"مجله علوم زراعی ایران"
جلد بیست و یکم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸

مقاله پژوهشی

اثر پرایمینگ بذر و محلول‌پاشی اکسین و سیتوکینین بر رشد و عملکرد دانه گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط اقلیمی اهواز

Effect of seed priming and application of cytokinin and auxin on growth and grain yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under Ahvaz climatic conditions

نرگس خمدی[۱]، مجید نبی پور[۲]، حبیب اله روشنفکر[۳] و افراسیاب راهنما[۴]

چکیده

خمدی، ن.، م. نبی پور، ح. روشنفکر و ا. راهنما. ۱۳۹۸. اثر پرایمینگ بذر و محلول‌پاشی اکسین و سیتوکینین بر رشد و عملکرد دانه گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط اهواز. **مجله علوم زراعی ایران. ۲۱(۱): ٤٤-۳۱.**

به منظور ارزیابی اثر پرایمینگ بذر و محلول‌پاشی اکسین و سیتوکینین بر عملکرد دانه گندم رقم چمران، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز طی سال‌های زراعی ۹۵-۱۳۹٤ و ۹٦-۱۳۹۵ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل پرایمینگ بذر (در دوسطح؛ هیدروپرایمینگ و بدون پرایمینگ) و محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های رشد اکسین و سیتوکینین (در نه سطح در یک و دو هفته پس از گلدهی) بودند. نتایج نشان داد که هیدروپرایمینگ بذر باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه تا هشت درصد نسبت به شاهد بدون پرایمینگ شد (به ترتیب ۷۰۳۰ و ٦۵۰۷ کیلوگرم در هکتار). محلول‌پاشی اکسین و سیتوکینین بر فتوسنتز و پروتئین‌های محلول برگ پرچم اثر مثبت داشت. بعلاوه تعداد سلول‌های آندوسپرم دانه در این تیمارها افزایش داشتند. بیشترین تأثیر در افزایش قدرت منبع در محلول‌پاشی سیتوکینین در هر دو زمان محلول‌پاشی مشاهده شد. سرعت پر شدن دانه نیز در محلول‌پاشی سیتوکینین- سیتوکینین بیشتر بود (۱/۷۹ میلی‌گرم در دانه در روز) بود. عملکرد دانه در تیمار محلول‌پاشی سیتوکینین در هر دو مرحله (۷۸۹۱ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با عدم محلول‌پاشی، ۲٤/۷ درصد بیشتر بود. نتایج این آزمایش نشان داد که پرایمینگ بذر باعث افزایش تعداد سنبله‌ها در واحد سطح شد. محلول‌پاشی اکسین و سیتوکینین نیز با افزایش قدرت منبع و مخزن، می‌توانند باعث افزایش عملکرد دانه گندم شوند.

واژه‌های کلیدی: پر شدن دانه، تنظیم کننده‌های رشد، سلول‌های آندوسپرم، گندم و هیدروپرایمینگ.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۱۳ این مقاله مستخرج پایان نامه دکتری نگارنده اول می‌باشد.

۱- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز
۲- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: nabipourm@yahoo.com)
۳- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز
۴- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز

مقدمه

یکی از عوامل افزایش عملکرد در واحد سطح، افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذرها و استقرار گیاهچه‌های حاصل از بذرهای کشت شده است (Aboutalebian *et al*., 2008). هرچه سرعت جوانه‌زنی و درصد بذرهای جوانه زده در مزرعه بیشتر باشد، استفاده گیاهچه‌های سبز شده از نور، آب و عناصر غذایی بیشتر خواهد شد. تنش‌هایی چون خشکی، دماهای پایین و بالا در هنگام جوانه‌زنی، سله بستن خاک، زمان کشت نامناسب، آماده نبودن کافی بستر بذر وغیره ازجمله عواملی هستند که استقرار گیاهچه‌ها را در مزرعه با محدودیت مواجه می‌کنند (Farooq *et al*., 2008; McDonald, 2000). به طور نظری کیفیت بذر به طور مستقیم و یا غیرمستقیم بر عملکرد گیاهان زراعی اثر می‌گذارد. اثر غیر مستقیم شامل درصد و زمان از کاشت تا سبز شدن (سرعت سبز شدن) است که از طریق تغییر تراکم بوته، آرایش فضایی و بقای آنها، بر عملکرد اثر می‌گذارد (Ellis, 1992). یکی از روش‌هایی که بنیه بذر و استقرار گیاهچه‌ها را در مزرعه بهبود می‌بخشد، پرایمینگ بذر است (McDonald, 2000).

عبدالرحمنی و همکاران (Abdolrahmani *et al*., 2011) گزارش دادند که هیدروپرایمینگ بذر جو در شرایط دیم، باعث افزایش تولید ماده خشک گیاه در واحد سطح نسبت به تیمار بدون پرایمینگ شد. درصد پوشش سبز زمین در مرحله گلدهی و سرعت رشد گیاه نیز در این تیمار بیشتر بود. در آزمایش ایشان بهبود عملکرد دانه در اثر هیدروپرایمینگ به استفاده بهینه از منابع و استقرار سریع‌تر گیاهان نسبت داده شد. در یک آزمایش گزارش شد که پرایمینگ بذر باعث افزایش عملکرد کاه و دانه برنج در روش خشکه‌کاری (کشت مستقیم بذر) شد (Rehman *et al*., 2011). ابوطالبیان و همکاران (Aboutalebian *et al*., 2008) گزارش دادند که هیدروپرایمینگ بذر گندم با آب، باعث افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی ارقام دیم در هر سه منطقه سردسیر (همدان)، معتدل (کرج) و گرمسیر (سرپل ذهاب) و رقم آبی الوند در همدان در هر دو زمان کاشت (به موقع و دیر هنگام)، شد.

سرعت پرشدن دانه‌ها در غلات اساساً با قدرت مخزن فیزیولوژیک تعیین می‌شود (Yang *et al*., 2003). در طول پرشدن دانه، دانه‌ها مخازن بسیار قوی برای کربوهیدرات‌ها هستند. قدرت مخزن به معنای توانایی یک مخزن فیزیولوژیک در رقابت با سایر مخازن جهت ورود مواد غذایی است که شامل اندازه و فعالیت مخزن می‌باشد. اندازه مخزن یک مفهوم فیزیکی است که شامل تعداد و اندازه سلول‌ها است. فعالیت مخزن یک مفهوم فیزیولوژیک است که شامل چندین عامل و آنزیم‌های کلیدی دخیل در مصرف و ذخیره کربوهیدرات‌ها است (Brenner and Cheikh, 1995). عقیده بر این است که هورمون‌های گیاهی ازجمله سیتوکینین و اکسین ارتباط نزدیکی با نمو دانه دارند و از طریق تاثیر بر تقسیم و بزرگ شدن سلول‌های آندوسپرم و یا کنترل ورود و خروج مواد پرورده به دانه، اندازه مخزن را تعیین می‌کنند (Xu *et al*., 2007). در غلات سطوح بالای سیتوکینین‌ها معمولاً در سلول‌های آندوسپرم دانه‌های در حال نمو یافت می‌شود که ممکن است برای تقسیم سلولی در طول مرحله اولیه شکل‌گیری دانه مورد نیاز باشد (Brenner and Cheikh, 1995). بیشترین غلظت اکسین نیز در مرحله اولیه رشد دانه گزارش شده است که احتمالاً این تنظیم کننده رشد در تقسیم سلولی با سیتوکینین، به صورت همسازی عمل می‌کند و بنابراین ممکن است همانند سیتوکینین در تسریع تقسیم سلولی و شکل‌گیری اندازه مخزن، نقش کلیدی داشته باشد (Saeidi *et al*., 2006; Wingler *et al*., 1998). گزارش شده است که سیتوکینین به صورت مستقیم بر شاخص‌های فتوسنتزی مانند کلروفیل و سنتز پروتئین و پایداری آنها و فعالیت‌های آنزیمی تأثیر گذاشته و در

نهایت سرعت و پایداری فتوسنتز در واحد زمان را افزایش می‌دهد (Yang *et al*., 2003). قربانی جاوید و همکاران (Ghorbani Javid *et al*., 2011) اثر محلول پاشی اکسین و سیتوکینین را در مرحله زایشی روی عملکرد دانه دو رقم متحمل و حساس به شوری برنج مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که کاربرد اکسین و سیتوکینین باعث افزایش عملکرد دانه و وزن هزار دانه شد و مقادیر آنها در هر دو رقم برنج در شرایط بدون تنش در مقایسه با تنش شوری افزایش یافت. در آزمایش گوپتا و همکاران (Gupta *et al*., 2003) اثر مصرف سیتوکینین خارجی (بنزیل آدنین) روی دانه‌های سه ژنوتیپ گندم (از لحاظ تحمل به دمای بالا) در دو زمان کاشت به‌موقع و دیرهنگام نشان داده شد که در کاشت تاخیری، کاربرد بنزیل آدنین در زمان گلدهی باعث افزایش وزن دانه در ژنوتیپ‌های متحمل شد، در حالی که در کاشت به‌موقع، کاربرد بنزیل آدنین در زمان گلدهی باعث افزایش وزن دانه در هر سه ژنوتیپ گردید.

در اقلیم‌های مدیترانه‌ای (مانند خوزستان) که زمستان ملایمی دارند و گندم در پاییز کشت می‌شود، گیاه در مرحله گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک، با تنش گرمای انتهای فصل مواجه شده و عملکرد آن کاهش می‌یابد، زیرا در دماهای بالا گیاهان باید چرخه زندگی خود را در یک دوره کوتاه کامل کنند و تجمع نشاسته در آنها زودتر پایان می‌یابد (Khan *et al*., 2010). استفاده از تنظیم کننده‌های رشد سیتوکینین و اکسین با توجه به اثراتی که بر رشد و نمو دانه دارند، احتمالا باعث افزایش عملکرد دانه در این شرایط خواهد شد. بعلاوه در شرایطی که کشت گندم با تأخیر مواجه می‌شود، جوانه‌زنی سریع، سبز شدن یکنواخت و استقرار بهتر گیاهچه‌ها از ضرورت‌های لازم جهت حفظ توان تولید می‌باشند. پرایمینگ بذر می‌تواند از طریق ظهور سریع‌تر گیاهچه و استقرار بهتر گیاهچه‌ها، افت عملکرد ناشی از تأخیر در کاشت را تا اندازه‌ای جبران کند (Farooq *et al*.,2008). آزمایش حاضر با هدف ارزیابی اثر پرایمینگ بذر و محلول‌پاشی اکسین و سیتوکینین بر عملکرد دانه گندم رقم چمران در شرایط اقلیمی اهواز انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر پرایمینگ بذر و محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های رشد اکسین و سیتوکینین بر عملکرد دانه گندم رقم چمران، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز طی دو سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵ انجام شد. تیمارهای پرایمینگ در دو سطح؛ هیدروپرایمینگ و بدون پرایمینگ (شاهد) و محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های رشد در نه سطح، در یک و دو هفته پس از گلدهی بودند که جزئیات آن در جدول ۲ ارائه شده است. محلول‌پاشی در هر مرحله با غلظت ۵۰ میکرومولار (Ghorbani Javid *et al*., 2011) اکسین (Indole 3- Acetic Acid free acid, Sigma) و سیتوکینین (Kinetin, Sigma) انجام شد. از تیپول با نسبت ۰/۵ درصد حجمی به عنوان مویان استفاده شد. پاشش تنظیم کننده‌های پس از غروب آفتاب (جهت جلوگیری از تجزیه سریع آن‌ها توسط نور خورشید) انجام شد. در هر مرحله، محلول‌پاشی با استفاده از سمپاش و به صورتی انجام شد که بوته‌ها کاملاً خیس شوند. جهت هیدروپرایمینگ، بذرها به مدت هشت ساعت (بر اساس نتایج آزمایش مقدماتی) در آب مقطر همراه با هوادهی در دمای ۲۴ درجه سانتیگراد در فیتوترون خیسانده شده و سپس به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۲۷ درجه سانتیگراد خشک شدند (Giri and Schillinger., 2003). در هر کرت آزمایشی، بذرها در ده خط به طول سه متر و با تراکم ۴۰۰ بوته در

متر مربع در ۲۹ آذر ماه در هر دو سال آزمایش (زمان کاشت نسبتا دیرهنگام) کشت شدند. کوددهی (NPK) بر مبنای نتایج آزمون خاک و بر اساس ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص (در دو مرحله؛ زمان کاشت و شروع ساقه رفتن) ، ۸۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار K_2O (در زمان کاشت) انجام شد. تعداد سنبله در متر مربع با شمارش تعداد سنبله‌های واقع در دو نمونه تصادفی از کوادرات ۲۵۰ سانتی‌متر مربعی و بر اساس تناسب مشخص شد. تعداد دانه در سنبله نیز بر مبنای میانگین ۲۰ سنبله تعیین شد. به منظور اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه، دو ردیف اول و انتها و نیم‌متر از ابتدا و انتهای بقیه ردیف‌ها به‌عنوان حاشیه حذف و محصول از سطح باقیمانده (۱/۶ متر مربع) برداشت شد.

جدول۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of the soil at experiment site

بافت خاک Soil texture	هدایت الکتریکی EC(dS.m^{-1})	اسیدیته pH	کربن آلی Organic carbon (%)	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر قابل جذب P_{ava} (mg.kg^{-1})	پتاسیم قابل جذب K_{ava} (mg.kg^{-1})
لومی رسی Clay- loam	3.2	7.75	0.67	0.054	7.7	165.8

جدول۲- زمان بندی محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های رشد

Table 2. Timing of application of growth regulators

تیمارهای محلول‌پاشی Growth regulator application treatments	۶ و ۷ روز بعد از گلدهی 6 and 7 days after anthesis	۱۳ و ۱۴ روز بعد از گلدهی 13 and 14 days after anthesis
T1	Water	Water
T2	IAA	Water
T3	Water	IAA
T4	IAA	IAA
T5	CK	Water
T6	Water	CK
T7	CK	CK
T8	IAA	CK
T9	CK	IAA

Water: محلول پاشی با آب (شاهد)، IAA: محلول‌پاشی اکسین، CK: محلول پاشی سیتوکینین

در زمان‌های ۲۱ و ۲۸ روز بعد از گلدهی، از هر کرت ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و برگ پرچم آنها جدا شده و به سرعت به آزمایشگاه منتقل و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد برای اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی و پروتئین‌های محلول نگهداری شدند. سرعت فتوسنتز با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری فتوسنتز (LCA-4, ADS, UK) و هدایت روزنه‌ای با استفاده از دستگاه پورومتر (Prometer, ELE, UK) در قسمت میانی برگ‌های پرچم بین ساعات ده صبح تا یک ظهر بطور همزمان در مزرعه انجام شد. برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل a و b برگ پرچم در هر تیمار در زمان‌های ذکر شده، از روش آرنون (Arnon, 1949) استفاده شد. میزان جذب نور توسط عصاره با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر و در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری پروتئین‌های محلول با استفاده از روش برادفورد (Bradford, 1976) انجام شد. میزان جذب نور محلول با استفاده از دستگاه

اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۹۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری سرعت و دوره مؤثر پر شدن دانه به روش هاشمی دزفولی و مرعشی (Hashemi Dezfouli And Marashi, 1995) انجام شد. برای این کار از ۱۰ روز بعد از گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌ها به فواصل پنج روز، پنج سنبله از هر کرت به صورت تصادفی برداشت و در آون خشکانده شدند. سپس دانه‌های چهار سنبلچه میانی هر سنبله جدا و وزن شدند. پس از ترسیم منحنی رشد دانه، شیب خط، سرعت پرشدن دانه در مرحله خطی رشد دانه شناخته شد و دوره مؤثر پر شدن دانه از تقسیم میانگین وزن دانه در زمان برداشت بر سرعت پر شدن دانه در مرحله خطی بدست آمد. جداسازی و شمارش سلول‌های آندوسپرم بر اساس روش لیانگ و همکاران (Liang *et al*., 2001) انجام شد. میزان قندهای محلول دانه با استفاده از روش دابیوس و همکاران (Dubios *et al*., 1956) و میزان نشاسته دانه به روش واکر و همکاران (Walker *et al*., 2008) اندازه‌گیری شد. تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۲ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که پرایمینگ بذر اثر معنی‌داری بر تعداد سنبله‌ها در مترمربع داشت و در مورد اثر متقابل سال و پرایمینگ این اثر در سال اول معنی‌دار و در سال دوم معنی‌دار نبود. میانگین دمای هوا در دوره کاشت تا سبز شدن در سال‌های اول و دوم به ترتیب ۱۱/۰ و ۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد بود، بنابراین به نظر می‌رسد که اثرات مثبت پرایمینگ بر سبز شدن گیاهچه‌ها، در شرایط دمایی نامناسب سال اول بیشتر بوده است که نتیجه این موضوع می‌تواند تأثیر بیشتر آن بر افزایش تعداد سنبله‌ها در واحد سطح در سال اول آزمایش باشد (جدول ۴). در آزمایش حاکومات و همکاران (Hakoomat *et al*., 2013) نیز گزارش شد که هیدروپرایمینگ بذر، باعث کاهش مدت زمان سبز شدن گیاهچه‌های گندم شد. نتایج مشابهی در مورد سایر گیاهان از جمله سورگوم، ذرت، نخود و برنج مبنی بر اینکه پرایمینگ بذر باعث افزایش درصد جوانه‌زنی، سبز شدن سریع‌تر، رشد قوی‌تر و استقرار یکنواخت گیاهچه‌ها می‌شود، گزارش شده است (Harris *et al*., 2001). در آزمایش حاضر، اثر پرایمینگ بذر بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار بود و در هیدروپرایمینگ تا ۰/۹۵ دانه افزایش یافت. در آزمایش عبدالرحمنی و همکاران (Abdolrahmani *et al*., 2007) اثر مثبت پرایمینگ بذر بر شاخص‌های رشد و عملکرد دانه به سبز شدن بهتر و استقرار سریع‌تر گیاهچه‌ها و استفاده بهتر از تابش، رطوبت خاک و عناصر غذایی به‌وسیله گیاهان حاصل از بذرهای پرایم شده، نسبت داده شد. با توجه به اینکه تنظیم کننده‌های رشد بعد از گلدهی محلول‌پاشی شدند، تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر این تیمارها قرار نگرفت. اثر پرایمینگ بذر بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود و هیدروپرایمینگ باعث افزایش عملکرد بیولوژیک تا حدود ۱۱ درصد شد (جدول ۳). عملکرد بیولوژیک در سال دوم آزمایش به صورت معنی‌داری بیشتر از سال اول بود که با بیشتر بودن تعداد سنبله‌ها در مترمربع هماهنگی داشت (جدول ۳).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر محلول‌پاشی در هر دو مرحله بر ویژگی‌های برگ پرچم معنی‌دار بود، ولی اثر پرایمینگ و اثر متقابل پرایمینگ و محلول‌پاشی بر آنها معنی‌دار نبود. محلول‌پاشی سیتوکینین در هر دو مرحله در روز ۲۱ پس از گلدهی، بیشترین سرعت فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای را داشت و تیمار شاهد (در مورد سرعت فتوسنتز) و تیمار شاهد و محلول پاشی اکسین در یک هفته بعد از گلدهی

(در مورد هدایت روزنه‌ای)، بدون اختلاف معنی‌دار، کمترین مقدار را داشتند. در روز ۲۸ روز پس از گلدهی نیز محلول‌پاشی سیتوکینین در هر دو مرحله بیشترین سرعت فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای را داشت و

جدول ۳- مقایسه میانگین تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گندم در تیمارهای سال و پرایمینگ بذر

Table 3. Mean comparison of No. of grain.spike^{-1}, grain yield and biological yield of wheat in year and seed priming treatments

Year	سال	دانه در سنبله No. Grain.spike^{-1}	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha^{-1})
2015-2016	۱۳۹۴-۱۳۹۵	34.2a	6497b	13688b
2016-2017	۱۳۹۵-۱۳۹۶	34.3a	7040a	15275a
Seed priming	پرایمینگ بذر			
Hydropriming	هیدروپرایمینگ	34.8a	7030a	15272a
Without priming (control)	بدون پرایمینگ	33.8b	6507b	13691b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

جدول ۴- مقایسه میانگین تعداد سنبله در مترمربع گندم در اثر متقابل تیمارهای سال و پرایمینگ بذر

Table 4. Mean comparison of No. of spike.m^{-2} of wheat in year × seed priming treatments

Year سال	پرایمینگ بذر Seed priming		سنبله در مترمربع Spike.m^{-2}
۱۳۹۴-۱۳۹۵ 2015-2016	Hydropriming	هیدروپرایمینگ	485.0b
	Without priming (control)	بدون پرایمینگ	428.0c
۱۳۹۵-۱۳۹۶ 2016-2017	Hydropriming	هیدروپرایمینگ	503.2a
	Without priming (control)	بدون پرایمینگ	490.0ab

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

بعد از آن محلول‌پاشی اکسین در یک هفته بعد از گلدهی و سیتوکینین در زمان دو هفته پس از گلدهی، بیشترین مقدار را دارا بودند (جدول ۵). به نظر می‌رسد که تأثیر محلول‌پاشی سیتوکینین بر افزایش سرعت فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای بیشتر از محلول‌پاشی اکسین بوده است. همچنین مشاهده شد که تداوم اثر سیتوکینین بر این صفات بیشتر از اکسین بوده است. سعیدی و همکاران (Saeidi *et al.*, 2006) گزارش دادند که محلول‌پاشی سیتوکینین با افزایش میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ پرچم و هدایت روزنه‌ای در ارقام گندم همراه بود. افزایش معنی‌دار رنگیزه‌های فتوسنتزی در اثر مصرف خارجی اکسین نیز گزارش شده است (Amal *et al.*, 2009). اکسین‌ها اولین هورمون گیاهی شناخته شده هستند که با توجه به توانایی در القای طویل شدن سلول در ساقه‌ها، برگ‌ها و افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی در گیاهان مورد توجه قرار گرفتند (Bajguz and Piotrowska, 2009).

بیشترین میزان کلروفیل a در برگ پرچم در روز ۲۱ پس از گلدهی در تیمار محلول‌پاشی سیتوکینین در هر دو مرحله دست آمد. تیمارهای محلول‌پاشی سیتوکینین- آب، اکسین- سیتوکینین و سیتوکینین- اکسین (به ترتیب در زمان‌های یک هفته و

دو هفته بعد از گلدهی) بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر، بعد از محلول‌پاشی سیتوکینین- سیتوکینین، مقدار کلروفیل a بیشتری را دارا بودند. در روز ۲۸ پس از گلدهی، تیمارهای محلول‌پاشی سیتوکینین- سیتوکینین و آب- آب به ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر کلروفیل a را داشتند. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها بیشترین میزان کلروفیل b برگ پرچم در روز ۲۱ پس از گلدهی در تیمار محلول‌پاشی سیتوکینین- سیتوکینین و کمترین مقدار آن در تیمارهای محلول‌پاشی آب- آب، اکسین- آب و آب- اکسین (بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر) بدست آمد. در روز ۲۸ پس از گلدهی، محلول‌پاشی سیتوکینین- سیتوکینین بیشترین میزان کلروفیل b و تیمارهای محلول‌پاشی آب- سیتوکینین و اکسین- سیتوکینین (بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر)، در رتبه بعدی قرار گرفتند. تیمارهای محلول‌پاشی آب- آب و اکسین- آب نیز بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر، کمترین میزان کلروفیل b را دارا بودند (جدول ۵).

نتایج این آزمایش نشان داد که محلول‌پاشی سیتوکینین و اکسین باعث کند شدن روند پیری گیاه شد. در آزمایش سعیدی و همکاران (Saeidi *et al*., 2006) گزارش شد که محلول‌پاشی سیتوکینین علاوه بر افزایش نسبی محتوای کلروفیل a و b باعث افزایش پایداری نسبی آنها نیز شد. در آزمایش اشرف و همکاران (Ashraf *et al*., 2006) گزارش شد که کاربرد اکسین در افزایش رشد و کارایی فتوسنتزی جو در هر دو شرایط بدون تنش و تنش آب مؤثر بود. سیتوکینین با فرایندهایی که منجر به پیری برگ می‌شوند، مرتبط دانسته شده است. در گیاهان تراریخته برنج، بیان ژن *IPT* (ایزوپنتنیل ترانسفراز؛ یکی از آنزیم‌های مسیر بیوسنتز سیتوکینین) (Peleg *et al*., 2011) و در گیاهان تراریخته توتون، بیان ژن *ZOG1* (زآتین گلیکوزیل ترانسفراز؛ (zeatin o-glucosyltransferase (Havlova *et al*., 2008) باعث تأخیر در پیری شدند.

نتایج نشان داد که در روز ۲۱ پس از گلدهی، در کلیه تیمارهای محلول‌پاشی محتوی پروتئین‌های محلول برگ پرچم به صورت معنی‌داری افزایش یافت. در روز ۲۸ پس از گلدهی، بیشترین محتوی پروتئین‌های محلول مربوط به محلول‌پاشی سیتوکینین- سیتوکینین بود و تیمارهای محلول‌پاشی آب- آب، اکسین- آب و آب- اکسین بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر کمترین محتوی پروتئین‌های محلول را داشتند (جدول ۵). شواهد زیادی وجود دارد که هورمون‌های داخلی، تا اندازه زیادی فعالیت آنزیم‌های کلیدی برای سنتز و تجمع نشاسته مانند آنزیم‌های ساکارز فسفات سینتاز، ADPگلوکز پیروفسفوریلاز، فروکتوز او۶ بی‌فسفاتاز را که در تولید مواد پرورده فتوسنتزی، بارگیری آوند آبکش، انتقال و تسهیم دخیل هستند را تنظیم می‌کنند (Brenner and Cheikh, 1995). افزایش فعالیت این آنزیم‌ها می‌تواند باعث تأمین بیشتر مواد فتوسنتزی برای انتقال به دانه و تسریع در انتقال این مواد به دانه‌های درحال رشد و کاهش محدودیت مبدأ فیزیولوژیکی شود. نتایج آزمایش وینگلر و همکاران (Wingler *et al*., 1998) نشان داد که سیتوکینین، تخریب کلروفیل و آنزیم‌های مؤثر در فتوسنتز را به تأخیر می‌اندازد.

اثر محلول‌پاشی سیتوکینین و اکسین هورمون‌پاشی بر خصوصیات مرتبط با دانه معنی‌دار بود، ولی اثر پرایمینگ و اثر متقابل پرایمینگ و محلول‌پاشی بر خصوصیات ارزیابی شده معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های رشد در یک هفته پس از گلدهی باعث افزایش معنی‌دار تعداد سلول‌های آندوسپرم دانه نسبت به دو هفته پس از گلدهی شد (جدول ۶). اثر محلول‌پاشی

سیتوکینین و اکسین بر تعداد سلول‌های آندوسپرم دانه نیز نسبتاً مشابه بود. دیویس (Davies, 1987) گزارش داد که اکسین قادر است تقسیم سلولی را همانند سیتوکینین و یا در مشارکت با آن تحریک کند و غلظت بالای اکسین در دانه‌ها، می‌تواند باعث تولید بیشتر سیتوکینین در دانه‌های در حال رشد شود. برنر و چیخ (Brenner and Cheikh, 1995) گزارش دادند که در مرحله پرشدن دانه‌ها، غلظت اکسین در دانه‌های درحال رشد به حداکثر رسیده و در تنظیم پرشدن دانه نقش اساسی دارد. نتایج تحقیقات نشان داده است که افزایش سطح سیتوکینین در مدت نمو دانه، باعث افزایش فعالیت سلولی شده و افزایش تولید سلول‌های آندوسپرم می‌شود و یا به افزایش انتقال مواد پرورده کمک می‌کند (Herzog, 1982). نتایج یک آزمایش نشان داد که در ژنوتیپ‌های گندم دانه درشت‌تر، مواد شبه سیتوکینین بیشتری وجود داشت و رشد این دانه‌ها در اثر مصرف سیتوکینین خارجی افزایش یافت (Dua and Bhardwaj, 1979).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها به نظر می‌رسد که بیشتر بودن میزان فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، رنگیزه‌های فتوسنتزی و پروتئین‌های محلول برگ پرچم در تیمارهای محلول‌پاشی سیتوکینین- سیتوکینین باعث تأمین بیشتر مواد فتوسنتزی برای پر شدن دانه و انتقال و تسهیم این مواد به سمت دانه‌ها شده و در نتیجه سرعت پر شدن دانه‌ها افزایش یافته است. در تیمارهای محلول‌پاشی اکسین- آب و سیتوکینین- آب به دلیل مصرف تنظیم کننده‌های رشد در هفته اول پس از گلدهی، تعداد سلول‌های آندوسپرم دانه افزایش یافت، است ولی به دلیل اینکه در هفته دوم پس از گلدهی محلول‌پاشی انجام نشد، در مقایسه با سایر تیمارها، سرعت پر شدن دانه کمتر و دوره مؤثر پر شدن دانه بیشتر بود (جدول ۶).

نتایج نشان داد که در تیمارهایی که در آنها در هر دو مرحله محلول‌پاشی انجام شده بود، وزن هزار دانه بیشتر بوده است. به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی در هفته دوم پس از گلدهی در افزایش انتقال مواد پرورده به دانه‌ها مؤثر بوده است. با افزایش تقسیمات سلولی در اثر محلول‌پاشی تنظیم کننده‌های رشد و در نتیجه افزایش تعداد سلول‌های آندوسپرم، اندازه مخزن افزایش یافته و نیاز به کربوهیدرات بیشتر می‌شود. مقایسه میانگین وزن هزاردانه در میان تیمارهای هورمون‌پاشی نشان داد که محدودیت مبدأ فیزیولوژیکی در محلول‌پاشی‌های آب- آب، اکسین- آب و سیتوکینین- آب (محلول‌پاشی به ترتیب در زمان‌های یک و دو هفته پس از گلدهی) بیشتر و وزن هزار دانه کمتر بوده است. در محلول‌پاشی‌های اکسین- آب و سیتوکینین- آب با وجود محلول‌پاشی در هفته اول پس از گلدهی، احتمالا محدودیت مبدأ در زمان پر شدن دانه باعث معنی‌دار نبودن اختلاف وزن هزاردانه آنها با محلول‌پاشی آب- آب بوده است. درمورد محتوای قندهای محلول و محتوی نشاسته دانه با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۶) به‌نظر می‌رسد که محلول‌پاشی اکسین و سیتوکینین در هفته دوم پس از گلدهی در افزایش محتوی نشاسته دانه و تبدیل قندها به نشاسته مؤثرتر بوده است. بهاتیا و سینگ (Bhatia and Singh, 2002) نیز گزارش دادند که مصرف IAA موجب افزایش محتوای نشاسته در دانه‌های سورگوم شد و این موضوع در سطح تیماری IAA ۵۰ µM بارزتر بود. آنها نشان دادند که IAA واسطه افزایش در پیوستن ^{14}C (قند + نشاسته) به نشاسته گردید که نشان دهنده نقش مثبت این هورمون در تغییر شکل دادن قندها به نشاسته در دانه است. در آزمایش پلگ و همکاران (Peleg *et al.*, 2011) مقایسه بین بوته‌های تیپ وحشی و بوته‌های تراریخته برنج P_{SARK}:IPT، نشان داد که بین بیان ژن‌های کد کننده آنزیم‌های واسط در بیوسنتز و هموستازی سیتوکینین تفاوت وجود داشت. بررسی اثر بیان *IPT* و سنتز سیتوکینین روی روابط منبع و مخزن نشان داد که

محتوای نشاسته در دانه‌های بدست آمده از بوته‌های تراریخته با آبیاری مناسب و تحت تنش، نسبت به بوته‌های تیپ وحشی افزایش معنی‌داری داشت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال، پرایمینگ و همچنین اثر محلول‌پاشی بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. عملکرد دانه در سال دوم آزمایش به صورت معنی‌داری

جدول ۵- مقایسه میانگین خصوصیات برگ پرچم گندم در تیمارهای محلول‌پاشی اکسین و سیتوکینین

Table 5. Mean comparison of flag leaf characteristics of wheat in auxin and cytokinin application treatments

T	تیمارهای محلول‌پاشی Growth regulator application treatments		سرعت فتوسنتز Rate of photosynthesis ($\mu mol.m^{-1}.s^{-1}$)		هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance ($mol\ CO_2.m^{-1}.s^{-1}$)		کلروفیل a Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$ FW)		کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$ FW)		پروتئین‌های محلول Soluble proteins ($mg.g^{-1}$ FW)	
	۶ و۷ روز پس از گلدهی 6 and 7 DPA	۱۳ و۱۴ روز پس از گلدهی 13 and 14 DPA	(21 DPA)	(28 DPA)	(21 DPA)	(28 DPA)	(21 DPA)	(28 DPA)	(21 DPA)	(28 DPA)	(21 DPA)	(28 DPA)
T1	Water	Water	19.5f	5.69g	0.570f	0.120h	1.36e	0.45h	0.390d	0.100f	9.7c	4.97d
T2	IAA	Water	21.1e	6.01g	0.585ef	0.130g	1.45d	0.47g	0.400d	0.103f	10.3b	5.0d
T3	Water	IAA	21.2ed	7.05f	0.600e	0.200f	1.47d	0.63f	0.396d	0.147e	10.3b	5.1cd
T4	IAA	IAA	22.1cd	7.87e	0.665d	0.250e	1.62c	0.86e	0.577c	0.171d	10.4ab	5.4bc
T5	CK	Water	22.1cd	7.86e	0.670d	0.245e	1.66bc	0.86e	0.590bc	0.175cd	10.4ab	5.3bcd
T6	Water	CK	22.4c	10.07c	0.680cd	0.300c	1.64c	0.94c	0.600b	0.274b	10.5ab	5.6b
T7	CK	CK	24.5a	11.16a	0.755a	0.360a	1.82a	1.18a	0.802a	0.296a	10.8a	6.0a
T8	IAA	CK	23.5b	10.79b	0.705b	0.350b	1.70b	1.05b	0.607b	0.280b	10.7ab	5.6b
T9	CK	IAA	23.4b	8.49d	0.700bc	0.275d	1.69b	0.89d	0.596b	0.182c	10.7ab	5.5b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability, using Duncan's Multiple Range Test

جدول ۶- مقایسه میانگین خصوصیات دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت گندم در تیمارهای محلول‌پاشی اکسین و سیتوکینین

Table 6. Mean comparison of grain characteristics, grain yield and harvest index of wheat in auxin and cytokinin application treatments

تیمارهای محلول‌پاشی Growth regulator application treatments			تعداد سلول‌های آندوسپرم دانه ×۱۰^3	سرعت پر شدن دانه	دوره مؤثر پر شدن دانه	وزن هزاردانه	قندهای محلول دانه	نشاسته دانه	عملکرد دانه	شاخص برداشت
T	۶ و۷ روز پس از گلدهی 6 and 7 DPA	۱۳ و۱۴ روز پس از گلدهی 13 and 14 DPA	Grain endosperm cell number×10^3	Grain filling rate (mg.day^{-1})	Effective grain filling period (day)	1000 Grain weight (g)	Soluble sugars content (mg.g^{-1} DW)	Starch content (mg.g^{-1} DW)	Grain yield (kg.ha^{-1})	Harvest index (%)
T1	water	water	235d	1.33e	26.1bc	34.8d	121a	513c	5942c	38.9d
T2	IAA	water	277c	1.22f	29.0a	35.5d	119a	520c	6039c	39.7d
T3	water	IAA	240d	1.51d	25.3cd	38.3c	111bc	559ab	6558bc	43.0c
T4	IAA	IAA	284abc	1.55cd	27.1b	41.9b	109c	569a	7143ab	47.0b
T5	CK	water	279bc	1.18f	30.0a	35.4d	118ab	528bc	6041c	39.6d
T6	water	CK	242d	1.59c	24.5d	38.9c	108c	576a	6642bc	43.6c
T7	CK	CK	292a	1.79a	26.3bc	46.1a	107c	580a	7891a	51.2a
T8	IAA	CK	288ab	1.71b	26.2bc	43.7b	107c	582a	7505a	48.7b
T9	CK	IAA	286abc	1.56cd	27.5b	42.1b	108c	574a	7155ab	46.9b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability, using Duncan's Multiple Range Test

بیشتر از سال اول بود که احتمالا به دلیل بیشتر بودن تعداد سنبله‌ها در متر مربع در این سال بوده است. نتایج نشان داد که هیدروپرایمینگ بذر باعث افزایش عملکرد دانه تا حدود هشت درصد شد که با افزایش تعداد سنبله در متر مربع در اثر هیدروپرایمینگ مرتبط بود (جدول ۴). مقایسه میانگین سطوح محلول‌پاشی اکسین و سیتوکینین نشان داد که عملکرد دانه در محلول‌پاشی‌هایی که در هر دو مرحله (یک و دو هفته پس از گلدهی)، انجام شده بود، تفاوت معنی‌داری نداشته و بیشتر از سایر تیمارها بود. عملکرد دانه در محلول‌پاشی سیتوکینین- سیتوکینین، ۲۴/۷ درصد بیشتر از شاهد بود (جدول ۶). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین شاخص برداشت مربوط به محلول‌پاشی سیتوکینین- سیتوکینین بود (جدول ۶). در این تیمار، در اثر افزایش تعداد سلول‌های آندوسپرم (بویژه در محلول‌پاشی سیتوکینین در هفته اول پس از گلدهی) و نیز در اثر افزایش میزان و سرعت دریافت مواد پرورده (بویژه در محلول‌پاشی سیتوکینین در هفته دوم پس از گلدهی و تأثیر آن در به تأخیر انداختن زرد شدن و کاهش فتوسنتز برگ‌ها)، ظرفیت دانه برای نمو، بیشتر بوده است که این موضوع باعث افزایش وزن هزار دانه و در نتیجه افزایش عملکرد دانه و شاخص برداشت شده است.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که افزایش معنی‌دار تعداد سنبله‌ها در مترمربع در اثر تیمار هیدروپرایمینگ بذر، باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به شاهد (بذرهای بدون پرایم) گردید. محلول‌پاشی اکسین و سیتوکینین روی روابط منبع- مخزن در سطح کل گیاه تأثیر گذاشته و باعث افزایش عملکرد دانه گندم شد. افزایش سطح سیتوکینین و اکسین در مدت نمو دانه، باعث افزایش تعداد سلول آندوسپرم شد و بعلاوه سرعت فتوسنتز و پایداری آن در واحد زمان افزایش یافت. این تأثیر در محلول‌پاشی سیتوکینین در هر دو زمان (یک و دو هفته پس از گلدهی) بیشتر بود که احتمالا می‌تواند به دلیل اثرات ویژه شناخته شده این تنظیم کننده رشد در تقسیمات سلولی و به تأخیر انداختن پیری گیاه باشد.

منابع مورد استفاده

References

Aboutalebian, M. A., F. Sharifzadeh, M. R. Jahansouz, A. Ahmadi, and M. R. Naghavi. 2008. The Effect of seed priming on germination, stand sstablishment and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in three different climates of Iran. Iran. J. Field Crops Sci. 39(1): 145-154. (In Persian with English abstract).

Abdolrahmani, B., K. Ghassemi-Golezani, M. Valizadeh, V. Feizi-Asl, and A. R. Tvakoli. 2011. Effects of seed priming on seed vigor and grain yield of barley (*Hordeum vulgare* L. cv. Abidar) in rainfed conditions. Seed Plant Prod. J. 11(4): 337-352 (In Persian with English abstract).

Abdolrahmani, B., K. Ghassemi-Golezani, M. Valizadeh and V. FeiziAsl. 2007. Seed priming and seedling establishment of barley (*Hordeum voulgare*). J. Food Agric. Environ. 5: 179-184.

Amal, M., E. Shraiy, and A. M. Hegazi. 2009. Effect of acetylsalicylic acid, indole-3-butyric acid and gibberellic acid on plant growth and yield of pea (*Pisum sativum* L.). J. Basic Appl. Sci. 3: 3514-3523.

Ashraf, M. Y., N. Azhar and M. Hussain. 2006. Indole acetic acid (IAA) induced changes in growth, relative water contents and gas exchange attributes of barley (*Hordeum vulgare* L.) grown under water stress

conditions. Plant Growth Regul. 50:85–90.

Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenol-oxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24: 1-15.

Bajguz, A. and A. Piotrowska. 2009. Conjugates of auxin and cytokinin. Phytochemistry. 70: 957–969

Bhatia, S. and R. Singh. 2002. Phytohormone-mediated transformation of sugars to starch in relation to the activities of amylases, sucrose-metabolising enzymes in sorghum grain. Plant Growth Regul. 00: 1-8.

Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye bonding. Analytical Biochem. 72: 248-254.

Brenner, M. L. and N. Cheikh. 1995. The role of phytohormones in photosynthate partitioning and seed filling. *In:* Davies P.J. (Ed.), Plant Hormones. Kluwer Academic Press, Dordrecht, Boston, London, pp. 649–670.

Davies, P. J. 1987. The Plant Hormones: Their Nature, Occurrence and Functions. *In:* P. J. Davies, P. J. (Ed.), Plant Hormones and Their Role in Plant Growth and Development. Martinus Nijhoff Publishers, The Netherlands, pp 1–11.

Dua, I. S. and S. N. Bhardwaj. 1979. Levels of endogenous growth regulators in wheat during early stages of grain setting and development. Indian J. Agric. Sci. 55: 622–627.

Dubios, M. K. A. Gills, J. K. Hamilton, P. A. Rebers and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Annals Chem. 28(3): 350-356.

Ellis, R. H. 1992. Seed and seedling vigour in relation to crop growth and yield. Plant Growth Regul. 11: 249-255.

Farooq, M., S. M. A. Basra, H. Rehman and B. A. Saleem. 2008. Seed priming enhances the performance of late sown wheat (*Triticum aestivum* L.) by improving chilling. J. Agron. Crop Sci. 194: 55–60.

Ghorbani Javid, M., A. Soroushzadeh, S. A. M. Modarres Sanavy, I. Allahdadi and F. Moradi. 2011. Effects of the exogenous application of auxin and cytokinin on carbohydrate accumulation in grains of rice under salt stress. Plant Growth Regul. 65:305–313.

Giri, G. S. and W. F. Schillinger. 2003. Seed priming winter wheat for germination, emergence and yield. Crop Sci. 43: 2135–2141.

Gupta, N. K. S. Gupta, D. S. Shukla and P. S. Deshmukh. 2003. Differential responses of BA injection on yield and specific grain growth in contrasting genotypes of wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant Growth Regul. 40: 201–205.

Hakoomat, A., I. Nadeem, S. Naeem, A. Shakeel and M. Athar. 2013. Seed priming improves irrigation water use efficiency, yield and yield components of late-sown wheat under limited water conditions. Turk. J. Agric. Forest. 37: 534-544.

Harris, D., A. K. Pathan, P. Gothkar, A. Joshi, W. Chivasa and P. Nyamudeza. 2001. On-farm seed

priming: using participatory methods to revive and refine a key technology. Agric. Sys. 69: 151–164.

Hashemi Dezfouli, A. And A. S. Marashi. 1995. Changes in photosynthetic material at flowering time and its effect on grain growth, yield and yield components of wheat. J. Agric. Sci. Technol. 9: 32-16. (In Persian with English abstract).

Havlova, M., P. I. Dobrev, V. Motyka, H. Storchova, J. Libus, J. Dobra´, J. Malbeck, H. Gaudinova and R. Vankova. 2008. The role of cytokinins in responses to water deficit in tobacco plants over-expressing trans-zeatin O-glucosyltransferase gene under 35S or SAG12 promoters. Plant Cell Environ. 31: 341–353.

Herzog, H. 1982. Relation of source and sink during grain filling period in wheat and some aspects of the regulation. Physiol. Plant. 56: 155–160.

Khan, M. B., M. Gurchani, M. Hussain and K. Mahmood. 2010. Wheat seed invigoration by pre-sowing chilling treatments. Pak. J. Bot. 42: 1561–1566.

Liang, J., J. Zhang and X. Cao. 2001. Grain sink strength may be related to the poor grain filling of indica-japonica rice (*Oryza sativa*) hybrids. Physiologia Plantarum 112: 470–477.

McDonald, M.B. 2000. Seed Priming. *In:* Black, M. and J. D. Bewley (Eds.), Seed Technology and its Biological Basis. Sheffield Academic Press, Sheffield, UK. pp: 287–325.

Peleg, Z., M. Reguera, E. Tumimbang, H. Walia and E. Blumwald. 2011. Cytokinin-mediated source⁄sink modifications improve drought tolerance and increase grain yield in rice under water-stress. Plant Biotechnol. J. 8: 1–12.

Rehman, H., S. M. A. Basra and M. Farooq. 2011. Field appraisal of seed priming to improve the growth, yield, and quality of direct seeded rice. Turk. J. Agric. Forest. 35: 357–365.

Saeidi, M., F. Moradi, A. Ahmadi, K. Poostini and G. Najafian. 2006. Effect of exogenous application of ABA and CK at different stages of grain development on some physiological aspects of source and sink relationship in two bread wheat cultivars. Iran J. Crop Sci. 8(3): 268-282. (In Persian with English abstract).

Walker, D.J., P. Romero, A. de Hoyos and E. Correal .2008. Seasonal changes in cold tolerance, water relations and accumulation of cations and compatible solutes in *Atriplex halimus* L. Environ. Exp. Bot. 64: 217–224.

Wingler, A., A. Scahewen, C. L. Richard, J. Peter and W. L. Paul-Quic. 1998. Regulation of leaf senescence by cytokinin, sugars and light. Plant Physiol. 116: 329-335.

Xu, G., J. Zhang, HM. Lam, Z. Wang and J. Yang. 2007. Hormonal changes are related to the poor grain filling in the inferior spikelets of rice cultivated under non-flooded and mulched condition. Field Crops Res. 101: 53–61.

Yang, J. C., J. Zhang, Z. Wang and Q. Zhu. 2003. Hormones in the grains in relation to sink strength and post anthesis development of spikelets in rice. Plant Growth Regul. 41: 185-195.

Effect of seed priming and application of cytokinin and auxin on growth and grain yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under Ahvaz climatic conditions

N. Khamdi[1], M. Nabipour[2], H. Roshanfekr[3], and A. Rahnama[4]

ABSTRACT

N. Khamdi, M. Nabipour, H. Roshanfekr, and A. Rahnama. 2019. Effect of seed priming and application of cytokinin and auxin on growth and grain yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) under Ahavz climatic conditions. **Iranian Journal of Crop Sciences. 21(1): 31-44(In Persian).**

To evaluate the effect of seed priming and application of cytokinin and auxin on grain yield wheat cv. Chamran, an experiment was carried out in Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran, in 2015-16 and 2016-17 growing seasons. This experiment was carried out as factorial arrangement in randomized complete block design with three replications. Experiment was carried out in a factorial arrangement based on randomized complete block design with three replications. Treatments included seed priming (hydropriming and control) and plant growth regulators application (nine cytokinin and auxin application levels at one and two weeks after anthesis). The results showed that hydropriming significantly increased grain yield by about 8% in comparison with control (7030 and 6507 $kg.ha^{-1}$, respectively). Application of cytokinin and auxin hormones had positive effect on photosynthesis and soluble proteins of flag leaf. In addition, number of endosperm cells was also increased by application of growth regulators. The highest effect on increasing source strength was observed in application of cytokinin in both times of foliar application. Grain filling rate was also significantly highest, about 1.79 mg $grain^{-1}$ day^{-1}, in cytokinin-cytokinin foliar application, followed by auxin-cytokinin. Grain yield in cytokinin-cytokinin (7891 $kg.ha^{-1}$) increased by 24.7% in comparison with control. Interaction effect of seed priming × plant growth regulator application was not significant for any traits. Results of this experiment showed that seed priming increased number of spike $per.m^{-2}$. Foliar application of auxin and cytokinin also may increase grain yield of wheat through enhancing of source and sink strength.

Key words: Endosperm cells, Grain filling, Hydropriming, Plant growth regulators and Wheat

Received: April, 2018 **Accepted: February, 2019**

1. PhD Student, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
2. Professor, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran (Corresponding author)
(Email: m.nabipour@scu.ac.ir)
3. Associate Prof., Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

4. Associate Prof., Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran