستقیم و مثبتی وجود دارد ($R^2=0/96$). همچنین شکل (۱) رابطه بین پایداری غشاء سلولی برگ پرچم و حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II، با کاربرد خارجی هورمون‌های مختلف رشد در سال‌های آزمایش نشان می‌دهد. مطابق این شکل حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II، ارتباط مستقیم و مثبتی را با پایداری غشای سلولی از خود نشان داده است ($R^2=0/94$). بنابراین، چنین می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد هورمون‌های مختلف رشد با اثر مثبت بر پایداری غشاء در سلول‌های برگ پرچم گیاهان گندم باعث حفظ ساختار غشاء و سیستم فتوسنتزی شده است که به‌دنبال آن مقادیر شاخص عملکرد و حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در وضعیت مناسبی قرار دارند. بین صفات مذکور اثر محلول‌پاشی هورمون اکسین وجه مشترکی دارد که البته نباید واکنش ارقام را نیز نادیده گرفت. چنین همبستگی مثبت و معنی‌داری نیز بین صفت پایداری غشای سلول و

جدول ۱- میزان بارندگی و میانگین دمای ماهانه در سال‌های آزمایش

Table 1- Rainfall and average monthly temperature in the experimental years

جمع Total	تیر Jul	خرداد Jun	اردیبهشت May	فروردین Apr	اسفند Mar	بهمن Feb	دی Jan	آذر Dec	آبان Nov	مهر Oct	بارندگی سال اول Rainfall-First Year (mm)
380.3	0	7.8	11.8	31.0	47.3	76.2	43.7	54.5	107.0	1.0	بارندگی سال دوم Rainfall-Second Year (mm)
233.6	0	3.5	6.9	49.4	22.8	5.6	12.5	37.1	37.4	58.4	میانگین دما Temperature (°C)
-	29.2	24.2	18.4	12.0	9.0	2.4	0.9	6.0	11.3	17.8	میانگین دما Temperature (°C)
-	31	26	19.3	12.3	7.4	7.3	3.4	7.1	9.8	18.9	

جدول ۲- مشخصات خاک مزرعه آزمایش

Table 2- Characteristics of experimental farm soil

آهک Lime (%)	نیتروژن Nitrogen (%)	پتاسیم potassium (ppm)	فسفر Phosphorus (ppm)	ماده آلی Organic Matter (%)	کربن آلی Organic Carbon (%)	ذرات خاک Soil Particles (%)			نوع بافت Soil Texture	سال آزمایش Experiment Year
						شن Sa nd	سیلت Loam	رس Clay		
35.0	0.11	400	8.2	1.72	1.0	2	43	55	رسی-سیلتي Clay-Loam	سال اول First Year
33.0	0.12	395	7.8	2.06	1.2	3	44	53	رسی-سیلتي Clay-Loam	سال دوم Second Year

جدول ۳- تجزیه واریانس محلول‌پاشی هورمون‌های مختلف گیاهی در مرحله بوتینگ بر برخی صفات فیزیولوژیک برگ پرچم دو رقم گندم تحت شرایط دیم

Table 3- Variance analysis of foliar application of different plant hormones at booting stage on some physiological traits of flag leaf of two wheat cultivars under rainfed conditions

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسنتز II Fv/Fm	سرعت فتوسنتز Photosynthetic Rate	محتوی نسبی آب Relative Water Content	پایداری غشای سلول Cell Membrane Stability
سال (Year)	1	0.013 ^{ns}	23.9 ^{ns}	116.8 ^{ns}	7.6 ^{ns}
تکرار در سال (Replication Year)	4	0.005	7.6	197.3	137.2
هورمون (Hormone)	3	0.26 ^{**}	116.6 ^{**}	404.5 ^{**}	408.6 ^{**}
سال × هورمون Hormone × Year	3	0.001 ^{ns}	2.0 ^{ns}	9.1 ^{ns}	0.3 ^{ns}
رقم (Cultivar)	1	0.05 ^{**}	71.2 [*]	635.8 [*]	378.5 [*]
سال × رقم Cultivar × Year	1	0.000 ^{ns}	0.1 ^{ns}	2.8 ^{ns}	0.4 ^{ns}
رقم × هورمون Cultivar × Hormone	3	0.022 [*]	0.6 [*]	13.7 [*]	16.6 ^{ns}
سال × هورمون × رقم Cultivar × Hormone × Year	3	0.001 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.9 ^{ns}	2.1 ^{ns}
خطای آزمایش Error	28	0.002	2.4	51.6	31.5
C.V. ضریب تغییرات (%)		7.65	10.90	11.93	9.92

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, * and ** are non-significant and significant in probability levels of 5 and 1 %, respectively.

ادامه جدول ۳-
Table 3- continued

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	شاخص عملکرد Performance Index	میزان سبزیگی SPAD	عملکرد دانه Grain Yield	عملکرد بیولوژیک Biological Yield
سال (Year)	1	20.4 ^{ns}	1.0 ^{ns}	291018.8 ^{ns}	۱۴۲۰۰۳۲/۰ ^{ns}
تکرار در سال (Replication Year)	4	3.6	144.8	139275.1	441987.2
هورمون (Hormone)	3	32.1 ^{**}	1062.1 [*]	2021725.2 ^{**}	3538115.9 ^{**}
سال × هورمون Hormone × Year	3	0.5 ^{ns}	77.0 [*]	29945.8 ^{ns}	95750.1 ^{ns}
رقم (Cultivar)	1	224.0 [*]	2836.7 [*]	1254371.6 [*]	5937540.0 ^{**}
سال × رقم Cultivar × Year	1	1.0 ^{ns}	15.2 ^{ns}	1209.0 ^{ns}	901.3 ^{ns}
رقم × هورمون Cultivar × Hormone	3	1.8 ^{ns}	238.1 ^{ns}	16355.1 [*]	57569.6 [*]
سال × هورمون × رقم Cultivar × Hormone × Year	3	0.2 ^{ns}	111.3 ^{**}	119.8.8 ^{ns}	3827.2 ^{ns}
Error خطای آزمایش	28	27.4	17.5	48110.4	159133.5
C.V. ضریب تغییرات (%)		14.15	11.13	10.11	11.49

ns, * and ** are non-significant and significant in probability levels of 5 and 1 %, respectively. ns, * and ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل بین محلول پاشی هورمون های مختلف رشد در مرحله بوتینگ بر سرعت فتوسنتز، حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II و محتوی نسبی آب برگ دو رقم گندم تحت شرایط دیم

Table 4- Comparison of mean interactions between foliar application of different growth hormones at booting stage on photosynthetic rate, maximum photochemical efficiency of photosystem II and relative leaf water content of two wheat cultivars under dryland conditions

رقم Cultivar	هورمون Hormone	محتوی نسبی آب Relative Water Content (%)	حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II Fv/Fm	سرعت فتوسنتز Photosynthetic Rate ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$)
ریژاو (Rijaw)	شاهد (Control)	58.73	0.33	11.6
	اکسین (IAA)	62.61	0.73	17.1
	جیبرلیک اسید (GA ₃)	62.96	0.56	14.7
	سیتوکینین (6-BAP)	71.06	0.61	18.8
آذر-۲ (Azar-2)	شاهد (Control)	52.38	0.34	9.6
	اکسین (IAA)	54.01	0.60	14.3
	جیبرلیک اسید (GA ₃)	53.53	0.41	11.8
	سیتوکینین (6-BAP)	66.33	0.62	16.8
LSD5%	-	1.7989	0.0613	0.3684

تفاوت میانگین هایی که با شاهد کمتر از LSD است در سطح ۵ درصد معنی دار نیست.
Difference in mean with control less than LSD in 5% level is not significant.

جدول ۵- تفاوت میانگین برخی از صفات فیزیولوژیک برگ پرچم دو رقم گندم (در مرحله بوتینگ) تحت شرایط دیم

Table 5- The difference between the mean of some physiological traits of the flag leaf of two wheat cultivars (in the booting stage) under dryland conditions

رقم Cultivar	میزان سبزی‌نگی SPAD	شاخص عملکرد Performance Index	پایداری غشای سلول Cell Membrane Stability (%)
ریژاو (Rijaw)	45.25	9.15	59.43
آذر-۲ (Azar-2)	29.875	4.82	53.81
LSD5%	14.294	3.7589	2.5412

تفاوت میانگین‌هایی که با شاهد کمتر از LSD است در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیست.

Difference in mean with control less than LSD in 5% level is not significant.

جدول ۶- تفاوت میانگین اثرات محلول‌پاشی هورمون‌های مختلف رشد بر برخی صفات فیزیولوژیک برگ پرچم دو رقم گندم

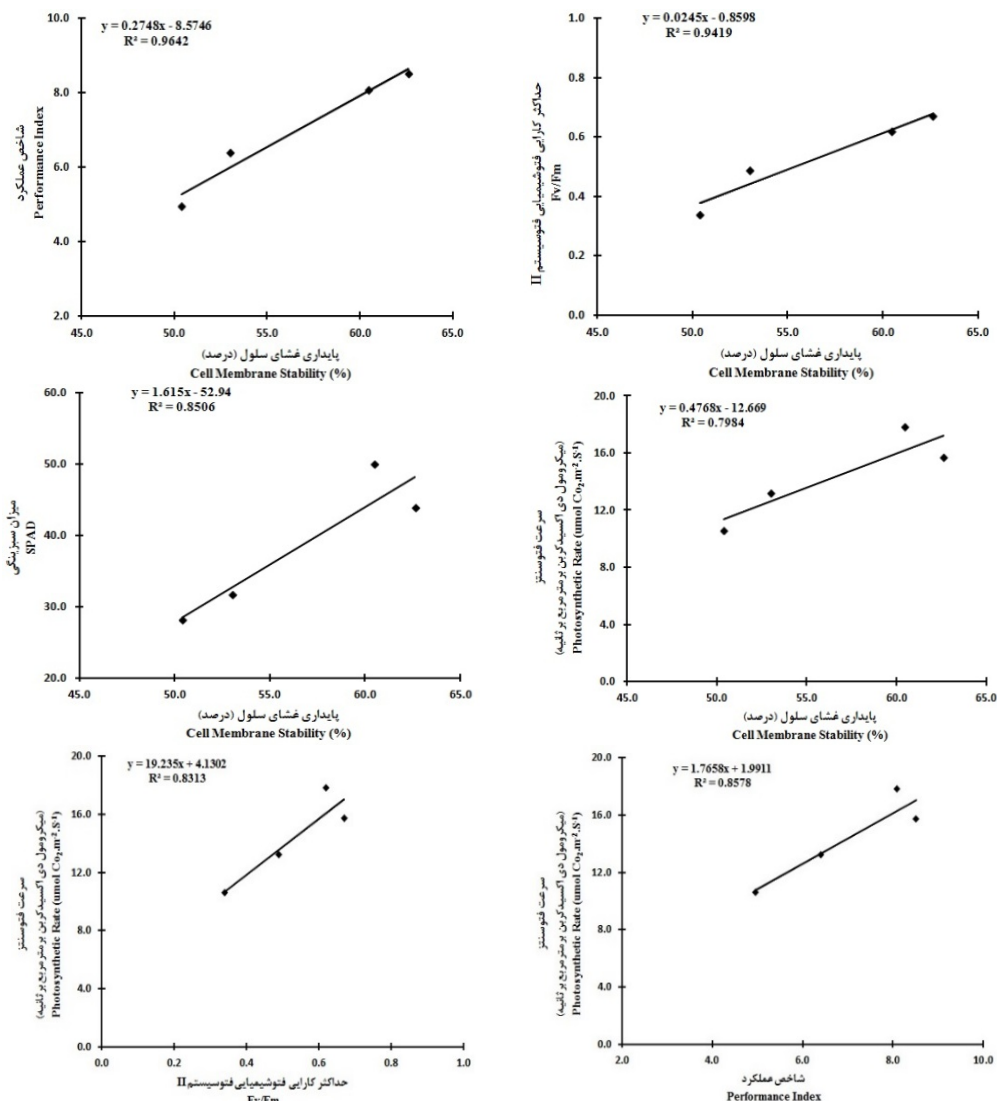
(در مرحله بوتینگ) تحت شرایط دیم

Table 6- Mean effects of foliar application of different growth hormones on some physiological traits of flag leaf of two wheat cultivars (in booting stage) under dryland conditions

هورمون Hormone	میزان سبزی‌نگی SPAD	شاخص عملکرد Performance Index	پایداری غشای سلول Cell Membrane Stability (%)
شاهد (Control)	28.16 c	4.95 c	50.40 d
اکسین (IAA)	41.25 ab	8.51 a	62.62 a
جیبرلیک‌اسید (GA ₃)	31.83 bc	6.40 b	53.02 c
سیتوکینین (6-BAP)	49.00 a	8.08 a	60.44 b
LSD5%	11.402	0.926	0.8137

تفاوت میانگین‌هایی که با شاهد کمتر از LSD است در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیست.

Difference in mean with control less than LSD in 5% level is not significant.



شکل ۱- روابط بین پایداری غشای سلول‌های برگ پرچم دو رقم گندم با برخی صفات فیزیولوژیک تحت تأثیر کاربرد خارجی هورمون‌های مختلف رشد در شرایط دیم

Figure 1- Relationships between leaf cell membrane stability of two wheat cultivars with some physiological traits under external application of different growth hormones in dryland conditions

References

منابع مورد استفاده

- Abdoli, M., M. Saeidi, S. Jalali-Honarmand, S. Mansourifar, and M.E. Ghobadi. 2013. Evaluation of some physiological and biochemical traits and their relationships with yield and its components in some improved wheat cultivars under post-anthesis water deficit. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 6(1): 47-63. (In Persian).
- Adeniyi, O.T., S.O. Akparobi, and I.J. Ekanayake. 2004. Field studies on chlorophyll a fluorescence for low temperature tolerance testing of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Food, Agriculture and Environment*. 2(1): 166-170.
- Akter, N., M.R. Islam, and M.A. Karim. 2014. Alleviation of drought stress in maize by exogenous application of gibberellic acid and cytokinin. *Journal of Crop Biology*. 17:8-41.
- Ardalani, S., M. Saeidi, S. Jalali Honarmand, and M. Ghobadi. 2015. The effect of drought tension after pollination on some physiological characteristics and grain quality of different wheat genotypes. *Crop Physiology Journal*. 7(27):5-19. (In Persian).
- Blum, A. 2016. Osmotic adjustment is a prime drought stress adaptive engine in support of plant production. *Plant, Cell & Environment*. 40: 4-10.
- De Ronde, J.A., W.A. Cress, G.H.J. Kruger, R.J. Strasser, and J. Van Staden. 2004. Photosynthetic response of transgenic soybean plants, containing an Arabidopsis P5CR gene, during heat and drought stress. *Journal of Plant Physiology*. 161:1211-1224.
- Gale, A., J. Csiszar, I. Tari, and L. Erdei. 2002. Change in water and chlorophyll fluorescence parameters under osmotic stress in wheat cultivars. Proceedings of the 7th Hungarian congress on Plant Physiology. 85-86 pp.
- Ghobadi, M., Sh. Taherabadi, M.E. Ghobadi, Gh.R. Mohammadi, and S. Jalali-Honarmand. 2013. Antioxidant capacity, photosynthetic characteristics and water relations of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars in response to drought stress. *Industrial Crops and Products*. 50: 29-38.
- Gray, G.R., B.J. Hope, X.Q. Qian, B.G. Taylor, and C.L. Whitehead. 2003. The characterization of photo-inhibition and recovery during cold acclimation in *Arabidopsis thaliana* using chlorophyll fluorescence imaging. *Physiological Plantarum*. 119: 365-375.
- Haghparast, R., R. Rajabi, M. Roustaii, and M. Aghae Sarbarzeh. 2013. Rijaw, A new bread wheat cultivar for rainfed and supplemental irrigation in moderate cold regions of Iran. *Seed and Plant Journal*. 29(2): 401-403. (In Persian).
- Lutts, S., J.M. Kinet, and J. Bouharmont. 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of Botany*. 78: 389-398.
- Majidimehr, A., and R. Amiri-Fahliani. 2016. Analysis of salinity effect on chlorophyll rate, florescence indices and grain yield of some rice cultivars. *Journal of Crop Breeding*. 8(18): 183-190. (In Persian).
- Mamnoei, E., and R. Seyed Sharifi. 2010. Study the effects of water deficit on chlorophyll fluorescence indices and the amount of proline in six barley genotypes

- and its relation with canopy temperature and yield. *Journal of Plant Biology*. 2(5): 51-62. (In Persian).
- Müller, M., and S. Munné-Bosch. 2021. Hormonal impact on photosynthesis and photoprotection in plants. *Plant Physiology*. 185(4): 1500–1522.
 - Maxwell, K., and G.N. Johnson. 2000. Chlorophyll fluorescence-a practical guide. *Journal of Experimental Botany*. 51(345): 659-668.
 - Mehrabi, Z., and P. Ehsanzadeh. 2011. A study on physiological attributes and grain yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars under different soil moisture regimes. *Journal of Crops Improvement*. 13(2): 75-89. (In Persian).
 - Naderi Zarnaghi, R., and R. Fotovat. 2017. Evaluation of drought tolerance of some winter wheat genotypes. *Journal of Crop Ecophysiology*. 10(4): 945-958.
 - Pask, A., J. Pietragalla, D. Mullan, and M. Reynolds. 2012. Physiological breeding II: A field guide to wheat phenotyping. International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) Mexico, D.f. 140 pp.
 - Pazki, A.R., H. Rezaei, D. Habibi, and F. Pak-Nezhad. 2012. Effect of drought stress, ascorbate and gibberellin foliar application on some morphological traits, RWC and cell membrane stability of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Journal of Agronomy and Plant Breeding*. 8(1): 1-13. (In Persian).
 - Petrov, P., A. Petrova, I. Dimitrov, T. Tashev, K. Olsovska, M. Brestic, S. Misheva. 2017. Relationships between leaf morpho-anatomy, water status and cell membrane stability in leaves of wheat seedlings subjected to severe soil drought. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 204(3): 219-227.
 - Ramezannezhad, R., M. Lahouti, and A. Ganjali. 2013. Effect of salicylic acid on physiological and biochemical parameters on resistant and sensitive chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under drought stress. *Journal of Plant Ecophysiology*. 5(12): 24-36. (In Persian).
 - Ripley, B.S., S.P. Redfern, and J.F. Dames. 2004. Quantification of the photosynthetic performance of phosphorus-deficient Sorghum by means of chlorophyll-a fluorescence kinetics. *South African Journal of Science*. 100: 615–618.
 - Ritchie, S.W., H.T. Nguyen, and A.S. Haloday. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotype differing in drought resistance. *Crop Science*. 30:105-111.
 - Rizza, F., D. Pagani, A.M. Stance, and L. Cattivelli. 2001. Use of chlorophyll fluorescence to evaluate the cold acclimation and freezing tolerance of winter and spring oats. *Plant Breeding*. 120: 389-396.
 - Sadiqov, S.T., M. Akbulut, and V. Ehmedov. 2002. Role of Ca²⁺ in drought stress signaling in wheat seedlings. *Biochemistry-Moscow*. 67: 491–497.
 - Saeidi, M., F. Moradi, A. Ahmadi, R. Spehri, G. Najafian, and A. Shabani. 2011. The effect of terminal water stress on physiological characteristics and sink- source relations in two bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Iranian Journal of Crop Science*. 12(4): 392-408. (In Persian).
 - Siosemardeh, A., A. Ahmadi, K. Poustini, and H. EbrahimZadeh. H. 2003. Stomatal and nonstomatal limitations to photosynthesis and their relationship with drought resistance in wheat cultivars. *Iranian Journal of Agricultural Science*. 34(4): 93-106. (In Persian).

- Sondhi, P., D. Lingden, and K.J. Stine. 2020. Structure, formation, and biological interactions of supported lipid bilayers (SLB) incorporating lipopolysaccharide. *Coatings* (MDPI). 10(981): 1-32.
- Strasser, R.J., A. Srivastava, and M. Tsimilli-Michael. 2000. The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples. Probing photosynthesis: mechanisms, regulation and adaptation, p: 445–483.
- Van Heerden, P.D.R., J.W. Swanepoel, and G.H.J. Krüger, 2007. Modulation of photosynthesis by drought in two desert scrub species exhibiting C3-mode CO₂ assimilation. *Environmental and Experimental Botany*. 61: 124–136.
- Velázquez-Márquez S., V. Conde-Martínez, C. Trejo, A. Delgado-Alvarado, A. Carballo, R. Suárez, and A.R. Trujillo. 2015. Effects of water deficit on radicle apex elongation and solute accumulation in *Zea mays* L. *Plant Physiology and Biochemistry*. 96: 29–37.
- Zhang, Y., L. Yaping, J.H. Muhammad, L. Zhou, and P. Yan. 2020. Indole-3-acetic acid improves drought tolerance of white clover via activating auxin, abscisic acid and jasmonic acid related genes and inhibiting senescence genes. *BMC Plant Biology*. 20: 1-12.
- Zivcak, M., M. Brestic, K. Olsovska, and P. Slamka. 2008. Performance index as a sensitive indicator of water stress in *Triticum aestivum*. *Plant, Soil and Environment*. 54: 133–139.
- Yang, J., J. Zhang, Z. Wang, Q. Zhu, and L. Liu. 2002. Abscisic acid and cytokinins in the root exudates and leaves and their relationship to senescence and remobilization of carbon reserves in rice subjected to water stress during grain filling. *Planta*. 215: 645–652.
- Yang, J., J. Zhang, Z. Wang, Q. Zhu, and L. Liu. 2003. Involvement of abscisic acid and cytokinins in the senescence and remobilization of carbon reserves in wheat subjected to water stress during grain filling. *Plant, Cell & Environment*. 26: 1621-1631.

Research Article

DOI:

The Effect of Growth Regulators on Some Photosynthetic Traits and Maintenance of Cell Membrane Structure of Flag Leaf of Two Wheat Cultivars under Rainfed Conditions

Ali Rasaei^{1*}, Saeid Jalali-Honarmand², Mohsen Saeidi² and Mohammad-Eghbal Ghobadi²

Received: November 2021, Revised: 1 May 2022, Accepted: 13 June 2022

Abstract

When the plant is exposed to abiotic stresses, the cell membrane is the first part of the cell to be affected by stress, and the relationships of the many of physiological and biochemical cell of the plant are disrupted. The effect of three growth hormones (3-indoleacetic acid [IAA], gibberellic acid [GA₃] and 6-benzylaminopurine [6-BAP]) with a control (distilled water) was evaluated at booting stage of two wheat cultivars (Rijaw and Azar-2). A factorial experiment using a randomized complete block design (RCBD) with three replications was setup at Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran in 2013-14 and 2014-15. Based on the results, the effect of different growth hormones on SPAD, relative water content, Fv/Fm, performance index, leaf cell membrane stability and photosynthetic rate of both cultivars were significant. Among growth hormones, foliar application of Cytokinin and Auxin had the greatest effect on the measured leaf traits and the lowest mean of the traits was obtained in non-spraying treatment (control). Between the two cultivars, Rijaw cultivar was superior to Azar-2. There was also a positive and significant correlation between cell membrane stability and photosynthesis rate, Fv/Fm and performance index. In general, in dryland conditions (water deficiency) with external application of cytokinin in booting stage in superior wheat cultivar (Rijaw) cell membrane stability, relative water content, photosynthetic rate and Fv/Fm were 16, 18, 38 and 45 percent higher than the control, respectively.

Key words: Cell Membrane Stability, Photosynthetic Rate, Plant Hormones, Wheat.

1- Assistant Professor, Sararood Branch, Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kermanshah, Iran.

2- Associate Professor, Department of Genetic and Plant Production, Razi University, Kermanshah, Iran.

*Corresponding Authors: alirasaei65@gmail.com; a.rasaei@areeo.ac.ir