

بررسی ارتباط صفات آناتومیکی برگ پرچم و محور سنبله گندم تیمار شده با پراکسید هیدروژن با عملکرد دانه گندم در شرایط دیم

طیبه جعفریان^۱، محمد جواد زارع^{۱*} و عادل سی و سه مرده^۲

^{۱*} گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام،

^۲ گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۲۰، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۶/۰۳/۳۱)

چکیده

به منظور بررسی اثر آماده‌سازی بذر (پرایمینگ) با غلظت‌های مختلفی از پراکسید هیدروژن بر آناتومی برگ پرچم و محور سنبله دو رقم گندم کراس سبلان (گندم نان) و ساجی (گندم دوروم) و ارتباط آن با عملکرد دانه، تحت شرایط دیم آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ایلام انجام شد. تیمارهای آزمایشی (پرایمینگ بذر) شامل چهار سطح غلظت پراکسید هیدروژن (صفر، ۲۵، ۵۰، ۸۰ میلی‌مولار) و دو رقم گندم بودند. نتایج آزمایش نشان داد که تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، وزن دانه در سنبلک چهارم تا هشتم، مساحت برگ، تعداد و طول روزنه و نیز ویژگی‌های آناتومیکی برگ پرچم و محور سنبله مورد مطالعه در این پژوهش تحت تاثیر آماده‌سازی بذر با پراکسید هیدروژن قرار گرفت. بوته‌هایی که بذر آنها با پراکسید هیدروژن تیمار شده بودند از سطح برگ و طول روزنه بیشتر، مساحت و قطر آوند چوبی و آبکش، مساحت مزوفیل، مساحت غلاف آوندی، مساحت اپیدرم بالا و پایین بیشتری در برگ پرچم برخوردار بودند همچنین تحت تاثیر پراکسید هیدروژن خصوصیات آناتومیکی محور سنبله شامل مساحت آوند چوبی و آبکش و اندازه دستجات آوندی نسبت به شاهد بزرگتر بود. در نهایت پیش تیمار بذر با غلظت ۸۰ میلی‌مولار پراکسید هیدروژن نسبت به سایر غلظت‌ها از طریق اثرگذاری مثبت بر خصوصیات آناتومیکی برگ پرچم و محور سنبله باعث افزایش عملکرد دانه در هر دو رقم گندم در شرایط دیم شد.

کلمات کلیدی: دستجات آوندی، روزنه، سطح برگ، وزن دانه در سنبله.

مقدمه

طرفی کمبود رطوبت به عنوان عمده‌ترین فاکتور محدودکننده تولیدات زراعی در دیمزارها می‌باشد. برگ به عنوان اندام فتوسنتزی در گیاه نقش ویژه ای دارد که در زمان وقوع تنش سطح برگ کاهش می‌یابد (Pettigrew, 2004). تنش خشکی در طول دوره رویشی باعث کوچک شدن برگ‌ها می‌شود همچنین شاخص سطح برگ، دوره رسیدن محصول و میزان

در کشور ایران بخش عمده‌ای از اراضی کشور به کشت دیم اختصاص دارد و بخش قابل ملاحظه‌ای از نیاز تولیدات غذایی کشور از این طریق تأمین می‌شود. در این میان نقش و جایگاه غلات دیم و بویژه گندم در مقایسه با سایر محصولات بارزتر می‌باشد (Zare Faizabad et al., 2006). از

* نویسنده مسؤول، نشانی پست الکترونیکی: j.taiebeh@yahoo.com

سوء تنش بر سطح برگ، کاهش بسته شدن روزنه‌ها و بهبود هدایت روزنه‌ای (Wahid *et al.*, 2007 ; Liheng *et al.*, 2009)، بهبود سرعت فتوسنتز (Ishibashi *et al.*, 2011) و همچنین تنظیم اسمزی، که بطور قابل توجهی در حفظ آب جذب شده و آماس سلول در شرایط تنش خشکی نقش دارد (Chaves *et al.*, 2009) باعث بهبود عملکرد می‌شود. همچنین نشان داده شده است که پراکسید هیدروژن می‌تواند انتقال دهنده اولیه الکترون به سیستم فتوسنتزی دو باشد (Olson and Blankenship, 2004) و تنظیم کننده پاسخ‌های دیگر هورمون‌ها در گیاهان است (Slesak *et al.*, 2007).

در غلات برگ پرچم، محور سنبله و ساختار آنها از عوامل تاثیرگذار بر تولید می‌باشند که می‌تواند نقش مهمی در تأمین مواد پرورده برای دانه ایفا کند، اما این اثر بخشی می‌تواند کاملاً متأثر از شرایط محیطی باشد. دانش سیستم انتقال مواد غذایی توسط دستجات آوندی و نحوه توزیع و اندازه آنها در طول محور سنبله گندم بسیار مهم است (Lopez *et al.*, 2001). بر اساس تحقیقات پیشین نحوه توزیع تعداد و اندازه دانه‌ها در طول محور سنبله گندم بوسیله دستجات آوندی مرکزی و کناری تعیین می‌شود (Whingwiri *et al.*, 1981). مطالعه جزئیات اجزاء و بافت‌های سازنده گیاه، درک بهتری از سازش آن با شرایط مختلف محیطی فراهم می‌کند و بدون آگاهی از ساختار (آناتومی) گیاهان، فرآیندهای فیزیولوژیک درون گیاه قابل درک نیست. به همین دلیل تحقیقی در رابطه با تأثیر پراکسید هیدروژن به عنوان پیش تیمار بذر بر ساختار آناتومی برگ پرچم و محور سنبله در نهایت ارتباط آنها با عملکرد دانه مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر پیش تیمار بذر گندم با غلظت‌های مختلف پراکسید هیدروژن بر خصوصیات آناتومیکی و متعاقباً عملکرد دانه آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام در آبان ماه سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ انجام گرفت. میزان بارندگی در جدول ۱ ارائه گردیده است. به

جذب نور توسط گیاه کاهش می‌یابد (Levitt, 1980). در شرایط تنش خشکی بیشتر خصوصیات آناتومیکی برگ مانند قطر آوندها و اندازه سلول‌های مزوفیلی و اپیدرمی کاهش می‌یابد (Ghanem, 2008) که این تغییر خصوصیات آناتومیکی برگ، در کاهش سرعت فتوسنتز خالص گیاهان از طریق بسته شدن روزنه‌ها و کاهش میزان دسترسی کلروپلاست به CO₂ نقش دارد (Bertamini *et al.*, 2007). نشان داده شده است که در اثر تنش کم آبی اندازه سلول بافت‌ها کاهش یافته اما ضخامت دیواره سلولها و بافت آوندی افزایش یافته است (Guerfel *et al.*, 2009). پرایمینگ بذر یک روش مؤثر جهت افزایش تحمل گیاهچه به شرایط تنش محیطی است (Finch-Savage *et al.*, 2004). بنابراین جهت فراهم نمودن شرایط مطلوب‌تری برای گیاه در استفاده از رطوبت خاک، عناصر غذایی و... می‌توان از روشهایی همچون پرایمینگ بذر استفاده نمود که باعث افزایش جوانه زنی بذر و استقرار گیاهچه در محدوده وسیعی از شرایط محیطی و بهبود رشد و بنیه گیاهچه (Subedi and Ma, 2005) می‌شود. پراکسید هیدروژن یک جزء سلولی حیاتی با عملکردهای مختلف در توسعه، متابولیسم و هموستازی موجودات هوازی است (Bienert *et al.*, 2006) و نقش کلیدی و بیولوژیکی پراکسید هیدروژن به عنوان یک سیگنال مولکولی درون‌زا در پاسخ گیاهان به تنش به خوبی نشان داده شده است (Molassiotis and Fotopoulos, 2011; Arasimowicz and Floryszak-Wieczorek, 2007; Neill *et al.*, 2002). تولید پراکسید هیدروژن در طی طیف گسترده‌ای از تنش‌ها افزایش می‌یابد و برخی محققین پیشنهاد کرده‌اند که پراکسید هیدروژن عامل کلیدی در پدیده‌های سازگاری و تحمل متقابل است (Neill *et al.*, 2002). در زمان جوانه‌زنی بذر، پراکسید هیدروژن باعث اختلال در انتقال آبسزیک اسید از لپه به جنین شده که در نتیجه آن باعث کاهش اسید آبسزیک و افزایش جوانه زنی بذر می‌شود (Barba-Espin *et al.*, 2011). در تحقیقات پیشین نقش اساسی پراکسید هیدروژن در تولید ABA ناشی از بسته شدن روزنه‌ها نشان داده شده است (Wang and Song, 2008). پراکسید هیدروژن در شرایط تنش خشکی از طریق کاهش اثر

جدول ۱- میزان بارندگی (mm) ماهانه در سال زراعی ۹۳-۹۴

مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
۵۰,۲	۸۸,۸	۳۸	۳۴,۷	۲۳,۴	۷۸,۵	۴۷,۱	۱۹	-

منظور پیش تیمار کردن، بذور به مدت ۸ ساعت در دمای خنک در ظروف کاملاً پوشانده شده حاوی پراکسید هیدروژن با چهار غلظت صفر، ۲۵، ۵۰ و ۸۰ میلی مولار قرار داده شدند، به نحوی که بذرها کاملاً غوطه ور شدند. سپس برای خشک نمودن و تسهیل در کشت، هوادهی بذرها به مدت چند ساعت تحت سایه انجام گرفت. دو نوع گندم شامل گندم دوروم رقم ساجی و گندم نان رقم کراس سبلان که قبلاً بذرها با پراکسید هیدروژن آماده سازی شده بودند بر اساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بر روی ۶ خط با فاصله ۰/۲ و طول ۳ متر در هر کرت و در عمق ۵ سانتی متر خاک تحت شرایط دیم کشت گردیدند. در زمان کاشت با توجه به آزمون خاک اقدام به استفاده از کود های فسفره و نیتروژنه از منبع کودی سوپر فسفات تریپل و اوره (اوره: ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و فسفر: ۵۰ کیلوگرم در هکتار) گردید. کود اوره به صورت کود سرک در زمان به ساقه رفتن زئوتیپ های آزمایشی مصرف شد. وجین دستی جهت مبارزه با علف هرز انجام گرفت. نمونه برداری برای اندازه گیری صفات آناتومیکی در مرحله پر شدن دانه (زادوکس=۷) از برگ پرچم انجام گرفت. برآورد عملکرد دانه در واحد سطح (یک متر مربع) با استفاده از کادر چوبی پس از حذف ردیف‌های حاشیه در زمان رسیدگی دانه‌ها (برداشت با رطوبت ۱۶ درصد) انجام گرفت.

اندازه گیری صفات آناتومیکی: اندازه‌گیری صفات آناتومیکی شامل مساحت و قطر آوند چوبی و آبکش، مساحت مزوفیل، مساحت غلاف آوندی، مساحت اپیدرم بالا و پایین در مرحله پر شدن دانه از برگ پرچم و محور سنبله (در فاصله سنبلچه چهارم تا هشتم) انجام گرفت. توسط یک تیغ تیز پهنک برگ از اطراف ساقه جدا گردید. پس از آن نمونه‌هایی از برگ در فاصله ۶۵-۶۰ میلی‌متر بالاتر از قاعده برگ (Hu et al., 2000) با استفاده از خط‌کش محل برش مشخص و از محور

سنبله در فاصله بین سنبلک چهارم تا هشتم توسط تیغه برش داده شده است. به منظور تهیه مقاطع میکروسکوپی نمونه‌ها بلافاصله در فرمالین ۱۰ درصد به مدت دو روز قرار گرفتند. در مرحله بعد به منظور آبیگری از نمونه‌ها آنها را به ترتیب در مخلوط اتانول ۹۶ درصد و فرمالین ۱۰ درصد به نسبت (۱:۱) قرار داده و سپس به ترتیب در اتانول ۵۰ درصد، اتانول ۷۰ درصد، اتانول ۸۰ درصد، اتانول ۹۰ درصد، اتانول ۹۶ درصد در دو مرحله در اتانول ۱۰۰ درصد و نهایتاً دو بار در گزلیل خالص قرار داده شدند. از نمونه‌های آماده شده، توسط میکروتوم برش‌های عرضی به ضخامت ۵ میکرومتر گرفته شد. در مرحله بعد رنگ‌آمیزی نمونه‌ها با استفاده از هماتوکسلین و اتوزین جهت مشاهده بهتر به وسیله میکروسکوپ نوری صورت گرفت. جهت اندازه‌گیری پارامترهای آناتومیکی از اسلایدها توسط میکروسکوپ نوری مجهز به دوربین Dino-eye مدل AM423 با بزرگنمایی $\times 40$ شیئی و $\times 10$ چشمی تصویر تهیه شد و اندازه گیری صفات آناتومیکی توسط نرم افزار دوربین Dino-eye محاسبه گردید.

اندازه گیری تعداد و طول روزنه، مساحت برگ (LA)، عملکرد و اجزا عملکرد: برای اندازه‌گیری تعداد و طول روزنه‌های برگ نمونه‌های برگ (تعداد سه نمونه برای هر تیمار) از محلی یکسان در هر گیاه انتخاب و نمونه‌گیری از روزنه‌ها در نقاط یکسان از سطح رویی (*abaxial leaf*) برگ پرچم انجام شد. به این صورت که لایه‌ای نازک از یک لاک شفاف ناخن که با استون رقیق شده بود بر روی سطح برگ کشیده و پس از خشک شدن، با استفاده از نوار چسب، لایه خشک شده لاک را از روی سطح برگ برداشته شد و روی لام منتقل گردید. سپس لام را که حاوی کپی اپیدرم برگ بود در زیر میکروسکوپ نوری قرار داده و تعداد روزنه‌ها با بزرگنمایی $10 \times X \times 40$ شمارش گردید (Tear et al., 1971). جهت اندازه‌گیری طول روزنه‌ها از یک عدسی چشمی مجهز

به یک خط‌کش میکرومتر استفاده شد و طول روزنه‌ها در مساحت $0/0234$ میلی‌متر مربع اندازه‌گیری شد. جهت بدست آوردن مساحت برگ (Leaf Area) نمونه‌های برگ (برای هر تیمار ۴ عدد برگ در نظر گرفته شد) که بر روی کاغذ A_4 چسبانده شده بودند اسکن شده و پس از آنالیز تصاویر مربوط به برگ‌ها توسط نرم افزار Scion Image، مساحت برگ‌ها بر حسب سانتیمتر مربع محاسبه و ثبت شد. پس از رسیدن محصول جهت برآورد میزان عملکرد گندم از کادر چوبی به ابعاد یک متر مربع استفاده گردید. همچنین جهت برآورد تعداد دانه در سنبله و وزن دانه در سنبلچه‌های چهارم تا هشتم سنبله، از سنبله‌هایی که در همان کادر چوبی قرار گرفته بودند استفاده شد. تعداد دانه در سنبله و وزن دانه در سنبلچه‌های چهارم تا هشتم از میانگین دانه‌های ۵ سنبله بدست آمده است. تجزیه های آماری داده‌های آزمایش با استفاده از نرم افزارهای SAS و MSTAT-C انجام و روش مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر رقم و پراکسید هیدروژن بر صفاتی شامل تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در بین سنبلچه چهارم تا هشتم و عملکرد دانه معنی‌دار بود در حالیکه اثر متقابل رقم در پراکسید هیدروژن بر وزن دانه در بین سنبلچه چهارم تا هشتم و عملکرد دانه معنی‌دار بود اما تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در سنبله نداشت (جدول ۲ و ۳).

نتایج این آزمایش نشان داد که گندم دوروم (رقم ساجی) نسبت به گندم نان (رقم کراس سبلان) از تعداد دانه در سنبله بیشتری برخوردار بود در حالیکه میزان عملکرد دانه، وزن دانه در بین سنبلچه چهارم تا هشتم در رقم کراس سبلان نسبت به ساجی بیشتر بود (جدول ۴). کاربرد پراکسید هیدروژن در هر سه غلظت (۲۵، ۵۰، ۸۰ میلی‌مولار) بطور یکسانی باعث افزایش تعداد دانه در سنبله نسبت به شاهد شد (جدول ۵). وزن دانه در بین سنبلچه چهارم تا هشتم تحت تأثیر کاربرد پراکسید هیدروژن در هر دو رقم گندم دوروم (رقم ساجی) و

نان (رقم کراس سبلان) بطور معنی‌داری افزایش یافت که بیشترین میزان افزایش مربوط به کاربرد غلظت ۸۰ میلی‌مولار پراکسید هیدروژن بود (جدول ۶). در گندم دوروم (رقم ساجی) پراکسید هیدروژن باعث افزایش میزان عملکرد نسبت به شاهد شد اگرچه این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود در حالیکه در گندم نان (رقم کراس سبلان) پراکسید هیدروژن بطور معنی‌داری میزان عملکرد این رقم را نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۶). عملکرد دانه در هر دو رقم گندم دوروم (رقم ساجی) و نان (رقم کراس سبلان) تحت تأثیر پراکسید هیدروژن با غلظت ۸۰ میلی‌مولار افزایش بیشتری داشت (جدول ۶).

میزان تولید در دیمزارها به مقدار زیاد تحت تأثیر آب و هوا قرار می‌گیرد. تجارب حاصله نشان می‌دهد که نوسانات جوی خصوصاً میزان بارندگی و درجه حرارت همچنین زمان وقوع، شدت، فراوانی و دوام تنش‌های حاصله، ویژگی‌های ارقام در دیمزارها عوارض متفاوتی نظیر وزن متفاوت دانه در سالهای مختلف را به همراه دارد. بر اساس داده‌های آماری هواشناسی میزان کل بارندگی ایلام در فصل زراعی ۹۴-۱۳۹۳، ۳۷۹ میلی‌متر بود. مرحله ساقه‌دهی در هر دو رقم گندم در اسفند ماه با میزان بارش در حدود ۷۸ میلی‌لیتر شروع گردید و دوره پر شدن دانه در هر دو رقم در ماههای فروردین، اردیبهشت و خرداد آغاز و ادامه یافت. میزان کل بارندگی در این سه ماه که پر شدن دانه در آنها اتفاق افتاد ۶۶ میلی‌لیتر بود با در نظر داشتن اینکه در دو ماه اردیبهشت و خرداد میزان بارندگی ۱۹ میلی‌لیتر بود، بنابراین مرحله پر شدن دانه مصادف با تنش کمبود آب همراه بوده و باعث کاهش میزان عملکرد شده است. تنش رطوبتی در مراحل اولیه پر شدن دانه ممکن است از طریق کاهش تعداد سلول‌های آندوسپرم بر روی پر شدن دانه (Nicolas et al., 1985) و کاهش میزان مواد فتوسنتزی جهت پر شدن دانه (Abdoli and Saeidi, 2012; Ahmadi et al., 2009) بطور چشمگیری باعث کاهش عملکرد دانه شود (Talebi et al., 2009). در این تحقیق در اثر کاربرد پراکسید هیدروژن و اثرات مثبت آن بر مساحت سطح برگ،

جدول ۲- میانگین مربعات تجزیه واریانس داده‌های آناتومی برگ پرچم تحت تاثیر نوع گندم (گندم نان و دوروم) و پیش تیمار بذری (پرایمینگ) با پراکسید هیدروژن

تکرار	درجه آزادی	چوبی	آوند	آوند	اندازه	مساحت (um ²)			روزنه
						مساحت	طول	وزن دانه	
		محور	محور	محور	دستجات	تعداد	سطح	در	عملکرد
		سنبله	سنبله	سنبله	آوندی	تعداد	برگ	سنبلچه	تعداد
		(um)	(um)	(um)	محور	(um)	(cm ²)	۸-۴	(gr.m ²)
					سنبله		(gr)		
۲	۱۰۶ ^{n.s}	۱۶۳ ^{n.s}	۱۰۶ ^{n.s}	۱۰۶ ^{n.s}	۱/۸ ^{n.s}	۰/۲ ^{n.s}	۰/۷۹ ^{n.s}	۰/۰۸۲ ^{**}	۶۶۵ ^{**}
۱	۱۹۳۸ ^{**}	۱۶ ^{**}	۱۶۳ ^{n.s}	۱۶۳ ^{n.s}	۰/۳ ^{n.s}	۴۲ ^{**}	۴۵ ^{**}	۲/۹ [*]	۲۳۴۰ ^{**}
۳	۲۸۸۱ ^{**}	۲۴ ^{**}	۱۱۱ ^{**}	۱۱۱ ^{**}	۲/۵ ^{**}	۶/۰۴ ^{**}	۳/۲ ^{**}	۰/۰۵۸ ^{**}	۵۶۹۵ ^{**}
۳	۵۵۳ ^{n.s}	۹/۶ ^{**}	۱۶ ^{n.s}	۱۶ ^{n.s}	۲/۳ ^{**}	۵/۱ ^{**}	۱/۰۸ ^{n.s}	۰/۰۰۶ ^{**}	۳۰۴۳ ^{**}
۱۴	۴۰۵	۱/۳	۶/۸	۶/۸	۰/۱۴	۰/۶	۰/۴۲	۰/۰۰۰۹	۲۴۷

ns, * و ** به ترتیب نشان دهنده معنی دار نبودن و اثر معنی دار منبع تغییر مربوطه در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد هستند.

جدول ۳- میانگین مربعات تجزیه واریانس داده‌های مربوط به آناتومی محور سنبله، روزنه و عملکرد دانه

تکرار	درجه آزادی	چوبی	آوند	آوند	قطر (um)	مساحت (um ²)			منابع تغییر
						مساحت	طول	وزن دانه	
		چوبی	چوبی	چوبی	آوند	آوند	آوند	اپیدرم بالا	اپیدرم پایین
		آوند	آوند	آوند	آوند	آوند	آوند	اپیدرم بالا	اپیدرم پایین
		(um)	(um)	(um)	(um)	(um)	(um)	اپیدرم بالا	اپیدرم پایین
۲	۸۰ ^{n.s}	۰/۴ ^{n.s}	۰/۱۷ ^{n.s}	۰/۰۲ ^{n.s}	۰/۰۲ ^{n.s}	۰/۰۲ ^{n.s}	۰/۰۲ ^{n.s}	۹۴۰ [*]	۶۱ ^{n.s}
۱	۱۲۰۴ ^{**}	۰/۰۹ ^{n.s}	۰/۰۲ ^{n.s}	۰/۰۰۹ ^{n.s}	۰/۰۰۹ ^{n.s}	۰/۰۰۹ ^{n.s}	۰/۰۰۹ ^{n.s}	۱۵۲ ^{n.s}	۱۴۹۶ ^{**}
۳	۶۴۹۵ ^{**}	۲۸ ^{**}	۷/۵ ^{**}	۰/۳۱ ^{**}	۳۴۵۹ ^{**}	۳۴۵۹ ^{**}	۳۴۵۹ ^{**}	۳۴۹۹ ^{**}	۹۳۳ ^{**}
۳	۹۸ ^{n.s}	۴ [*]	۰/۰۱ ^{n.s}	۰/۰۴ ^{n.s}	۵۶ ^{n.s}	۵۶ ^{n.s}	۵۶ ^{n.s}	۱۳۰ ^{n.s}	۲۵۹ ^{n.s}
۱۴	۸۶	۱/۲	۰/۴	۰/۰۲	۱۶۵	۱۶۵	۱۶۵	۲۴۲	۱۴۲

ns, * و ** به ترتیب نشان دهنده معنی دار نبودن و اثر معنی دار منبع تغییر مربوطه در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد هستند.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر رقم بر صفات آناتومیکی برگ، محور سنبله و عملکرد دانه گندم‌های نان و دوروم و پیش تیمار با پراکسید هیدروژن

تکرار	درجه آزادی	چوبی	آوند	آوند	قطر (um)	مساحت			روزنه
						مساحت	طول	وزن دانه	
		چوبی	چوبی	چوبی	آوند	آوند	آوند	اپیدرم بالا	اپیدرم پایین
		آوند	آوند	آوند	آوند	آوند	آوند	اپیدرم بالا	اپیدرم پایین
		(um)	(um)	(um)	(um)	(um)	(um)	اپیدرم بالا	اپیدرم پایین
ساجی	۲۹۰ ^a	۷۵ ^a	۱۴۵ ^a	۳۲۴ ^b	۳۰ ^b	۱۰ ^a	۱۹ ^b	۰/۴۲ ^b	۴۳ ^a
کراس سبلان	۲۷۵ ^b	۶۴ ^b	۱۳۰ ^b	۵۰۴ ^a	۳۲ ^a	۸ ^b	۲۲ ^a	۰/۵۴ ^a	۳۳ ^b

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ است (LSD=5%).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر غلظت پراکسید هیدروژن بر صفات آناتومیکی و تعداد دانه در سنبله گندم‌های نان و دوروم و پیش تیمار با پراکسید هیدروژن

اندازه	روزنه		مساحت				قطر		مساحت						
	تعداد	طول (um)	تعداد	آوند آبکش محور سنبله (um ²)	آوند چوبی محور سنبله (um ²)	آوند پاپیروس (um ²)	آوند پاپیروس (um ²)	آوند آبکش (um)	آوند چوبی (um)	آوند آبکش (um ²)	آوند چوبی (um ²)				
تعداد	۳۰ ^b	۹۳ ^c	۱۹ ^c	۱۰ ^a	۲۸ ^c	۳۸۲ ^b	۱۲۰ ^b	۱۲۰ ^c	۵۹ ^c	۲۷۱ ^b	۳ ^c	۱۶ ^b	۱۲ ^b	۲۳۴ ^b	۰
دانه	۴۰ ^a	۹۷ ^b	۲۱/۵ ^{ab}	۹/۳ ^{bc}	۳۱ ^b	۴۱۹ ^a	۱۳۹ ^a	۱۴۶ ^b	۷۰ ^b	۳۱۲ ^a	۴/۲ ^b	۱۹ ^a	۱۷ ^a	۲۹۷ ^a	۲۵
در محور	۳۹ ^a	۱۰۰ ^{ab}	۲۱ ^a	۹ ^c	۳۱ ^b	۴۲۷ ^a	۱۴۳ ^a	۱۵۹ ^{ab}	۷۰ ^b	۳۱۵ ^a	۴/۲ ^b	۱۹ ^a	۱۶ ^a	۲۹۴ ^a	۵۰
سنبله	۴۲ ^a	۱۰۳ ^a	۲۱ ^b	۹/۵ ^b	۳۳ ^a	۴۲۸ ^a	۱۴۸ ^a	۱۷۷ ^a	۸۱ ^a	۳۲۵ ^a	۴/۵ ^a	۱۹ ^a	۱۷ ^a	۳۰۵ ^a	۸۰

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵٪ است (LSD=۵٪).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم در غلظت پراکسید هیدروژن بر صفات گندم‌های نان و دوروم و پرایمینگ با پراکسید هیدروژن

عملکرد دانه	وزن دانه در سنبله ۴-۸	روزنه		مساحت آوند آبکش محور سنبله (um ²)	مساحت آوند آبکش (um ²)	رقم
		تعداد	طول (um)			
۱۶۲ ^b	۰/۲۶ ^c	۱۲ ^a	۱۹/۳ ^c	۲۶ ^d	۱۲ ^d	SJ0
۱۶۴ ^b	۰/۴۲ ^b	۱۰/۶ ^{bc}	۱۹ ^c	۳۰/۳ ^c	۱۸/۵ ^a	SJ25
۱۷۹ ^b	۰/۴۴ ^b	۱۱ ^b	۲۰/۳ ^c	۳۱/۵ ^{bc}	۱۵/۴ ^c	SJ50
۱۸۰ ^b	۰/۵۷ ^a	۱۰ ^c	۲۰ ^c	۳۳/۸ ^a	۱۶/۹ ^{a-c}	SJ80
۱۱۷ ^c	۰/۴۳ ^b	۹ ^d	۲۰ ^c	۳۱ ^{bc}	۱۳ ^d	CS 0
۱۸۹ ^b	۰/۵۷ ^a	۸ ^e	۲۴ ^a	۳۲/۲ ^{ac}	۱۶/۳ ^{bc}	CS 25
۲۲۶ ^a	۰/۵۷ ^a	۷ ^f	۲۳/۶ ^{ab}	۳۲ ^{ac}	۱۷ ^{a-c}	CS 50
۲۳۳ ^a	۰/۵۹ ^a	۹ ^d	۲۲ ^b	۳۲/۸ ^{ab}	۱۷/۶ ^{ab}	CS 80

پراکسید هیدروژن، SJ0، SJ25، SJ50 و SJ80 به ترتیب پرایمینگ بذر گندم دوروم رقم ساجی با غلظت‌های صفر، ۲۵، ۵۰ و ۸۰ میلی مولار پراکسید هیدروژن، CS0، CS25، CS50 و CS80 به ترتیب پرایمینگ بذر گندم نان رقم کراس سبلان با غلظت‌های صفر، ۲۵، ۵۰ و ۸۰ میلی مولار پراکسید هیدروژن. حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد است (LSD=۵٪).

بهبود هدایت روزنه‌ای، خصوصیات آناتومیکی برگ پرچم و سیستم دستجات آوندی محور سنبله و متعاقباً بهبود سرعت و میزان مواد فتوسنتزی، باعث افزایش وزن دانه و میزان عملکرد دانه نسبت به شاهد در شرایط تنش کمبود آب شد. در شرایط دشوار محیطی مقدار و سرعت انتقال مواد ذخیره‌ای یا آسیمیلات‌های حاصل از فتوسنتز به سرعت پاسخ گیاه و دریافت محرک‌های محیطی، کارایی سیستم آنزیمی هورمونی و آوندی گیاه بستگی داشته و برآیند برهمکنش این عوامل از طریق سرعت و مدت پر شدن دانه نقش کلیدی در پایداری عملکرد دانه ایفا می‌نمایند (DuDakasta and Gayianas, 1991).

بهبود هدایت روزنه‌ای، خصوصیات آناتومیکی برگ پرچم و سیستم دستجات آوندی محور سنبله و متعاقباً بهبود سرعت و میزان مواد فتوسنتزی، باعث افزایش وزن دانه و میزان عملکرد دانه نسبت به شاهد در شرایط تنش کمبود آب شد. در شرایط دشوار محیطی مقدار و سرعت انتقال مواد ذخیره‌ای یا

میلی مولار به ترتیب ۲۱/۱۵ و ۱۶/۵۳ درصد اندازه مساحت آوند آبکش محور سنبله رقم ساجی نسبت به شاهد شد (جدول ۶).

یکی از فاکتورهای کلیدی که بطور مستقیم بر عملکرد دانه گندم تأثیر دارد تقسیم بندی مواد فتوسنتزی بین دانه و بیوماس گیاهی است (Reynolds et al., 2009; Foulkes et al., 2010) که دستجات آوندی نقش بسزایی در انتقال مواد فتوسنتزی به دانه در حال رشد دارند و به همین جهت می‌تواند به عنوان عامل اصلی در محدود کردن عملکرد دانه باشد (Simmons and Moss, 1978). پراکسید هیدروژن در هر دو

ژونوتیپ گندم از طریق کاهش اثرات منفی تنش خشکی باعث بهبود سیستم دستجات آوندی محور سنبله گردید. رقم گندم نان (رقم کراس سبلان) نسبت به گندم دوروم (رقم ساجی) در زمان استفاده از پراکسید هیدروژن به دلیل بزرگتر بودن اندازه آوند چوبی و آوند آبکش محور سنبله، اندازه دستجات آوندی و طول روزنه برگ از وزن دانه در سنبلچه چهارم تا هشتم و در نهایت عملکرد دانه بیشتری برخوردار بود. گزارش شده که ارقام گندم مقاوم به تنش خشکی با داشتن دستجات آوندی بزرگتر، از وزن دانه در سنبله، وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله بیشتری برخوردار بودند (Mabrouk et al., 2012). بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق کاهش وزن دانه‌ها در شرایط تنش خشکی می‌تواند به دلیل کاهش مواد پرورده اختصاص یافته به دانه در نتیجه کاهش دستجات آوندی باشد که احتمالاً باعث کاهش هورمون‌های محرک رشد گیاهی و آنزیم‌های آنابولیک نظیر ساکارز سنتتاز شده باشد که در تحقیقات پیشین به عنوان عوامل عمده تعیین کننده ظرفیت مخزن گزارش شده‌اند. عملکرد دانه در رقم کراس سبلان با وزن دانه در سنبله، مساحت آوند آبکش، قطر آوند چوبی، مساحت مزوفیل، مساحت اپیدرم پایین و مساحت برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۷). و در رقم ساجی بین عملکرد دانه با اندازه دستجات آوندی همبستگی مثبت وجود داشت (جدول ۸).

کارایی حمل و نقل آب برگ توسط آوند چوبی به عنوان

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر تأثیر معنی‌دار اثر رقم بر مساحت آوند چوبی، غلاف آوندی و اپیدرم بالا، مساحت آوند چوبی و آبکش محور سنبله و تأثیر معنی‌دار اثر پراکسید هیدروژن بر قطر و مساحت آوند چوبی و آبکش، مساحت مزوفیل، غلاف آوندی، اپیدرم بالا و پایین همچنین مساحت آوند چوبی و آبکش محور سنبله بود در حالیکه پاسخ دو رقم گندم دوروم (رقم ساجی) و نان (رقم کراس سبلان) به کاربرد پراکسید هیدروژن در صفات آناتومیکی شامل مساحت آوند آبکش محور سنبله و آوند آبکش برگ معنی‌دار بود اما بر سایر صفات تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۲ و ۳).

نتایج این آزمایش نشان داد که گندم دوروم (رقم ساجی) نسبت به گندم نان (رقم کراس سبلان) از مساحت آوند چوبی، مساحت غلاف آوندی، مساحت اپیدرم پایین بیشتری برخوردار بود در حالیکه مساحت آوند چوبی و آوند آبکش محور سنبله در رقم کراس سبلان نسبت به ساجی بیشتر بود (جدول ۴). کاربرد پراکسید هیدروژن در هر سه غلظت (۲۵، ۵۰، ۸۰ میلی مولار) بطور یکسانی باعث افزایش مساحت آوند چوبی و آبکش، قطر آوند چوبی، مساحت سلولهای مزوفیل و اپیدرم پایین، مساحت آوند چوبی محور سنبله نسبت به شاهد شد (جدول ۵). استفاده از غلظت ۸۰ میلی مولار پراکسید هیدروژن باعث افزایش قطر آوند آبکش (۵۰ درصد)، مساحت غلاف آوندی (۳۷ درصد)، مساحت اپیدرم بالا (۴۷ درصد)، مساحت آوند آبکش محور سنبله (۱۸ درصد)، اندازه دستجات آوندی محور سنبله (۱۰ درصد) نسبت به شاهد شد (جدول ۵).

پراکسید هیدروژن در هر سه غلظت (۲۵، ۵۰ و ۸۰ میلی مولار) بطور معنی‌داری باعث افزایش مساحت آوند آبکش در هر دو نوع گندم دوروم (رقم ساجی) و نان (رقم کراس سبلان) شد (جدول ۶). کاربرد پراکسید هیدروژن بطور جزئی باعث افزایش اندازه مساحت آوند آبکش محور سنبله رقم کراس سبلان شد در حالیکه اندازه مساحت آوند آبکش محور سنبله رقم ساجی تحت تأثیر هر سه غلظت پراکسید هیدروژن بطور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۶). غلظت ۸۰ میلی مولار پراکسید هیدروژن باعث افزایش ۳۰ درصد، ۵۰ و ۲۵

جدول ۷- همبستگی بین میانگین صفات آناتومیکی و عملکرد دانه گندم رقم کراس سبلان

	(۱) چلبس، ۴ دانه ۴ دانگ	(۲) عملکرد	(۳) وزن دانه در چلبس ۴ دانگ	(۴) مساحت آوند چوبی	(۵) مساحت آوند آبکش	(۶) قطر آوند چوبی	(۷) قطر آوند آبکش	(۸) مساحت غلاف آوندی	(۹) مساحت مزوفیل	(۱۰) مساحت اپیدرم بالا	(۱۱) مساحت اپیدرم پایین	دوره مساحت چوبی (۱۲) سنبله	دوره مساحت آوند آبکش (۱۳) سنبله	اندازه مساحت آوندی محور سنبله (۱۴)	طول روزانه (۱۵)	تعداد روزانه (۱۶)
۱	۰/۶۸ ^{ns}															
۲	۰/۹۶*	۰/۸۱ ^{ns}														
۳	۰/۹۸*	۰/۷۴ ^{ns}	۰/۹۴ ^{ns}													
۴	۰/۸۶ ^{ns}	۰/۲۴ ^{ns}	۰/۷ ^{ns}	۰/۸۳ ^{ns}												
۵	۰/۹۶*	۰/۷ ^{ns}	۰/۹ ^{ns}	۰/۹۹**	۰/۸۴ ^{ns}											
۶	۰/۹۸*	۰/۷ ^{ns}	۰/۹۸*	۰/۹۴ ^{ns}	۰/۷۸ ^{ns}	۰/۸۹ ^{ns}										
۷	۰/۹۴ ^{ns}	۰/۷ ^{ns}	۰/۹۹**	۰/۹ ^{ns}	۰/۶۶ ^{ns}	۰/۸۴ ^{ns}	۰/۹۸*									
۸	۰/۹۶*	۰/۷ ^{ns}	۰/۹ ^{ns}	۰/۹۹**	۰/۸۴ ^{ns}	۱**	۰/۸۹ ^{ns}	۰/۸۴ ^{ns}								
۹	۰/۸۹ ^{ns}	۰/۹۳ ^{ns}	۰/۹۶*	۰/۹۱ ^{ns}	۰/۵۵ ^{ns}	۰/۸۸ ^{ns}	۰/۹ ^{ns}	۰/۹۴ ^{ns}	۰/۸۸ ^{ns}							
۱۰	۰/۹۸*	۰/۷۴ ^{ns}	۰/۹۴ ^{ns}	۰/۹۹**	۰/۸۲ ^{ns}	۰/۹۹**	۰/۹۴ ^{ns}	۰/۹ ^{ns}	۰/۹۹**	۰/۹۱ ^{ns}						
۱۱	۰/۹۷*	۰/۸۱ ^{ns}	۰/۹۹**	۰/۹۷*	۰/۷۴ ^{ns}	۰/۹۳ ^{ns}	۰/۹۸*	۰/۹۷*	۰/۹۳ ^{ns}	۰/۹۶*	۰/۹۷*					
۱۲	۰/۹۶*	۰/۸۴ ^{ns}	۰/۹۹**	۰/۹۷*	۰/۷ ^{ns}	۰/۹۴ ^{ns}	۰/۹۶*	۰/۹۴ ^{ns}	۰/۹۸*	۰/۹۷*	۰/۹۹**					
۱۳	۰/۸۷ ^{ns}	۰/۹۵*	۰/۹۳ ^{ns}	۰/۹ ^{ns}	۰/۵۳ ^{ns}	۰/۸۸ ^{ns}	۰/۸۷ ^{ns}	۰/۹ ^{ns}	۰/۸۸ ^{ns}	۰/۹۹**	۰/۹۱ ^{ns}	۰/۹۴ ^{ns}	۰/۹۶*			
۱۴	۰/۳۳ ^{ns}	۰/۹۱ ^{ns}	۰/۵ ^{ns}	۰/۴۴ ^{ns}	-۰/۱۲ ^{ns}	۰/۴۲ ^{ns}	۰/۳۵ ^{ns}	۰/۴۷ ^{ns}	۰/۴۳ ^{ns}	۰/۷۱ ^{ns}	۰/۴۴ ^{ns}	۰/۵ ^{ns}	۰/۵۶ ^{ns}	۰/۷۵ ^{ns}		
۱۵	-۰/۹۸*	-۰/۶۵ ^{ns}	-۰/۹۷*	-۰/۹۴ ^{ns}	-۰/۸۳ ^{ns}	-۰/۹ ^{ns}	-۰/۹۹**	-۰/۹۶*	-۰/۹ ^{ns}	-۰/۸۷ ^{ns}	-۰/۹۴ ^{ns}	-۰/۹۷*	-۰/۹۵*	-۰/۸۴ ^{ns}	-۰/۲۹ ^{ns}	
۱۶	۰/۸۹ ^{ns}	۰/۳۶ ^{ns}	۰/۸۳ ^{ns}	۰/۷۹ ^{ns}	۰/۸۷ ^{ns}	۰/۷۵ ^{ns}	۰/۹۱ ^{ns}	۰/۸۴ ^{ns}	۰/۷۵ ^{ns}	۰/۶۵ ^{ns}	۰/۷۹ ^{ns}	۰/۸۱ ^{ns}	۰/۷۷ ^{ns}	۰/۵۹ ^{ns}	-۰/۰۵ ^{ns}	-۰/۹۳ ^{ns}

ns، * و ** به ترتیب نشان دهنده معنی دار نبودن و اثر معنی دار منبع تغییر مربوطه در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد هستند.

(Mapfumo et al., 1993). همچنین بزرگتر بودن اندازه آوند چوبی باعث می‌شود آب و مواد معدنی بیشتری در دسترس سلولهای فتوسنتز کننده (مزوفیل) قرار گیرد (Pittermann, 2010). کوچکتر شدن اندازه آوند چوبی در بوته‌های شاهد احتمالاً در اثر فعال شدن مسیرهای بیوشیمیایی مربوط به سنتز لیگنین و رسوب آن در دیواره سلولی و کاهش سنتز پروتئین و در نتیجه کاهش اندازه سلول می‌باشد (Taiz and Zeiger, 2006). اندازه مساحت آوند چوبی در رقم کراس سبلان با قطر آوند چوبی، مساحت آوند آبکش همبستگی مثبت و معنی دار همچنین قطر آوند چوبی با مساحت مزوفیل و مساحت آوند آبکش محور سنبله همبستگی مثبت و معنی دار وجود داشت (جدول ۷). در رقم ساجی بین اندازه مساحت آوند چوبی با قطر آوند چوبی، مساحت مزوفیل، مساحت اپیدرم پایین، مساحت آوند چوبی و آوند آبکش محور سنبله همبستگی مثبت و معنی دار و همچنین قطر

یک عامل اساسی در تولید گیاه (Brodribb et al., 2007) و تعیین نقش کمی آناتومی برگ در تنظیم محدودیت‌های حمل و نقل آب اهمیت دارد (Brodribb, 2015). هدایت هیدرولیکی اندام هوایی توسط فاکتورهای محیطی و فیزیولوژیکی تنظیم می‌شود (Tyree et al., 1999) و همچنین تحت تأثیر تغییرات قطر آوندها قرار می‌گیرد (Nijse et al., 2001; Bauerle et al., 2011). تغییرات اندازه آوندها نقش مهمی در سازگاری به شرایط نامطلوب محیطی دارند (Comstock and Sperry, 2000). پراکسید هیدروژن احتمالاً از طریق جلوگیری از فعالیت آنزیم‌هایی مانند s-آدنوزیل متیونین سنتاز و پراکسیدازها که دخیل در بیوسنتز لیگنین بوده و قطر داخلی آوندها را کاهش می‌دهد (Taiz and Zeiger, 2006)، باعث افزایش اندازه آوند چوبی در برگ پرچم و محور سنبله در هر دو گندم دوروم (رقم ساجی) و نان (رقم کراس سبلان) نسبت به شاهد شده که متعاقباً باعث افزایش هدایت هیدرولیکی می‌شود

جدول ۸- همبستگی بین میانگین صفات آناتومیکی و عملکرد دانه گندم رقم ساجی

تعداد روزنه (۱۱)	طول روزنه (۱۵)	اندازه دستجات آوندی محور سنبله (۱۴)	مساحت آوند آبکش محور سنبله (۱۳)	مساحت آوند چوبی محور سنبله (۱۲)	مساحت اپیدرم پائین (۱۱)	مساحت اپیدرم بالا (۱۰)	مساحت مزوفیل (۹)	مساحت غلاف آوندی (۸)	قطر آوند آبکش (۷)	قطر آوند چوبی (۶)	مساحت آوند آبکش (۵)	مساحت آوند چوبی (۴)	وزن دانه در سنبله ۴-۸ (۳)	عملکرد دانه (۲)	میلنس در واحد مساحت (۱)
۱	۰/۹۳ ^{ns}														
۲	۰/۹۹ ^{**}	۰/۹۵ [*]													
۳	۰/۹۹ ^{**}	۰/۹۹ ^{**}	۰/۹۹ ^{**}												
۴	۰/۹۶ [*]	۰/۹۸ [*]	۰/۹۸ [*]	۰/۹۵ [*]											
۵	۰/۹۸ [*]	۰/۹۶ [*]	۰/۹۹ ^{**}	۰/۹۸ [*]	۰/۹۹ ^{**}										
۶	۰/۸۱ ^{ns}	۰/۹۱ ^{ns}	۰/۸۷ ^{ns}	۰/۸۳ ^{ns}	۰/۹۲ ^{ns}	۰/۹۱ ^{ns}									
۷	۰/۸۶ ^{ns}	۰/۹ ^{ns}	۰/۹۱ ^{ns}	۰/۸۸ ^{ns}	۰/۹۴ ^{ns}	۰/۹۸ [*]									
۸	۰/۹۳ ^{ns}	۰/۹۷ [*]	۰/۹۷ [*]	۰/۹۳ ^{ns}	۰/۹۹ ^{**}	۰/۹۸ [*]	۰/۹۶ [*]	۰/۹۷ [*]							
۹	۰/۸۶ ^{ns}	۰/۹۴ ^{ns}	۰/۹۱ ^{ns}	۰/۸۷ ^{ns}	۰/۹۵ [*]	۰/۹۴ ^{ns}	۰/۹۹ ^{**}	۰/۹۹ ^{**}	۰/۹۸ [*]						
۱۰	۰/۸ ^{ns}	۰/۹۶ [*]	۰/۸۵ ^{ns}	۰/۷۸ ^{ns}	۰/۹۳ ^{ns}	۰/۸۸ ^{ns}	۰/۹۲ ^{ns}	۰/۸۷ ^{ns}	۰/۹۳ ^{ns}	۰/۹۳ ^{ns}	۰/۹۳ ^{ns}	۰/۹۳ ^{ns}	۰/۹۳ ^{ns}	۰/۹۳ ^{ns}	۰/۹۳ ^{ns}
۱۱	۰/۹ ^{ns}	۰/۸۴ ^{ns}	۰/۸۶ ^{ns}	۰/۸۶ ^{ns}	۰/۸۳ ^{ns}	۰/۸۳ ^{ns}	۰/۵۷ ^{ns}	۰/۶۱ ^{ns}	۰/۷۶ ^{ns}	۰/۷۴ ^{ns}	۰/۷۴ ^{ns}	۰/۷۴ ^{ns}	۰/۷۴ ^{ns}	۰/۷۴ ^{ns}	۰/۷۴ ^{ns}
۱۲	۰/۹ ^{ns}	۰/۸۹ ^{ns}	۰/۹۴ ^{ns}	۰/۹۲ ^{ns}	۰/۹۵ [*]	۰/۹۶ [*]	۰/۹۹ ^{**}	۰/۹۷ [*]	۰/۹۷ [*]	۰/۹۷ [*]	۰/۹۷ [*]	۰/۹۷ [*]	۰/۹۷ [*]	۰/۹۷ [*]	۰/۹۷ [*]
۱۳	۰/۸۳ ^{ns}	۰/۹۲ ^{ns}	۰/۸۹ ^{ns}	۰/۸۴ ^{ns}	۰/۹۳ ^{ns}	۰/۹۲ ^{ns}	۰/۹۹ ^{**}	۰/۹۹ ^{**}	۰/۹۷ ^{**}	۰/۹۷ ^{**}	۰/۹۷ ^{**}	۰/۹۷ ^{**}	۰/۹۷ ^{**}	۰/۹۷ ^{**}	۰/۹۷ ^{**}
۱۴	۰/۸۷ ^{ns}	۰/۶۹ ^{ns}	۰/۸۱ ^{ns}	۰/۸۵ ^{ns}	۰/۷۳ ^{ns}	۰/۷۶ ^{ns}	۰/۴۳ ^{ns}	۰/۵۱ ^{ns}	۰/۶۵ ^{ns}	۰/۵۱ ^{ns}	۰/۵۱ ^{ns}	۰/۵۱ ^{ns}	۰/۵۱ ^{ns}	۰/۵۱ ^{ns}	۰/۵۱ ^{ns}
۱۵	۰/۵ ^{ns}	-۰/۴۴ ^{ns}	-۰/۴۴ ^{ns}	-۰/۴۴ ^{ns}	-۰/۳۹ ^{ns}	-۰/۳۹ ^{ns}	-۰/۳۹ ^{ns}	-۰/۳۹ ^{ns}	-۰/۳۹ ^{ns}	-۰/۳۹ ^{ns}	-۰/۳۹ ^{ns}	-۰/۳۹ ^{ns}	-۰/۳۹ ^{ns}	-۰/۳۹ ^{ns}	-۰/۳۹ ^{ns}
۱۶	۰/۹ ^{ns}	۰/۹۹ ^{**}	۰/۹۲ ^{ns}	۰/۸۷ ^{ns}	۰/۹۶ [*]	۰/۹۳ ^{ns}	۰/۸۵ ^{ns}	۰/۸۴ ^{ns}	۰/۹۳ ^{ns}	۰/۸۸ ^{ns}	۰/۸۸ ^{ns}	۰/۸۸ ^{ns}	۰/۸۸ ^{ns}	۰/۸۸ ^{ns}	۰/۸۸ ^{ns}

ns، * و ** به ترتیب نشان دهنده معنی دار نبودن و اثر معنی دار منبع تغییر مربوطه در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد هستند.

آوند چوبی با مساحت مزوفیل و مساحت اپیدرم پایین همبستگی مثبت و معنی دار وجود داشت (جدول ۸). ساختار آوند آبکش در فرآیندهای مختلف رشد و تولید مهم می باشد (Savage et al., 2015; Petit and Crivellaro, 2014) زیرا قطر آوند آبکش وابسته به مخزنهای مرتبط با آنها می باشد (Flexas and Medrano, 2002) که می تواند به عنوان یک فاکتور محدودکننده در اندازه دانه های این ارقام مؤثر باشد. پراکسید هیدروژن از طریق افزایش مساحت برگ به عنوان یک منبع تولیدکننده مواد فتوسنتزی و افزایش اندازه آوند آبکش و دستجات آوندی محور سنبله در فاصله سنبله چهارم تا هشتم و با توجه به وجود همبستگی بین آوند آبکش برگ پرچم و محور سنبله با وزن دانه در سنبله هر دو ژنوتیپ گندم (جدول ۷ و ۸)، باعث افزایش وزن دانه در سنبله چهارم تا هشتم به عنوان مخزن شده است. که این نشان می دهد اندازه آوند

آوند چوبی با مساحت مزوفیل و مساحت اپیدرم پایین همبستگی مثبت و معنی دار وجود داشت (جدول ۸). ساختار آوند آبکش در فرآیندهای مختلف رشد و تولید مهم می باشد (Savage et al., 2015; Petit and Crivellaro, 2014) زیرا قطر آوند آبکش وابسته به مخزنهای مرتبط با آنها می باشد (Flexas and Medrano, 2002) که می تواند به عنوان یک فاکتور محدودکننده در اندازه دانه های این ارقام مؤثر باشد. پراکسید هیدروژن از طریق افزایش مساحت برگ به عنوان یک منبع تولیدکننده مواد فتوسنتزی و افزایش اندازه آوند آبکش و دستجات آوندی محور سنبله در فاصله سنبله چهارم تا هشتم و با توجه به وجود همبستگی بین آوند آبکش برگ پرچم و محور سنبله با وزن دانه در سنبله هر دو ژنوتیپ گندم (جدول ۷ و ۸)، باعث افزایش وزن دانه در سنبله چهارم تا هشتم به عنوان مخزن شده است. که این نشان می دهد اندازه آوند

همچنین اثر رقم و پراکسید هیدروژن بر مساحت برگ معنی‌دار بود در حالیکه اثر متقابل رقم در پراکسید هیدروژن تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۲).

نتایج این آزمایش نشان داد که گندم دوروم (رقم ساجی) نسبت به گندم نان (رقم کراس سبلان) از تعداد روزنه بیشتری برخوردار بود در حالیکه مساحت برگ، طول روزنه در رقم کراس سبلان نسبت به ساجی بیشتر بود (جدول ۴). کاربرد پراکسید هیدروژن در هر سه غلظت (۲۵، ۵۰، ۸۰ میلی مولار) بطور یکسانی باعث افزایش مساحت برگ نسبت به شاهد شد (جدول ۵). طول و تعداد روزنه در هر دو رقم گندم دوروم (رقم ساجی) و نان (رقم کراس سبلان) تحت تأثیر پراکسید هیدروژن تغییر یافت. طول روزنه در گندم نان (رقم کراس سبلان) تحت تأثیر پراکسید هیدروژن افزایش یافت که بیشترین تأثیر مربوط به غلظت ۲۵ میلی مولار پراکسید هیدروژن بود در حالیکه در گندم دوروم (رقم ساجی) تأثیر افزایش پراکسید هیدروژن بر طول روزنه بطور جزئی بود (جدول ۶). تعداد روزنه که مرتبط با تغییرات مساحت برگ می باشد تحت تأثیر کاربرد پراکسید هیدروژن در هر دو رقم بطور معنی‌داری نسبت به شاهد کمتر بود (جدول ۶).

تنش کم آبی باعث بسته شدن روزنه‌ها و محدودیت در تبادل گاز که منجر به کاهش میزان فتوسنتز، اختلال در سوخت و ساز و در نهایت مرگ گیاه می‌شود (Yordanov et al., 2000). روزنه برگ نقش حیاتی در بقای گیاهان تحت شرایط خشکسالی دارد (Chaves et al., 2009). یکی از استراتژیهای اصلی گیاهان جهت استفاده اقتصادی‌تر از آب در شرایط کمبود آن کاهش تعرق از طریق کمتر شدن طول روزنه و تراکم بالای روزنه در واحد سطح است (Belhadj et al., 2011) که متعاقباً باعث کاهش ورود دی اکسید کربن به مزوفیل و میزان فتوسنتز می‌شود (Galbiati et al., 2011). پراکسید هیدروژن احتمالاً به خاطر کاهش اثرات مخرب ROSها (reactive oxygen species) در برگ، حفظ فشار تورژسانس سلول و ممانعت از تجمع هورمون اسید آسبزیک که باعث سریع بسته شدن منفذ روزنه می‌شود (Galbiati et al., 2011) باعث بیشتر بودن طول

مزوفیل و نقطه کنترل حیاتی برای تأمین آب و املاح سلول-های برگ است (Fitter and Hay, 2002) که در این تحقیق توسط پراکسید هیدروژن اندازه این سلولها بطور معنی‌داری افزایش یافت. مشاهده شده است که در گندم دوروم متحمل به تنش خشکی با عملکرد بالا در مقایسه با واریته پر محصول در شرایط نرمال، دارای تعداد سلول غلاف آوندی بیشتر همراه با ضخامت کوتیکول قابل توجه می‌باشد در حالی که سیستم غلاف آوندی با کوتیکول بسیار جزئی، در واریته پر محصول در شرایط نرمال بخوبی توسعه نیافته است (Venora and Calcagno, 1991). در رقم ساجی بین مساحت غلاف آوندی با مساحت آوند چوبی و آبکش محور سنبله همبستگی مثبت و معنی‌دار در حالی که بین مساحت غلاف آوندی با تعداد روزنه همبستگی منفی و معنی‌دار وجود داشت (جدول ۸). در رقم کراس سبلان بین مساحت غلاف آوندی با مساحت مزوفیل، مساحت اپیدرم بالا، مساحت آوند آبکش محور سنبله و اندازه دستجات آوندی محور سنبله همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت (جدول ۷). اندازه سلولهای مزوفیلی و اپیدرمی که به دلیل داشتن کلروپلاست در تولید مواد فتوسنتزی نقش بسزایی دارند توسط کاربرد پراکسید هیدروژن نسبت به شاهد افزایش یافت در حالی که تنش کم آبی باعث کوچکتر شدن اندازه این سلولها در برگ گندم (Jafarian, 2012) و کاهش سرعت فتوسنتز می‌شود (Costock and Sperry, 2000). همچنین کوچک شدن سلول های اپیدرمی در گونه *Lolium perenne* در اثر تنش کم آبی گزارش شده است (Jones et al., 1980). در رقم کراس سبلان مساحت مزوفیل با مساحت اپیدرم بالا، مساحت آوند آبکش محور سنبله و اندازه دستجات آوندی محور سنبله همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت (جدول ۷). در رقم ساجی بین مساحت مزوفیل با مساحت اپیدرم پایین همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت (جدول ۸).

در این تحقیق نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشانگر تأثیر معنی‌دار اثر رقم و پراکسید هیدروژن و اثر متقابل رقم در پراکسید هیدروژن بر تعداد و طول روزنه برگ بود (جدول ۲).

همچنین بین تعداد روزنه با طول روزنه در سطح برگ همبستگی منفی مشاهده گردید (Woo, 2010).

نتیجه گیری کلی

بهبود صفات آناتومیکی شامل آوند چوبی و آبکش، مزوفیل در شرایط دیم و کمبود آب قابل دسترس گیاه که در نهایت برای حصول عملکرد بالا ضروری است، اهمیت دارد. نتایج این تحقیق نشان داد که پراکسید هیدروژن به عنوان یک پیش تیمار کننده بذر از طریق اثرات مثبت بر خصوصیات آناتومیکی برگ پرچم و محور سنبله می تواند موجب افزایش عملکرد دانه گندم دوروم ساجی و گندم نان کراس سبلان تحت شرایط دیم گردد.

روزنه‌ها در ارقام مورد مطالعه نسبت به شاهد شده است. در شرایطی که میزان آب کافی در دسترس گیاه باشد، در مقایسه با شرایطی که گیاه تحت تنش خشکی قرار می‌گیرد، تعداد روزنه‌ها کمتر است (Van et al., 1935). کاهش سطح برگ دلیل افزایش تعداد روزنه در واحد سطح برگ تحت شرایط خشکی است (Blum et al., 1981). کاهش تعداد روزنه می‌تواند به افزایش مقاومت به خشکی منجر شود (Miskin et al., 1972). گندم دوروم (رقم ساجی) نسبت به نان (رقم کراس سبلان) از مساحت برگ کمتر و در نتیجه تعداد روزنه بیشتری در واحد سطح برگ برخوردار بود. کاربرد پراکسید هیدروژن باعث افزایش مساحت برگ هر دو رقم گندم دوروم (رقم ساجی) و نان (رقم کراس سبلان) و در نتیجه کاهش تعداد روزنه در واحد سطح برگ نسبت به شاهد گردید. گزارش شده است که در گیاه صنوبر با تراکم روزنه کمتر، روزنه‌ها بزرگتر می‌باشد

منابع:

- Abdoli, M. and Saeidi, M. (2012) Using different indices for selection of resistant wheat cultivars to postanthesis water deficit in the west of Iran. *Annals of Biological Research* 3: 1322-1333.
- Ahmadi, A., Joudi, M. and Janmohammadi, M. (2009) Late defoliation and wheat yield: little evidence of post anthesis source limitation. *Field Crop Research* 113: 90-93.
- Arasimowicz, M. and Floryszak-Wieczorek, J. (2007) Nitric oxide as a bioactive signalling molecule in plant stress responses. *Plant Science* 172: 876-887.
- Barba-Espin, G., Diaz-Vivancos, P., Job, D., Belghazi, M., Job, C. and Hernandez, J. A. (2011) Understanding the role of H₂O₂ during pea seed germination: a combined proteomic and hormone profiling approach. *Plant Cell Environment* 34: 1907-19.
- Bauerle, T. L., Centinari, M. and Bauerle, W. L. (2011) Shifts in xylem vessel diameter and embolisms in grafted apple trees of differing rootstock growth potential in response to drought. *Planta* 234:1045-1054.
- Bertamini, M., Zorer, R., Multhuchelian, K. and Nedunchezian, N. (2007) Photoinhibition of photosynthesis in water deficit leaves of grapevine plants. *Photosynthetica* 45:426-432.
- Belhadj, S., Derridj, A., Moriana, A., Gijon, M. D. C., Mevy, J. P. and Gauquelin, T. (2011) Comparative analysis of stomatal characters in eight wild atlas pistachio populations (*Pistacia atlantica Desf.; Anacardiaceae*). *International Research Journal of Plant Science* 2: 060-069.
- Bienert, G. P., Schjoerring, J. K. and Jahn, T. P. (2006) Membrane transport of hydrogen peroxide. *Biochim Biophysiology Acta* 1758: 994-1003.
- Blum, A., Gozlan, G. and Mayer, J. (1981) The manifestation of dehydration avoidance in wheat breeding germplasm. *Crop Science* 21: 495-499.
- Brodribb, T. J., Field, T. S. and Jordan, G. J. (2007) Leaf maximum photosynthetic rate and venation are linked by hydraulics. *Plant Physiology* 144:1890-1898.
- Brodribb, T. J. (2015) Bringing Anatomy Back into the Equation. *Plant Physiology* 168- 1461.
- Comstock, J. P. and Sperry, J. S. (2000) Theoretical considerations of optimal conduit length for water transport in vascular plants. *New Phytologist* 148:195-218.
- Chaves, M. M., Flexas, J. and Pinheiro, C. (2009) Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany* 103: 551-560.
- DuDaKasta, D. K. and Gayianas, A. A. (1991) Nitrogen and dry matter accumulation remobilization and Losses for mediterranean sheat during grain filling. *Agronomy Journal* 83:804-807.

- Finch-Savage, W. E., Dent, K. C. and Clark, L. J. (2004) Soak conditions and temperature following sowing influence the response of maize (*Zea mays L.*) seeds to on-farm priming (pre-sowing seed soak). *Field Crops Research* 90: 361-374.
- Fitter, A. and Hay, R. (2002) *Environmental physiology of plants*. Academic press 367p.
- Flexas, J. and Medrano, H. (2002) Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: Stomatal and non-stomatal limitations revisited. *Annals of Botany* 89:183-189.
- Foulkes, M. J., Slafer, G. A., Davies, W. J., Berry, P. M., Sylvester-Bradley, R., Martre, P., Claderini, D. F., Griffiths, S. and Reynolds, M. P. (2010) Raising yield potential of wheat. III. Optimizing partitioning to grain while maintaining lodging resistance. *Journal of Experimental Botany* 1-18.
- Ishibashi, Y., Yamaguchi, H., Yuasa, T., Iwaya-Inoue, M., Arima, S. and Zheng, S. (2011) Hydrogen peroxidase spraying alleviates drought stress in soybean plants. *Journal of Plant Physiology* 168:1562–1567.
- Taiz, L. and Zeiger, E. (2006) *Plant Physiology*, Fourth Edition. Sinauer Associates. Sunderland MA 764 pages.
- Talebi, R., Fayaz, F. and Naji, A. M. (2009) Effective selection criteria for assessing drought stress tolerance in durum wheat (*Triticum durum Desf.*). *General and Applied Plant Physiology* 35: 64-74.
- Tear, I. D., Peterson, C. and Law, A. G. (1971) Size and frequency of leaf stomata in cultivars of *Triticum aestivum* and other *Triticum* species. *Crop Science* 11: 496-498.
- Tyree, M.T., Salleo, S., Nardini, A., Lo Gullo, M. A. and Mosca, R. (1999) Refilling of embolized vessels in young stems of laurel. Do we need a new paradigm? *Plant Physiology* 120: 11–21.
- Galbiati, M., Matus, J. T. and Francla, P. (2011) The grapevine guard cell-related VvMYB60 transcription factor is involved in the regulation of stomatal activity and is differentially expressed in response to ABA and osmotic stress. *Plant Biology* 11:142–156.
- Ghanem, H. and rania, A. (2008) Breeding of some bread wheat varieties under water stress condition. Ph.d. Thesis, Fac Agric, Cairo Univ, Egypt.
- Guerfel, M., Baccouri, O., Boujnah, D., Chaibi, W. and Zarrouk, M. (2009) Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea L.*) cultivars. *Scientia Horticulturae* 119: 257-263.
- Hu, Y., Schnyder, H. and Schmidhalter, U. (2000) Carbohydrate accumulation and partitioning in elongating leaves of wheat in response to saline soil conditions. *Plant Physiology* 27: 363– 370.
- Jafarian, T., Maghsoudi Moud, A. and Saffari, V. (2012) Water stress effects on winter and spring leaves anatomy of different wheat (*Triticumaestivum L.*) Genotypes. *Journal of Plant Physiology and Breeding* 2(2): 23-34.
- Jones, M. B., Leaf, L. E. and Stiles, W. (1980) Water stress in field grown perennial ryegrass. II. Its effect on leaf water status, stomata resistance and leaf morphology. *Annals of Applied Biology* 96: 103–10.
- Levitt, J. (1980) Stress terminology. In *Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress*, ed. N.C. Turner & P.J. Kramer, pp. 437-43. New York: Wiley.
- Liheng, H., Zhiqiang, G. and Runzhi, L. (2009) Pretreatment of seed with H₂O₂ enhances droughttolerance of wheat (*Triticumaestivum L.*) seedlings. *African Journal of Biotechnology* 8 (22): 6151-6157.
- Lopez, E. and Garrido Molina, S. (2001) Quantification of vascular tissues in peduncle of durum wheat cultivars improved during the twentieth century. *Biologia Cellular* 45: 47-48.
- Mabrouk, M., Fathi, M. and Abdelmonteleb, E. B. (2012) Anatomical studies on drought stressed wheat plants treated with some bacterial strains. *Acta biological Szegediensis* 56: 165-174.
- Mapfumo, E., Aspinall, D., Hancock, T. and Sedgley, M. (1993) Xylem development in relation to water uptake by roots of grapevine (*Vitis vinifera L.*). *New Phytologist* 125: 93–99.
- Miskin, K. E., Rasmusson, D. C. and Moss, D. N. (1972) Inheritance and physiological effects of stomatal frequency in barley. *Crop Science* 12: 780-783.
- Molassiotis, A. and Fotopoulos, V. (2011) Oxidative and nitrosative signaling in plants: two branches in the same tree. *Plant Signaling and Behavior* 6: 210–214.
- Neill, S., Desikan, R. and Hancock, J. (2002) Hydrogen peroxide signaling. *Current Opinion in Plant Biology* 5: 388-395.
- Nicolas, M. E., Simpson, R. J., Lambers, H. and Dalling, M. J. (1985) Effects of drought on partitioning of nitrogen in two wheat varieties differing in drought-tolerance. *Annals of Botony* 55: 743–754.
- Nijssse, J., van der Heijden, G. W. A. M., van Ieperen, W., Keijzer, C. J. and van Meeteren, U. (2001) Xylem hydraulic conductivity related to conduit dimensions along chrysanthemum stems. *Journal of Experimental Botany* 52: 319–327.
- Reynolds, M. P., Foulkes, M. J., Slafer, G. A., Berry, P. M., Parry, M. A. J., Snape, J. W. and Angus, W. J. (2009) Raising yield potential in wheat. *Journal of Experimental Botany* 60: 1899-1918.
- Petit, G. and Crivellaro, A. (2014) Comparative axial widening of phloem and xylem conduits in small woody plants. *Trees-Structure and Function* 28: 915–921.
- Pittermann, J. (2010) The evolution of water transport in plants: an integrated approach. *Geobiology* 8: 112–139.

- Pettigrew, W. T. (2004) Physiological consequences of moisture deficit stress in cotton. *Crop Science* 44:1265-1272.
- Savage, J. A., Haines, D. F. and Holbrook, N. M. (2015) The making of giant pumpkins: how selective breeding changed the phloem of *Cucurbita maxima* from source to sink. *Plant Cell and Environment* 38: 1543–1554.
- Simmons, S. R. and Moss, D. N. (1978) Nitrogen and dry matter accumulation by kernels formed at specific florets in spikelets of spring wheat. *Crop Science* 18: 139-143.
- Slesak, I., Libik, M., Karpinska, B., Karpinski, S. and Miszalski, Z. (2007) The role of hydrogen peroxide in regulation of plant metabolism and cellular signalling in response to environmental stresses. *Plant Cell Environment* 54: 39-50.
- Subedi, K. D. and Ma, B. I. (2005) Seed priming does not improve corn yield in humid temperate environment. *Agronomy journal* 97: 211-218.
- Van, de., Roovaaort, E. and Fuller, G. D. (1935) Stomatal frequency in cereals. *Journal of Ecology* 16: 278-279.
- Venora, G. and Calcagno, F. (1991) Influence of the vascular system in *Triticum durum* Desf on drought adaptation. *Cereal Research Communications* 19:319-326.
- Olson, J. M. and Blankenship, R. E. (2004) Thinking about the evolution of photosynthesis. *Photosynthesis Research* 80: 373-396.
- Wang, P. and Song, C. (2008) Guard-cell signalling for hydrogen peroxide and abscisic acid. *New Phytologist* 178:703–18.
- Wahid, A., Mubarak, P., Sadia, G., Shahzad, M. and Basrab, A. (2007) Pretreatment of seed with H₂O₂ improves salt tolerance of wheat seedlings by alleviation of oxidative damage and expression of stress proteins. *Journal of Plant Physiology* 164: 283-294.
- Whingwiri, E. E., Kuo, J. and Stern, W. R. (1981) The vascular system in the rachis of a wheat ear. *Annals of Botany* 48: 565-573.
- Woo, S.Y. (2010) Epidermal leaf characteristics and seasonal changes of net photosynthesis of five *Populus*. *African Journal of Biotechnology* 9(10):1455-1458.
- Yordanov, I., Velikova, V. and Tsonev, T. (2000) Plant responses to drought, acclimation, and stress tolerance. *Photosynthetica* 38: 171–86.
- Zare Faizabad, A., Kochaki, A. S. and Nasiri Mahalati, M. (2006) The 50-year study of the changes in cultivated area, yield and grain production in the country and predict. *Journal of agricultural research* 4: 49 – 70.