Archive of SID

تحقیقات غلات
دوره ششم/ شماره سوم/ پاییز ۱۳۹۵ (۳۵۱-۳۳۹)

تغییرات عملکرد و اجزای عملکرد گندم آذر۲ با پرایمینگ بذر توسط سه تنظیم‌کننده آنتی‌جیبرلین

فرید شکاری[1*]، سهیلا کرمی[2] و جلال صبا[1]

تاریخ دریافت: ۹۴/۷/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۱۲

چکیده

در این پژوهش، تأثیر سه تنظیم‌کننده رشد آنتی‌جیبرلین بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم رقم آذر۲ تحت شرایط آبیاری منظم در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ مورد ارزیابی قرار گرفت. تیمارهای آزمایش شامل تیمار شاهد (عدم پرایم)، هیدروپرایم (پرایم با آب مقطر)، کلرمکوات کلراید (۴۰۰، ۸۰۰، ۱۲۰۰ و ۱۶۰۰ میکرومولار)، پاکلوبوترازول (۳۵، ۷۰، ۱۰۵ و۱۴۰ میکرومولار) و انسیمیدول (۱۰، ۲۰، ۳۰ و۴۰ میکرومولار) بودند. در مقایسه با تیمار شاهد، عملکرد زیستی در بیشتر تیمارها با کندکننده‌های رشد کاهش یافت. در مقابل، کاربرد هر سه کندکننده رشد باعث بهبود کلی عملکرد گندم آذر۲ شد. از بین تیمارهای بالا، پاکلوبوترازول در غلظت ۱۴۰، انسیمیدول در غلظت ۲۰ و کلرمکوات کلراید در غلظت ۸۰۰ میکرومولار توانستند بیشترین عملکرد دانه را تولید کنند. پرایم بذر با کندکننده‌های رشد موجب افزایش وزن هزار دانه در مقایسه با تیمار شاهد شد. بیشترین تعداد سنبله بارور در مترمربع در تیمار ۸۰۰ میکرومولار کلرمکوات کلراید و بیشترین تعداد دانه در سنبله در تیمار ۲۰ میکرومولار انسیمیدول مشاهده شد. افزایش تعداد سنبله بارور، کوتاه‌تر شدن سنبله‌ها را به دنبال داشت و در نتیجه سنبله‌هایی کوتاه‌تر اما با دانه‌هایی درشت‌تر در بوته‌ها تولید شد. به نظر می‌رسد که رقم آذر ۲ پتانسیل افزایش تعداد دانه در سنبله و نیز افزایش وزن دانه‌ها را دارد و از این‌رو امکان افزایش عملکرد دانه از هر دو روش در این رقم وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: انسمیدول، پاکلوبوترازول، تعداد دانه، سنبله بارور، کلرمکوات کلراید

۱- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
* نویسنده مسئول: shekari@znu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

عملکرد گندم از دهه ۱۹۵۰ به بعد افزایش چشم‌گیری یافته است. حدود نیمی از این افزایش از طریق پیشرفت ژنتیکی و نیمی دیگر به دلیل بهبود فناوری‌ها و عملیات زراعی می‌باشد (Slafer and Andrade, 1993). افزایش عملکرد در گندم‌های مدرن، بیشتر از طریق بهبود شاخص برداشت و بدون افزایش در بیوماس کل محصول و بهبود عملیات زراعی امکان‌پذیر گردیده است. بااین حال، به نظر می‌رسد شاخص برداشت برای گندم به سقف خود رسیده و هر افزایشی در عملکرد نیازمند افزایش در زیست‌توده کل و اجرای فتوسنتز بیشتر است (Aranjuelo *et al.*, 2013).

کلرمکوات کلراید یا سایکوسل (۲-کلرو اتیل تری متیل آمونیوم کلراید) از مشتقات کولین استر است. کلرمکوات کلراید با اختلال در مسیر چرخه بیوسنتز جیبرلیک اسید، مانع از فعالیت آنزیم انت‌کائورن سنتتاز شده و موجب کاهش ارتفاع گیاهان می‌شود (Shekari *et al.*, 2005). هدف اولیه از کاربرد کلرمکوات کلرید در تولید گیاهان زراعی به اثر ضد خوابیدگی آن محدود می‌شد. گزارش‌های بعدی نشان داد که استفاده از کلرمکوات کلراید باعث کاهش ارتفاع ساقه، افزایش تعداد پنجه در بوته، افزایش تعداد دانه در سنبله، افزایش مقاومت به سرما، شوری، قارچها و حشرات گردید (Shekari *et al.*, 2005; Gurmani *et al.*, 2011; Koutroubas *et al.*, 2014).

تری‌آزول‌ها گروهی دیگر از بازدارنده‌های بیوسنتز جیبرلین هستند که از دهه ۱۹۶۰ برای کنترل بیماری‌های قارچی در گیاهان و جانوران گسترش یافتند و از دهه ۱۹۸۰ به‌عنوان تنظیم کننده‌های رشد توسعه پیدا کردند. این ترکیبات از بزرگ‌ترین و مهم‌ترین گروه ترکیبات سیستمیک هستند (Shekari *et al.*, 2005). تری‌آزول‌ها مسیر ایزوپرنوئید را تحت تأثیر قرار می‌دهند و با ممانعت از بیوسنتز جیبرلین، کاهش آزادسازی اتیلن و افزایش سطوح سیتوکینین، مقادیر هورمون‌ها را تغییر می‌دهند (Grossmann *et al.*, 1994; Fletcher and Hofstra, 1988; Zhou and Leul, 1998). بازدارندگی بیوسنتز اتیلن باعث افزایش پلی‌آمین‌ها می‌شود (Shekari *et al.*, 2005). اثر افزایش‌دهندگی ترکیبات تری‌آزولی از جمله پاکلوبوترازول، در کارکردهای گیاهی گزارش شده است. در گندم، کاربرد پاکلوبوترازول موجب کاهش ارتفاع گیاه از طریق کاهش طول میان‌گره‌ها شد. همچنین، غلظت عناصر نیتروژن، پتاسیم و فسفر در بافت‌های ریشه و برگ نیز افزایش یافتند (Hajihashemi *et al.*, 2007).

انسیمیدول با نام ژنریک α- سیکلو پروپیل- α- (۴- متوکسی فنیل) -۵- پیریمیدین متانول از بازدارنده‌های رشد پیریمیدینی است. عمده اثر بازدارنده‌های این خانواده ممانعت از بیوسنتز جیبرلین می‌باشد. مشاهده شده است که این مواد در بیوسنتز استرول و آبسزیک اسید نیز دخالت دارند. این بازدارنده‌ها اثر اندکی بر فتوسنتز دارند، اما نشان داده شده است که مصرف آب را کاهش می‌دهند (Hejazi and Kaffashi Sedghi, 2000). با افزایش غلظت به‌کار رفته انسمیدول در تعدادی از گیاهان زینتی، کاهش در صفات رشدی مانند وزن تر و خشک، ارتفاع و قطر گیاه مشاهده شد. همچنین، میزان آب مصرفی برای هر گلدان نیز کاهش پیدا کرد (Ahmad *et al.*, 2014).

رقم آذر ۲ جزء ارقام دیم گندم کشور می‌باشد که در سطح گسترده‌ای در دیم‌زارها مورد زراعت قرار می‌گیرد. با این‌حال، بر اساس مصاحبه‌های انجام شده با کشاورزان و تجربیات قبلی، این رقم به صورت نیمه‌دیم و با یک، دو یا حداکثر سه نوبت آبیاری نیز زراعت می‌شود که در چنین شرایطی میزان عملکرد به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. اما آبیاری منظم این رقم نظیر ارقام فاریاب به دلیل حساسیت آن نسبت به خوابیدگی موفقیت‌آمیز نمی‌باشد. در چنین شرایطی به دلیل افزایش بسیار زیاد ارتفاع بوته و تولید سنبله‌های بزرگ احتمال خوابیدگی افزایش می‌یابد. این تحقیق به منظور ارزیابی تاثیر پرایمینگ بذر با برخی تنظیم‌کننده‌های رشد آنتی‌جیبرلین بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد گندم رقم آذر ۲ در شرایط آبیاری منظم و انتخاب ماده تنظیم‌کننده و غلظت مناسب جهت افزایش عملکرد انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر درسال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان (عرض شمالی ۴۰` و °۳۶ و طول شرقی ۲۴` و °۴۸ و ارتفاع ۱۶۱۰ متر از سطح دریا) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل تیمار شاهد (عدم پرایم)، بذرهای پرایم شده با آب مقطر (هیدروپرایمینگ یا غلظت صفر)، کلرمکوات کلراید در چهار سطح شامل غلظت‌های ۴۰۰، ۸۰۰، ۱۲۰۰ و ۱۶۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

میکرومولار، پاکلوبوترازول در چهار سطح شامل ۳۵، ۷۰، ۱۰۵ و۱۴۰ میکرومولار و انسیمیدول در چهار سطح شامل ۱۰، ۲۰، ۳۰ و۴۰ میکرومولار بودند. به منظور پرایمینگ، ابتدا بذرها به مدت ۲۴ ساعت و دمای ۴ درجه سلسیوس در محلول‌های آماده‌شده غوطه‌ور شدند. پس از اتمام زمان مورد نظر، بذرها به مدت ۷۲ ساعت در دمای اتاق قرار داده شدند تا به وزن اولیه خود برسند. بذرها پس از ضدعفونی با قارچ‌کش کاربوکسی تیرام به نسبت دو در هزار به مزرعه منتقل شدند. خاک مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان در قطعه مورد استفاده دارای بافت لومی، pH معادل ۷/۷، وزن مخصوص ظاهری (g/cm^3) ۱/۴۸، پتاسیم ۶۹۷، فسفر ۴۳/۵، نیتروژن کل ۰/۰۰۴ و ماده آلی ۱/۰۱ بود. پخش کود فسفردار (فسفات آمونیم به مقدار ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار)، دیسک‌زنی و تسطیح در تاریخ ۱۳۹۱/۷/۳ انجام شد. کاشت در تاریخ ۱۳۹۱/۷/۲۵ به صورت ماشینی با ردیف‌کار تحقیقاتی غلات (Wintersteiger – tc 2700) انجام شد. هر تیمار در ۶ ردیف با فاصله روی ردیف یک سانتی‌متر و بین ردیف ۲۰ سانتی‌متر به مساحت ۸/۴ متر مربع (۷×۱/۲ متر) کشت شد. عملیات داشت شامل آبیاری منظم (به فاصله ۸ روز)، کوددهی (پخش یک سوم کود اوره در زمان دو تا سه برگی و دو سوم باقیمانده قبل از ساقه‌روی به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار)، کنترل دستی علف‌های هرز، سم‌پاشی جهت مبارزه با سن و شته روسی گندم صورت گرفت.

به‌دلیل این‌که شمارش تعداد پنجه در بوته در مرحله رسیدگی امکان‌پذیر نبود، تعداد سنبله بارور در واحد سطح شمارش شد. تمام بوته‌ها در سطح یک متر مربع کف‌بر و پس از جدا کردن ساقه و پنجه‌های بارور، تعداد پنجه‌های بارور شمارش شد. وزن خشک ساقه و سنبله در مرحله پرشدن دانه با انتخاب ۱۰ بوته تصادفی از هر کرت توسط ترازوی دقیق (با دقت ۰/۰۰۱) بر حسب گرم اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری تعداد دانه در سنبله، تعداد ۱۰ سنبله از هر واحد آزمایشی به‌صورت تصادفی انتخاب و دانه‌ها از سنبله جدا و شمارش شدند و با میانگین‌گیری از آنها، تعداد دانه در هر سنبله گزارش شد. برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه، تعداد چهار نمونه ۱۰۰۰ دانه‌ای از هر واحد آزمایشی توسط دستگاه بذرشمار اتوماتیک (PFEUFFER, Germany) تفکیک و با ترازوی دقیق (با دقت ۰/۰۰۱) وزن شده و به‌عنوان وزن هزار دانه بر حسب گرم ثبت شد. پس از رسیدگی فیزیولوژیک، کل بوته‌های هر کرت (پس از حذف حاشیه‌ها) کف‌بر و وزن شدند و به‌عنوان عملکرد زیستی بر حسب گرم در متر مربع گزارش شدند. سپس وزن دانه‌های هر کرت به‌عنوان عملکرد دانه در واحد سطح بر حسب گرم بر متر مربع ثبت شد. شاخص برداشت نیز از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد زیستی محاسبه و بر حسب درصد بیان شد. تجزیه آماری داده‌ها پس از آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد اثر معنی‌داری بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده داشت.

وزن خشک سنبله: در یک نگاه کلی، پرایم کردن بذرهای گندم موجب افزایش وزن خشک سنبله نسبت به تیمار شاهد شد. در بین تیمارهای پرایمینگ، تیمار ۱۴۰ میکرومولار پاکلوبوترازول بیشترین وزن خشک سنبله (۱/۴۸ گرم) را به خود اختصاص داد. این تیمار نسبت به شاهد که کمترین وزن سنبله (۰/۹۳ گرم) را دارا بود، افزایش ۵۹/۱ درصدی را نشان داد. هیدروپرایمینگ نیز موجب افزایش ۲۰ درصدی وزن خشک سنبله نسبت به شاهد شد (جدول ۱). بیشترین اثر کلرمکوات کلراید در غلظت ۴۰۰ و برای انسمیدول در غلظت ۴۰ میکرو مولار روی وزن خشک سنبله مشاهده شد. سنبله به‌عنوان بخش اقتصادی در گندم در نظر گرفته می‌شود. این صفت شامل وزن دانه‌ها و وزن کزل می‌باشد. به‌دلیل این‌که بخش‌هایی نظیر لما، پالئا و گلوم‌ها در مرحله سبز می‌توانند در فرایند فتوسنتز شرکت نمایند، توسعه این اجزا در افزایش وزن دانه می‌تواند موثر باشند (Tambussi *et al.*, 2007). رابطه مثبت و قوی بین تعداد گلچه بارور یا دانه با وزن خشک سنبله در مرحله گل‌شکفتگی اثبات شده است (Gonzalez *et al.*, 2011). بنابراین، افزایش در وزن خشک سنبله می‌تواند با افزایش عملکرد ارتباط منطقی داشته باشد. محلول‌پاشی کلرمکوات کلراید و پاکلوبوترازول در گیاه آهاری باعث افزایش وزن خشک و تر بخش هوایی و ریشه و تعداد شاخه‌های جانبی و گل شد. همچنین، گزارش شده است که کاربرد پاکلوبوترازول اثر بیشتری در مقایسه با کلرمکوات کلراید در گیاه آهاری داشت (Asgarian *et al.*, 2013). در حالی‌که در آزمایش حاضر کلیه تنظیم‌کننده‌های رشد وزن خشک سنبله را نسبت به شاهد افزایش دادند.

www.SID.ir

Archive of SID

وزن خشک ساقه: بالاترین وزن خشک ساقه در تیمار ۴۰۰ میکرومولار کلرمکوات کلراید (۱/۰۷ گرم) مشاهده شد که نسبت به شاهد ۴۲/۷ درصد افزایش داشت. تیمار هیدروپرایم نیز نسبت به شاهد ۳۴/۱ درصد افزایش در وزن خشک ساقه نشان داد. مشابه صفت وزن سنبله، کمترین وزن خشک ساقه به تیمار شاهد تعلق داشت که بیانگر اثر مثبت پرایمینگ بر وزن خشک ساقه بود. در تیمار کلرمکوات کلراید روند مشخصی در تغییرات وزن خشک مشاهده نشد، ولی در تیمار پاکلوبوترازول به طور تقریبی روند افزایشی تا ۱۰۵ میکرومولار دیده شد و پس از آن وزن ساقه کاهش پیدا کرد. در تیمار انسمیدول نیز روند نزولی در وزن خشک ساقه مشاهده شد که به‌صورت تقریبی با تغییرات وزن خشک سنبله روند معکوسی داشت (جدول ۱). احتمال دارد انسمیدول اثر بیشتری در تحرک مواد ذخیره شده در ساقه و انتقال مواد ذخیره‌ای به دانه داشته باشد. به نظر می‌رسد که نیاز به بررسی بیشتر در رابطه تغییرات وزن ساقه در زمان و فعالیت آنزیم‌های درگیر در این مورد وجود داشته باشد. ذخایر ساقه می‌تواند حالت بافری و تعدیل کننده بین تأمین فتواسمیلات‌های تولید شده جاری توسط منبع و تقاضای باقیمانده توسط مقصد یا مقصدها باشند. همچنین، اختلاف در کارایی بازگسیل اسمیلات‌های ذخیره شده موقتی در ساقه جهت تولید دانه می‌تواند از جنبه تعیین وزن خشک دانه در زمان‌هایی که فراهمی اسمیلات‌ها محدود شده است، مهم تلقی شود (Borras *et al.*, 2004). در بیشتر مطالعات در مورد غلات دانه‌ریز مشخص شده است که ساقه و غلاف برگ‌ها محل ذخیره مواد فتوسنتزی هستند (Calderini and Monasterio, 2003). کاربرد کلرمکوات کلراید در گیاه *Solidago canadensis* باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک و تر بوته‌ها و زنده‌مانی گیاهان شد (Osman, 2014). در مقابل، گزارش شده است که تیمار با پاکلوبوترازول و کلرمکوات کلراید منجر به کاهش وزن خشک بخش هوایی در سیب زمینی (Wang *et al.*, 2009) و وزن تر بخش هوایی کاساوا شد (Mendina *et al.*, 2012). در گندم افشانه کردن پاکلوبوترازول موجب کاهش وزن تر و خشک برگ شد، ولی برای وزن تر و خشک ساقه و ریشه، ارقام گندم واکنش متفاوتی را نشان دادند، به‌نحوی‌که افشانه کردن یا اثری بر این صفات نداشت و یا موجب کاهش آنها شد (Hajihashemi *et al.*, 2007). کاربرد انسمیدول و پاکلوبوترازول در تعدادی از گیاهان زینتی موجب تغییر در صفات رشدی شد. با افزایش غلظت تنظیم‌کننده‌ها وزن تر وخشک و ارتفاع گیاهان کاهش پیدا کرد (Ahmad *et al.*, 2014). نتایج آزمایش حاضر در مورد کاربرد هر سه تنظیم‌کننده رشد بیانگر افزایش وزن خشک ساقه بود.

وزن هزار دانه: بیشترین وزن هزار دانه در غلظت ۱۴۰ میکرومولار پاکلوبوترازول به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۲۸ درصد افزایش داشت و با تیمارهای ۴۰۰ و ۸۰۰ میکرومولار کلرمکوات کلراید، ۳۵ میکرومولار پاکلوبوترازول و ۴۰ میکرومولار انسیمیدول اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۱). تیمار شاهد با وزن هزار دانه ۳۹/۸۲ گرم کمترین میزان این صفت را دارا بود. به‌طور کلی، در تمام تیمارهایی که عمل پرایمینگ در آن‌ها انجام شد، افزایش معنی‌داری در وزن هزار دانه در مقایسه با تیمار شاهد دیده شد. از نظر ابعاد دانه، هر قدر دانه‌ها بزرگ‌تر باشند، مقدار آندوسپرم آن‌ها در مقایسه با سایر قسمت‌های دانه بیشتر است و برعکس هر قدر دانه‌ها کوچک‌تر و دارای دانسیته کم‌تر باشند، آندوسپرم آن‌ها نیز کم‌تر خواهد بود (Payan, 2009). تعداد واقعی دانه در زمان گرده‌افشانی مشخص می‌شود و پس از آن، هر گونه تغییر در میزان فتوسنتز به‌طور عمده در وزن هزار دانه تاثیر می‌گذارد. افزایش میزان ذخایر کربوهیدرات قبل از گرده‌افشانی در گیاهان زراعی موجب بهبود وزن دانه می‌شود (Gonzalez *et al.*, 2011). وزن دانه از اجزای مهم عملکرد در گندم است. سرعت انباشت مواد و دوره پر شدن دانه تعیین کننده وزن نهایی دانه است و هر دو مولفه، تحت تاثیر ژنوتیپ و محیط قرار می‌گیرند (Rajabi *et al.*, 2013). در برنامه‌های اصلاحی، علاقه به انتخاب گیاهان با عملکرد دانه بالاتر و تلاش برای افزایش وزن دانه به‌عنوان جایگزینی برای افزایش تعداد دانه است (Calderini and Monasterio, 2003). با توجه به فراهمی نهاده‌ها و آبیاری منظم، به‌نظر می‌رسد مخزن در رقم آذر ۲ توانایی دریافت مواد پرورده بیشتر را دارد. تحت شرایط دیم، کاهش وزن دانه در این رقم می‌تواند به علت محدودیت منبع باشد (Rajabi *et al.*, 2013). گنجایش اندام‌های زایشی، ممکن است توسط هورمون‌های گیاهی تحریک کننده رشد که در مقادیر مناسب و متعادل به‌کار رفته‌اند، تقویت شود و در نتیجه میزان سقط کاهش یابد (Shekari *et al.*, 2005). هر دو عامل منبع و مخزن

www.SID.ir

Archive of SID

باعث محدودیت عملکرد دانه گندم می‌شوند، اما شواهدی وجود دارند که نشان می‌دهند که حتی در مورد لاین‌های جدید گندم مخزن عامل محدودکننده می‌باشد (Borras *et al.*, 2004). افزایش انتقال آسیمیلات‌ها به پریموردیاهای تولید مثلی، به‌عنوان ایجاد یک مخزن بزرگ به‌طور غیرمستقیم به افزایش فتوسنتز کل گیاه زراعی منجر می‌شود. شواهد نشان می‌دهند که در غلاتی که در زمان گرده‌افشانی ظرفیت فتوسنتز افزایش می‌یابد، در طول پر شدن دانه فتوسنتز محدود کننده نیست. به‌منظور استفاده از این ظرفیت و به‌منظور تولید دانه بیشتر و دانه‌های بزرگ‌تر بایستی کربن و نیتروژن تقسیم‌بندی شده و در اختیار مریستم تولید مثل قرار داده شود. انتظار می‌رود با افزایش طول مدت فتوسنتز و با افزایش دوام سطح برگ، فتوسنتز جاری روزانه نیز بیشتر شود (Richards, 2000). در تحقیق حاضر با کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد در گندم آذر ۲ علاوه بر افزایش تعداد دانه، وزن هزار دانه نیز افزایش یافت (جدول ۱). در مقابل، گزارش شده پیش‌تیمار بذر گندم رقم آذر ۲ تحت شرایط دیم، موجب کاهش وزن هزار دانه شد. در گزارش ذکر شده تحت شرایط دیم تعداد دانه در سنبله در مقایسه با شرایط عدم پیش تیمار بذر افزایش پیدا کرد. ولی به دلیل محدودیت منبع، با توجه به شرایط دیم و کمبود آب قابل دسترس، وزن هزار دانه کاهش پیدا کرد (Rajabi, 2013). افزایش در وزن دانه‌ها می‌تواند به دلیل افزایش قدرت مقصد و افزایش توان دانه در راستای دریافت مواد فتوسنتزی باشد.

در برنج روش‌های مختلف پرایمینگ بذر از جمله هیدروپرایمینگ موجب افزایش وزن دانه‌ها شد، اما روی تعداد دانه در پانیکول اثر معنی‌داری نداشت (Farooq *et al.*, 2006). گزارش شده است که فعالیت مخزن در گیاهان نخود حاصل از بذرهای هیدروپرایم در مقایسه با گیاهان شاهد بالاتر بود که این امر از طریق بالاتر بودن فعالیت آنزیم‌های درگیر در متابولیسم ساکارز نظیر ساکارز سینتتاز، اینورتاز و ساکارز فسفات سینتتاز بود که در نهایت افزایش وزن هزار دانه و عملکرد را به‌دنبال داشت (Kaour *et al.*, 2005). کاربرد کلرمکوات کلراید در جو موجب تغییر در تعداد پنجه شد، ولی وزن هزار دانه تغییرات اندکی را نشان داد (Ma and Smith, 1992). در حالی‌که در آزمایش حاضر کاربرد کلرمکوات کلراید موجب افزایش وزن هزار دانه نیز شد. احتمال دارد از دلایل اختلاف گزارش ذکر شده فوق با گزارش حاضر زمان و نحوه کاربرد تنظیم‌کننده روی گیاه باشد.

تعداد سنبله در واحد سطح: بیشترین تعداد سنبله بارور در متر مربع در تیمار ۸۰۰ میکرومولار کلرمکوات کلراید (۴۳۹/۹۶ سنبله بارور در متر مربع) مشاهده شد که نسبت تیمار شاهد ۴۱/۴ درصد افزایش داشت. کمترین تعداد سنبله بارور در متر مربع متعلق به تیمار شاهد (۳۱۱/۱۱ سنبله بارور در متر مربع) و پس از آن تیمارهای ۱۲۰۰ کلرمکوات کلراید (۳۳۱/۰۲ سنبله بارور در متر مربع)، ۳۵ و ۷۰ پاکلوبوترازول (۳۵۰/۰۷، ۳۵۸/۸۰ سنبله بارور در متر مربع) و ۱۰ میکرومولار انسیمیدول (۳۳۸/۳۶ سنبله بارور در متر مربع) بود (جدول ۱). عملکرد دانه در غلات از دو جزء اصلی عملکرد یعنی تعداد دانه در واحد سطح و وزن تک‌دانه حاصل می‌شود. تعداد دانه نیز خود حاصل تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح است. این دو جزء اصلی عملکرد در زمان‌های متفاوتی از فصل رشد شکل می‌گیرند و در نتیجه در معرض شرایط مختلف محیطی قرار می‌گیرند (Gonzalez *et al.*, 2011; Pedro *et al.*, 2012).

گزارش شده است که استفاده از کلرمکوات کلراید موجب افزایش تعداد شاخه‌های گل‌دهنده، طول گل‌آذین و شاخه گل‌آذین‌دار در هر بوته شد (Osman, 2014). در آزمایش حاضر نیز در غلظت‌های مختلف کلرمکوات کلراید افزایش تعداد سنبله نسبت به شاهد مشاهده شد. کاربرد کلرمکوات کلراید باعث افزایش تعداد سنبله در واحد سطح و عملکرد دانه در جو بهاره زمستانه شد (Khajeh *et al.*, 2008). کاربرد پاکلوبوترازول در *Camelina sativa* موجب افزایش تعداد خورجین و عملکرد دانه شد. گیاهان تیمار شده با پاکلوبوترازول دارای تبادلات گازی بالاتر و میزان کلروفیل بیشتری بودند که موجب شد تا برگ‌ها رنگ تیره‌تر و دوام بیشتری نشان دهند. در نتیجه فتوسنتز برای مدت طولانی‌تری انجام و فتواسمیلات بیشتری فراهم شد (Kumar *et al.*, 2012).

تعداد دانه در سنبله: از میان تیمارهای آزمایش، تیمار ۲۰ میکرومولار انسیمیدول با میانگین تعداد ۲۵/۹۳ دانه در سنبله بیشترین تعداد دانه در سنبله را دارا بود که نسبت به تیمار شاهد ۳۶/۷ درصد افزایش داشت. تیمارهای ۸۰۰ و ۱۶۰۰ میکرومولار کلرمکوات کلراید و ۱۰۵ و ۱۴۰ میکرومولار پاکلوبوترازول کمترین تعداد دانه در سنبله را دارا بودند (جدول ۱). در مقایسه با صفت وزن

www.SID.ir

Archive of SID

هزار دانه، مقدار تغییرات مشاهده شده در تعداد دانه در سنبله کمتر بود و اختلاف معنی‌داری نیز برای این صفت در تیمارهای مختلف پرایمینگ با تیمار شاهد دیده نشد. در آزمایش حاضر، تعداد سنبله بارور به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. به‌نظر می‌رسد که این افزایش سنبله در واحد سطح باعث تعدیل و کاهش تعداد دانه در سنبله شد. برخلاف گزارش حاضر، رجبی (Rajabi, 2013) در آزمایشی تحت شرایط دیم در رقم آذر۲ تعداد پنچه تولید شده کمتری در تیمارهای پرایم شده و تیمار شاهد گزارش کرد. در آزمایش وی به‌دلیل پایین بودن آب در دسترس و کاربرد کمتر کود نیتروژن‌دار، گیاهان گندم پنجه کمتر ولی سنبله بزرگ‌تر یا به‌عبارت دیگر تعداد دانه در سنبله بیشتری تولید کردند. بر اساس نتایج رجبی (Rajabi, 2013) و آزمایش حاضر می‌توان نتیجه گرفت که آذر ۲ هم دارای پتانسیل افزایش تعداد دانه در واحد سطح و افزایش وزن دانه است. بنابراین، به‌نظر می‌رسد در این رقم قدرت مخزن از دو طریق قابل دستکاری است که بتوان مقدار عملکرد دانه را افزایش داد.

تعداد گلچه که در مرحله قبل از گرده‌افشانی تعیین می‌شود، نقش مهم و تعیین‌کننده‌ای در تعیین تعداد دانه در گندم دارد (Gonzalez *et al.*, 2011). تولید پنچه‌های بارور و یا رویشی بستگی به عواملی مانند گونه، ژنوتیپ، شمار گلچه‌های ظاهر شده طول دوره روشنایی، دما، وضعیت آب و مواد غذایی در طی مرحله پنچه‌زنی خواهد داشت. ارقام نیمه پاکوتاه گندم، کربوهیدرات‌های مازاد که ناشی از کاهش رقابت در طی مرحله طویل شدن ساقه است را بیشتر به تشکیل دانه‌ها اختصاص می‌دهند. نتیجه این عمل، تشکیل گلچه‌های بارور بیشتر و به‌دست آمدن شاخص برداشت بالاتر به‌هنگام رسیدگی است. در گندم‌های نوین امروزی، تعداد سنبله در بوته تغییر اندکی کرده و بهبود عملکرد در درجه اول ناشی از افزایش تعداد دانه در سنبله و تعداد دانه در واحد سطح بوده است (Slafer and Andrade, 1993).

کاربرد پاکلوبوترازول در مرحله تشکیل سنبلچه موجب افزایش عملکرد دانه در علف چمنی شد (Hampton and Hebblethwaite, 1985). این افزایش مرتبط با افزایش تعداد سنبله بارور در هر دو سال و افزایش تعداد دانه در سنبلچه تنها در یکی از سال‌ها بود. در مقابل، دیگر اجزاء عملکرد تحت تاثیر قرار نگرفت. افشانه‌کردن مپی‌کوات کلراید به‌همراه تری‌نکزاپاک اتیل در کتان، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در بوته را افزایش داد (Kim *et al.*, 2011, 2013).

عملکرد زیستی: بیشترین مقدار عملکرد زیستی در تیمار ۴۰۰ میکرومولار کلرمکوات کلراید با ۲۴۴۵ گرم در متر مربع مشاهده شد. پس از این تیمار، تیمار شاهد با ۲۳۰۳ گرم در متر مربع بیشترین مقدار تولید ماده خشک را دارا بود. تیمار هیدروپرایمینگ نیز عملکرد زیستی مشابه‌ای با شاهد نشان داد. تیمارهای ۱۲۰۰ و ۱۶۰۰ میکرومولار کلرمکوات کلراید دارای کمترین عملکرد زیستی در واحد سطح بودند. همچنین، کاربرد انسمیدول موجب کاهش عملکرد زیستی در تمام سطوح این تنظیم‌کننده شد و تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های انسیمیدول مشاهده نشد. کاربرد پاکلوبوترازول در تمام سطوح موجب شد تا ماده خشک تولید شده در واحد سطح نسبت به شاهد کاهش یابد (جدول ۱). به‌طور کلی، به جز تیمار ۴۰۰ میکرومولار کلرمکوات کلراید، در بقیه تیمارها یا اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد دیده نشد یا مقدار این صفت کاهش یافت. کاهش ماده خشک در بخش هوایی در این تحقیق احتمالاً مربوط به هزینه توسعه و گسترش بخش ریشه باشد. داده‌های عملکرد زیستی بیانگر پتانسیل بالای گندم آذر ۲ در تولید ماده خشک در واحد سطح تحت شرایط مطلوب است. تولید عملکرد زیستی بالا اهمیت زیادی از دیدگاه فیزیولوژی عملکرد دارد و می‌تواند با عملکرد دانه همبستگی مثبتی نیز داشته باشد (Shekari *et al.*, 2010).

کاربرد پاکلوبوترازول در گوجه‌فرنگی موجب کاهش طول میان‌گره‌ها و وزن خشک اندام هوایی و افزایش گسترش و وزن خشک ریشه‌ها شد (Jafari *et al.*, 2006). افزایش توسعه ریشه با استفاده از پاکلوبوترازول در *Solanum trilobatum* (Nivedithaderi *et al.*, 2012) و افزایش قطر و طول ریشه‌های فیبری در گندم (Berova *et al.*, 2002) گزارش شده است. کول و همکاران (Cole *et al.*, 2013) نیز کاهش وزن خشک بخش هوایی و ریشه گیاه *Hydrangea quercifolia* را در اثر محلول‌پاشی برگ یا آبیاری ریشه با یونیکونازول گزارش کردند. در مقابل، در گیاه شفلرا استفاده از پاکلوبوترازول موجب افزایش وزن تر و خشک برگ، ساقه و ریشه شد (Mazhar *et al.*, 2014). اثر مثبت و افزایش‌دهنده کلرمکوات کلراید بر عملکرد و تولید ماده خشک در تعدادی از گیاهان زراعی گزارش شده است. در

www.SID.ir

Archive of SID

کلزا کاربرد کلرمکوات کلراید به‌صورت پرایم بذر و محلول‌پاشی موجب افزایش تولید ماده خشک بوته شد. این افزایش با تولید شاخه بیشتر و تعداد بیشتر خورجین در گیاه همراه بود (Pourmohamad *et al.*, 2014). در مقابل، گزارش شده استفاده از کلرمکوات کلراید یا پاکلوبوترازول در آفتاب‌گردان علی‌رغم کاهش ارتفاع بوته تاثیری بر وزن بخش هوایی نداشت (Koutroubas *et al.*, 2014). افزایش تولید ماده خشک با کاربرد کلرمکوات کلراید می‌تواند به‌دلیل افزایش میزان انتقال سیتوکنین از ریشه به سمت بخش هوایی و بهبود در شرایط رشد باشد (Shekari *et al.*, 2010). در گیاهچه‌های کاهو، غلظت‌های پایین انسمیدول به شدت از طویل‌شدن ساقه‌چه جلوگیری کرد، ولی در همان غلظت‌ها رشد ریشه تحریک و تنها در غلظت‌های بالاتر اثر کاهشی در رشد ریشه مشاهده شد (Tanimoto, 2012). در تعدادی از گیاهان زینتی استفاده از انسمیدول موجب شد تا ضمن کاهش ارتفاع گیاه، وزن خشک بخش هوایی نیز کاهش یابد (Ahmad *et al.*, 2014). در مقابل گزارش شده است که کاربرد انسمیدول در گیاه *Hydrangea* اثر معنی‌داری در تغییر وزن خشک بخش هوایی نداشت (Cole *et al.*, 2013).

جدول ۱- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد گندم رقم آذر ۲ در تیمارهای تنظیم کننده رشد آنتی‌جیبرلین و هیدروپرایمینگ

Table 1. Mean comparison of yield and yield components wheat, cv. Azar 2, treated with antigibberellins and hydropriming

تیمار Treatment	وزن خشک سنبله Spike dry weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن هزار دانه 1000 Grain weight	تعداد دانه در سنبله Grain/spike	تعداد سنبله در متر مربع Spike/m^2	عملکرد زیستی Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index
شاهد Control	0.93^{c}	0.75^{c}	39.82^{d}	23.16^{c}	311.11^{bc}	2130.3^{ab}	303.3^{d}	13.2^{d}
هیدروپرایمینگ Hydropriming	1.12^{a-c}	1.01^{ab}	44.36^{bc}	21.07^{c}	357.37^{b}	2100.0^{a-c}	357.6^{b}	17^{bc}
400 CCC	1.36^{a-c}	1.07^{a}	47.52^{a-c}	22.61^{bc}	377.67^{ab}	2445.0^{a}	398.7^{ab}	16.3^{c}
800 CCC	1.14^{a-c}	0.78^{bc}	49.78^{ab}	19.00^{d}	439.96^{a}	1916.7^{bc}	410^{ab}	21.4^{ab}
1200 CCC	1.34^{a-c}	1.03^{ab}	49.87^{ab}	21.16^{bc}	331.02^{b}	1808.3^{c}	363.3^{cd}	20.1^{a-c}
1600 CCC	1.04^{bc}	0.82^{a-c}	49.56^{ab}	18.20^{d}	424.72^{a}	1700.0^{c}	373.3^{b-d}	22.0^{a}
35 PBZ	1.09^{bc}	0.93^{a-c}	50.64^{a}	21.63^{bc}	350.07^{b}	2083.3^{a-c}	387^{b-d}	18.6^{bc}
70 PBZ	1.21^{a-c}	0.84^{a-c}	45.23^{b-d}	20.83^{cd}	358.80^{b}	1925.0^{bc}	360.7^{cd}	18.7^{bc}
105 PBZ	1.14^{a-c}	1.03^{ab}	48.79^{a-c}	19.66^{d}	398.09^{ab}	2085.3^{a-c}	350.6^{cd}	16.8^{bc}
140 PBZ	1.48^{a}	0.87^{a-c}	50.98^{a}	20.56^{cd}	415.27^{a}	2100.0^{a-c}	452.7^{a}	20.2^{a-c}
10 ANC	1.32^{a-c}	1.00^{a-c}	49.30^{ab}	23.83^{ab}	338.36^{b}	2050.0^{a-c}	399.3^{ab}	19.5^{a-c}
20 ANC	1.32^{a-c}	0.98^{a-c}	42.59^{bc}	25.93^{a}	378.84^{ab}	2200.0^{a-c}	425^{a}	19.3^{a-c}
30 ANC	1.33^{a-c}	0.93^{a-c}	47.49^{a-c}	21.53^{c}	361.12^{b}	2085.3^{a-c}	387.3^{b-d}	18.1^{bc}
40 ANC	1.41^{ab}	0.91^{a-c}	48.57^{ab}	21.03^{c}	374.11^{ab}	1966.7^{a-c}	375.0^{b-d}	19.1^{a-c}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. CCC کلرمکوات کلراید، PBZ پاکلوبوترازول و ANC انسمیدول.

Means followed by similar letters have not significant differences. CCC, chlormequat chloride; PBZ, Paclobutrazol; ANC, ancymidol.

عملکرد دانه: در بین تیمارهای آزمایش تیمار ۱۴۰ میکرومولار پاکلوبوترازول و ۲۰ میکرومولار انسمیدول با ۴۲۵گرم در مترمربع بیشترین میزان تولید دانه را داشتند که افزایش ۴۰/۴ درصدی نسبت به تیمار شاهد نشان دادند. هیدروپرایم بذر نیز موجب افزایش ۱۸/۳۰ درصدی عملکرد دانه شد. کمترین عملکرد دانه مربوط به تیمار شاهد با ۳۰۳/۳ گرم در متر مربع بود (جدول ۱). در یک نگاه کلی، هر نوع پرایم کردن بذر اعم از هیدروپرایمینگ یا پرایم با تنظیم‌کننده‌های رشد موجب افزایش عملکرد دانه در واحد سطح شد و دارای اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد بود.

www.SID.ir

Archive of SID

پتانسیل عملکرد در واقع، بیشینه ظرفیت ذخیره را مشخص می‌کند که می‌تواند مجموعه‌ای از اجزاء شامل تعداد سنبله در متر مربع، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد گلچه‌های بارور و دانه‌های موجود در سنبلچه و سنبله و در نهایت اندازه دانه باشد که با توجه به طول فصل رشد، چهارچوب تولید را مشخص خواهد کرد (Shekari *et al.*, 2005). عملکرد گیاهان زراعی نیز به عنوان رشد و تسهیم زیست توده به بخش‌های اقتصادی و ارزشمند گیاه تعریف می‌شود (Shekari *et al.*, 2010). به‌طور کلی، کندکننده‌های رشد گیاهی از طریق تغییر در تسهیم فتوآسیمیلات‌ها و هدایت آن‌ها به سمت مخزن باعث افزایش در عملکرد می‌شوند (Shekari *et al.*, 2005). نتایج یک تحقیق نشان داد که با افزایش غلظت پاکلوبوترازول و کاربرد نیتروژن، غلظت کلروفیل، محتوای کاروتنوئید و مقدار پروتئین‌های محلول در گندم افزایش یافت. همچنین، پاکلوبوترازول موجب افزایش جذب و انتقال نیتروژن در گیاه شد (Nouriyani *et al.*, 2012). کاربرد پاکلوبوترازول در سیب‌زمینی با جلوگیری از سنتز جیبرلیک اسید توزیع آسمیلات‌ها را به سمت غده‌ها افزایش داد. همچنین، عملکرد بر حسب تعداد و وزن ریزغده در واحد سطح، متوسط وزن هر ریزغده و تعداد ریزغده بالای ۵ گرم را افزایش یافت. در واقع پاکلوبوترازول با بالا بردن میزان کلروفیل در واحد سطح برگ و نیز افزایش توزیع آسمیلات‌ها به سمت غده، عملکرد را افزایش داد (Tekalign and Hammes, 2004). عملکرد بیشتر دانه در گندم تیمار شده با کلرمکوات کلراید می‌تواند به‌دلیل رشد بیشتر ریشه، افزایش مقاومت روزنه‌ای، پتانسیل آب بیشتر در برگ، افزایش تعداد دانه در واحد سطح، تعداد سنبلچه‌های بارور در هر سنبله باشد (Shekari *et al.*, 2005). گزارش شده است که کلرمکوات کلراید از طریق تغییر در تسهیم فتوآسیمیلات‌ها و هدایت به سمت مخزن باعث افزایش در عملکرد گلرنگ شد (Ebrahimzadeh Sarvestani *et al.*, 2011). در مقابل، کاربرد کلرمکوات کلراید طی دو سال آزمایش در آفتابگردان یا فاقد اثر معنی‌دار در عملکرد بود و یا موجب کاهش عملکرد دانه در طبق شد (Koutroubas *et al.*, 2014).

شاخص برداشت: تیمار۱۶۰۰ میکرومولار کلرمکوات کلراید با ۲۲ درصد بالاترین و تیمارشاهد با ۱۳ درصد کمترین مقدار شاخص برداشت را نشان دادند. به‌طور کلی، پرایم کردن بذرها موجب افزایش شاخص برداشت شد (جدول ۱). شاخص برداشت تخمینی از تبدیل موثر ماده خشک به عملکرد دانه است (Aranjuelo *et al.*, 2013). به‌نظر می‌رسد پایین بودن شاخص برداشت در تیمار شاهد به‌طور عمده به‌دلیل پایین بودن میزان عملکرد اقتصادی تولید شده باشد. در حالی‌که مقدار عملکرد زیستی و به بیان دیگر، میزان کلش تولید شده بسیار بالا بود و بعد از تیمار ۴۰۰ میکرومولار کلرمکوات کلراید بیشترین مقدار عملکرد زیستی تولید شده را نشان داد (جدول ۱).

گزارش شده است که پرایمینگ بذر سه رقم گندم تحت شرایط دیم باعث افزایش تعداد پنجه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت در گندم شد (Rajabi, 2013). کاربرد پاکلوبوترازول در گندم با افزایش عملکرد دانه موجب افزایش شاخص برداشت شد (Dwivedi *et al.*, 2013). کاربرد کلرمکوات کلراید در جو نسبت وزن خشک ریشه به شاخساره، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله را در شرایط خشکی و بدون تنش افزایش داد (Sharif *et al.*, 2007). کاربرد کلرمکوات کلراید در سویا نیز افزایش قابل توجه تعداد شاخه در گیاه و افزایش تولید گل و غلاف و دانه در پی داشت. همچنین، باعث افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی، افزایش فتوسنتز، افزایش وزن دانه و در نهایت افزایش شاخص برداشت در مقایسه با تیمار شاهد شد (Devi *et al.*, 2011).

همبستگی بین صفات: همبستگی بین عملکرد دانه با تعداد سنبله در مترمربع و شاخص برداشت مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌نظر می‌رسد افزایش عملکرد دانه به‌طور عمده به‌علت افزایش تعداد سنبله بارور در متر مربع بوده است. تعداد دانه در سنبله با تعداد سنبله در متر مربع رابطه منفی داشت. به‌عبارت دیگر، با افزایش تعداد سنبله بارور در متر مربع، تعداد دانه در سنبله کاهش یافت. بین تعداد سنبله در متر مربع و شاخص برداشت نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. این مطلب نشان می‌دهد که در محدوده این آزمایش، تعداد سنبله‌های بارور اثر بیشتری بر شاخص برداشت داشته است. در بین اجزای مختلف عملکرد، وزن هزار دانه با هیچ‌یک از صفات مورد بررسی همبستگی معنی‌داری نشان نداد. ولی تعداد دانه در سنبله با وزن خشک ساقه و وزن خشک سنبله همبستگی مثبت و با تعداد سنبله بارور در متر مربع همبستگی منفی و بسیار معنی‌داری را نشان

www.SID.ir

Archive of SID

داد. وزن خشک ساقه به‌طور غیرمستقیم می‌تواند سبب افزایش تعداد دانه در سنبله و در نهایت افزایش عملکرد دانه شود. بالا بودن وزن خشک ساقه می‌تواند به‌نوعی بیانگر مقدار کربوهیدرات ذخیره شده پیش از گرده‌افشانی باشد که در زمان پر شدن دانه با بازگسیل مجدد به سمت مقصد یا دانه موجب افزایش عملکرد دانه شود (Shekari *et al.*, 2010). گزارش شده است که ارقامی که دارای عملکرد زیستی و شاخص برداشت بالا باشند، به احتمال زیاد دارای عملکرد بالایی نیز خواهند بود (Gonzalez *et al.*, 2011). ارقامی که شاخص برداشت بالایی دارند، قادر هستند کربوهیدرات‌های بیشتری را از اندام‌های سبز منتقل کنند و باعث افزایش عملکرد شوند. در واقع این شاخص، میزان کربن تخصیص یافته در تولید دانه را مشخص می‌کند (Shekari *et al.*, 2010). همبستگی بین وزن خشک سنبله با وزن خشک ساقه مثبت و معنی‌دار بود. از آن‌جایی‌که نوسان تعداد دانه در سنبله اندک بود (جدول ۱)، وجود همبستگی مثبت بین وزن ساقه با سنبله نشان می‌دهد که با افزایش وزن خشک ساقه، وزن دانه‌های تولید شده نیز بیشتر شده است. گزارش‌ها نشان می‌دهند که استفاده از پرایمینگ سبب افزایش تعداد سلول‌های مزوفیل، غلظت کلروپلاست و مقدار کلروفیل می‌شود و در نتیجه هدررفت نوری کاهش و توان فتوسنتزی برگ افزایش می‌یابد که این امر باعث تولید ماده خشک بیشتر در گیاهچه‌های حاصل می‌شود (Shekari *et al.*, 2010).

جدول ۲- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در گندم رقم آذر۲ در شرایط این پژوهش

Table 2. Correlation coefficients among the studied traits in wheat, variety Azar-2 in this research conditions

صفت Trait	وزن هزار دانه 1000 Grain weight	تعداد دانه در سنبله Grain/spike	سنبله در مترمربع Spike/m^2	عملکرد زیستی Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	وزن خشک سنبله Spike dry weight
تعداد دانه در سنبله Grain/spike	0.05	1					
سنبله در متر مربع Spike/m^2	-0.05	-0.52**	1				
عملکرد زیستی Biological yield	-0.23	0.14	0.006	1			
عملکرد دانه Grain yield	0.19	0.19	0.47**	0.24	1		
شاخص برداشت Harvest index	0.21	-0.07	0.45**	-0.38**	0.60**	1	
وزن خشک سنبله Spike dry weight	0.24	0.40**	-0.01	0.12	0.30	0.26	1
وزن خشک ساقه Stem dry weight	0.28	0.33*	-0.19	0.11	0.06	0.02	0.39**

* و **: به‌ترتیب همبستگی معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ ٪ و ۱ ٪.

* and **: Significant correlation at 5% and 1% probability levels, respectively.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که پرایمینگ بذر گندم با سه تنظیم‌کننده رشد آنتی‌جیبرلین باعث بهبود عملکرد گندم رقم آذر ۲ تحت شرایط فاریاب شد. افزایش عملکرد به‌طور عمده از طریق افزایش تعداد سنبله بارور و وزن هزار دانه (و نه در تعداد دانه در سنبله) بود. از میان سطوح مواد استفاده شده، پرایمینگ بذر پاکلوبوترازول در غلظت ۱۴۰ میکرومولار، انسمیدول در غلظت ۲۰ میکرومولار و کلرمکوات کلراید در غلظت ۸۰۰ میکرومولار بیشترین عملکرد دانه را تولید کردند. همچنین، تیمار ۱۶۰۰ میکرومولار کلرمکوات کلراید بالاترین درصد شاخص برداشت در واحد سطح را به خود اختصاص داد که به‌طور عمده به‌دلیل عملکرد زیستی کمتر در واحد سطح (تا تولید عملکرد دانه بیشتر) بود. در این آزمایش، به‌علت کافی بودن مقدار آب و کود نیتروژن، تعداد پنجه در واحد سطح به‌طور قابل توجهی افزایش یافت. افزایش تعداد سنبله در واحد سطح موجب کوتاه‌تر شدن سنبله‌های موجود در هر ساقه شد و از این‌رو سنبله‌های کوتاه‌تر، اما با دانه‌های درشت‌تر در سنبله تولید شد. به‌نظر می‌رسد رقم آذر ۲، هم پتانسیل افزایش تعداد دانه در

www.SID.ir

Archive of SID

سنبله و هم پتانسیل افزایش وزن دانه‌ها را دارد و بنابراین احتمال دارد بتوان با اصلاح قدرت مقصد در این رقم، مقدار عملکرد دانه را افزایش داد. کاربرد پاکلوبوترازول با افزایش قابل توجه تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه، باعث شد عملکرد نهایی افزایش قابل توجهی داشته باشد که می‌تواند بیانگر تاثیر پاکلوبوترازول در افزایش انتقال تولیدات فتوسنتزی به سمت دانه و مقصد باشد. به‌نظر می‌رسد کاهش وزن خشک ساقه در مرحله رسیدگی در تیمار ۱۴۰ میکرومولار پاکلوبوترازول در مقایسه با تیمارهای شاهد و هیدروپرایم می‌تواند نشان‌دهنده افزایش انتقال مواد ذخیره شده در ساقه در مرحله رسیدگی به اندام‌های تولید کننده دانه باشد.

References

Ahmad, I., Whipker, B. E., Dole, J. M. and McCall, I. 2014. Paclobutrazol and ancymidol lower water use of potted ornamental plants and plugs. **European Journal of Horticultural Science** 79: 318-326.

Aranjuelo, I., Sanz-Saez, A., Jauregui, I., Irigoyen, J., Araus, J., Sanchez-Diaz, M. and Erice, G. 2013. Harvest index, a parameter conditioning responsiveness of wheat plants to elevated CO_2. **Journal of Experimental Botany** 64: 1879-1892.

Asgarian, H., Nabigol, A. and Taheri, M. 2013. Effects of paclobutrazol and cycocel for height control of Zinnia. **International Journal of Agronomy and Plant Production** 4: 3824-3827.

Borras, L., Slafer, G. A. and Otegui, M. 2004. Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: A quantitative reappraisal. **Field Crops Research** 86: 131-146.

Berova, M., Zlatev, Z. and Stoeva, N. 2002. Effect of paclobutrazol on wheat seedlings under low temperature stress. **Bulgarian Journal of Plant Physiology** 28: 75-84.

Calderini, D. F. and Monasterio, I. O. 2003. Grain position affects grain macronutrient and micronutrient concentrations in wheat. **Crop Science** 43: 141-151.

Cole, J. C., Brown, R. O. and Payton, M. E. 2013. Two cultivars of oakleaf hydrangea respond to ancymidol, uniconazole, or pinching. **HortTechnology** 23 (3): 339-346.

Devi, K. N., Vyas, A. K., Singh, M. S. and Singh, N. G. 2011. Effect of bioregulators on growth, yield and chemical constituents of soybean (*Glycine max*). **Journal of Agricultural Science** 3: 151-159.

Ebrahimzadeh Sarvestani, L., Arvin, M. and Magsodi, K. 2011. Effects of cycocel on yield and yield components of safflower, Local Isfahan. **Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants** 27: 127-134. (In Persian with English Abstract).

Farooq, M., Basra, S. M. A., Tabassum, R. and Afzal, I. 2006. Enhancing the performance of direct seeded fine rice by seed priming. **Plant Production Science** 9: 446-456.

Fletcher, R. A. and Hofstra, G. 1988. Triazole as potential protectants. In: Berg, M. and Plempel, M. (Eds.). Sterol synthesis inhibitors in plant protection. Ellies Harwood Ltd., Cambridge. pp: 321-331.

Gonzalez, F. G., Miralles, D. J. and Slafer, G. A. 2011. Wheat floret survival as related to pre-anthesis spike growth. **Journal of Experimental Botany** 62: 4889-4901.

Grossmann, K., Kwaitkowski, J., Häuser, C. and Siefert, F. 1994. Influence of the triazole growth retardant BAS 111..W on phytohormone levels in senescing intact pods of oilseed rape. **Plant Growth Regulation** 14 (2): 115-118.

Gurmani, A. R., Bano, A., Khan, S. U., Din, J. and Zhang, J. L. 2011. Alleviation of salt stress by seed treatment with abscisic acid (ABA), 6-benzylaminopurine (BA) and chlormequat chloride (CCC) optimizes ion and organic matter accumulation and increases yield of rice (*Oryza sativa* L.). **Australian Journal of Crop Science** 5: 1278-1285.

Hajihashemi, S., Kiarostami, K., Saboora, A. and Enteshari, S. 2007. Exogenously applied paclobutrazol modulates growth in salt stressed wheat plants. **Plant Growth Regulation** 53: 117-128.

Hampton, J. G. and Hebblethwaite, P. D. 1985. The effect of the growth regulator paclobutrazol (pp333) on the growth, development and yield of *Lolium perenne* grown for seed. **HortTechnology** 23: 339-346.

www.SID.ir

Archive of SID

Jafari, R., Manouchehri Kalantari, K. and Torkzadeh, M. 2006. Effects of paclobutrazol on cold resistance of tomato seedlings. **Iranian Journal of Biology** 19: 290-298. (In Persian with English Abstract).

Hejazi, A. and Kafashi Sedgi, M. 2000. Plant growth substances. Principles and application. (Translation). Tehran University Press, Tehran, Iran. (In Persian).

Kaur, S., Gupta, A. K. and Kaur, N. 2005. Seed priming increase crop yield possibility by modulating enzymes of sucrose metabolism in chickpea. **Journal of Agronomy and Crop Science** 191: 81-87.

Kim, S. K., Choi, H. J. and Park, S. Y. 2013. Combined effects of mepiquat chloride and trinexapac-ethyl on oil content, lignin, seed yield and endogenous gibberellins in flax (*Linum usitatissimum* L.). **Korean Journal of Plant Research** 26: 695-700.

Kim, S. K., Lee, H. D. and Choi, H. J. 2011. Effects of mepiquat chloride and trinexapac-ethyl on oil composition, seed yield and endogenous gibberellins in flax. **Korean Journal of Plant Research** 24 (6): 696-701.

Khajeh, N., Emam, Y., Pakniat, H. and Kamkar, A. A. 2008. Interaction of plant growth substance chlormequat chloride (CCC) and drought stress on growth and grain yield of three winter barley cultivars. **Iranian Journal of Crop Science** 39: 33-42. (In Persian with English Abstract).

Koutroubas, S. D., Vassiliou, G. and Damalas, C. A. 2014. Sunflower morphology and yield as affectedby foliar applications of plant growth regulators. **International Journal of Plant Production** 8: 215-229.

Kumar, S., Ghatty, S., Satyanarayana, J., Guha, A., Chaitanya, B. S. K. and Reddy, A. R. 2012. Paclobutrazol treatment as a potential strategy for higher seed and oil yield in field-grown *Camelina sativa* L. (Crantz). **BMC Research Notes** 137: 1-13.

Ma, B. L. and Smith, D. L. 1992. Modification of tiller productivity in spring barley by application of chlormequat or ethephon. **Crop Science** 32: 735-740.

Mazhar, A. A. M., Abdel-Aziz, N. G., El-Maadawy, E. I., Nasr, A. A. and El-Sayed, S. M. 2014. Effect of gibberellic acid and paclobutrazol on growth and chemical composition of *Schefflera arboricola* plants. **Middle East Journal of Agriculture Research** 3: 782-792.

Mendina, R., Burgos, A., Difranco, V., Mroginski, L. and Cenóz, P. 2012. Effects of chlorocholine chloride and paclobutrazol on cassava (*Manihote sculenta* Crantz cv. Rocha) plant growth and tuberous root quality. **AgroScientia** 24: 51-58.

Osman, A. R. 2014. Improving some quantitative and qualitative characteristics of *Solidago canadensis* "tara" using cycocel and planting density under drip irrigation and lighting systems. **Life Science Journal** 11: 110-118.

Payan, R. 2009. An introduction to cereal technology. Aeezh Pub. Co. Tehran, Iran. (In Persian).

Pedro, A., Savin, R., Parry, M. A. J. and Slafer, G. A. 2012. Selection for high grain number per unit stem length through four generations from mutants in a durum wheat population to increase yields of individual plants and crops. **Field Crops Research** 129: 59-70.

Pourmohammad, A., Shekari, F. and Soltaniband, V. 2014. Cycocel priming and foliar application affect yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.). **Cercetări Agronomice în Moldova** 157: 59-69.

Rajabi, R. 2013. Effects of seed pretreatment with salicylic acid on drought resistance of three wheat cultivars under rainfed conditions. M. Sc. Dissertation. University of Zanjan, Zanjan, Iran. (In Persian).

Rajabi, S., Shekari, F., Saba, J. and Zangani, E. 2013. Effects of priming with salicylic acid on grain growth of three wheat cultivars under rainfed conditions. **International Journal of Agronomy and Plant Production** 4: 2061-2068.

Richards, R. A. 2000. Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. **Journal of Experimental Botany** 51: 447-458.

Sharif, S., Safari, M. and Emam, Y. 2007. Effect of drought stress and cycocel on yield of barley cv. Valfajr. **Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources** 10: 281-291. (In Persian with English Abstract).

Shekari, F., Shekari, F., Ebrahimzadeh, A. and Esmaeilpour, B. 2005. Plant growth regulators in agriculture and horticulture. (Translation). University of Zanjan Press, Zanjan, Iran. (In Persian).

Shekari, F., Shekari, F. and Esfandyari, E. 2010. Physiology of crop productivity. (Translation). University of Maragheh Press, Maragheh, Iran. (In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

Slafer, G. A. and Andrade, F. H. 1993. Physiological attributes related to the generation of grain yield in bread wheat cultivars released at different areas. **Field Crops Research** 31: 351-356.

Tambussi, E., Brot, J., Guiamet, J. J., Nogues, S. and Araus, J. L. 2007. The photosynthetic role of ears in C_3 cereals: Metabolism, water use efficiency and contribution to grain yield. **Critical Review in Plant Science** 26: 1-16.

Tanimoto, E. 2012. Tall or short? Slender or thick? A plant strategy for regulating elongation growth of roots by low concentrations of gibberellins. **Annals of Botany** 110: 373-381.

Tekalign, T. and Hammes, P. S. 2004. Response of potato grown under non-inductive condition to paclobutrazol: Shoot growth, chlorophyll content, net photosynthesis, assimilate partitioning, tuber yield, quality and dormancy. **Plant Growth Regulation** 43: 227-236.

Wang, H., Li, H., Liu, F. and Xiao, L. 2009 Chlorocholine chloride application effects on photosynthetic capacity and photoassimilates partitioning in potato (*Solanum tuberosum* L.). **Scientia Horticulturae** 119 (2): 113-116.

Zhou, W. and Leul, M. 1998. Uniconazole-induced alleviation of freezing injury in relation to changes in hormonal balance, enzyme activities and lipid peroxidation in winter rape. **Plant Growth Regulation** 26: 41-47.

www.SID.ir

Archive of SID

University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

Cereal Research
Vol. 6, No. 3, Automn 2016 (339-351)

Variations in yield and yield components by seed priming with three anti-gibberellin regulators on wheat cv. Azar-2

Farid Shekari[1*], Soheila Karami[2] and Jalal Saba[1]

Received: October 4, 2015 Accepted: Febraury 1, 2016

Abstract

In this research, the effects of seed priming with three anti-gibberellin regulators were investigated on yield and yield components of wheat cv. Azar-2, based on randomized complete block design with three replications under regular irrigation conditions in research field of University of Zanjan, Zanjan, Iran, in 2012-2013. The experimental treatments were control (non-primed seeds), hydropriming, chlormequat chloride (400, 800, 1200 and 1600 µM), paclobutrazol (35, 70, 105 and 140 µM) and ancimidol (10, 20, 30 and 40 µM). The biological yield decreased in most treatments compared to control. On the other hand, seed priming with all of the growth retardants increased the grain yield. In contrast, the use of three growth retarder totally improved the grain yield of wheat cv. Azar-2. Among the growth regulators, paclobutrazol in 140, ancymidol in 20 and chlormequat chloride in 800 µM had the highest grain yield. Seed priming with mentioned growth retardants increased 1000-kernel weight compared to control. The highest fertile spike/m^2 and seed/spike was found in 800 µM chlormequat chloride and 20 µM ancymidol, respectively. By increment in the number of fertile spikes, the length of spike decreased significantly. As a result, there are smaller spikes but with large grains in each plant. It seems that Azar-2 cultivar has a potential for increasing both the number of grain/spike and grain weight. Therefore, it is possible to increase grain yield in this cultivar by improving sink straight from both ways.

Keywords: Ancymidol, Chlormequat chloride, Grain number, Fertile spike, Paclobutrazol

1. Assoc. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
2. M. Sc. Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran
[*] Corresponding author: shekari@znu.ac.ir

www.SID.ir