

اثر پرایمینگ بذری بر رشد گیاهچه و عملکرد دانه ارقام گندم نان (*Triticum aestivum* L.) در تیمارهای زمان کاشت

Effect of seed priming on seedling growth and grain yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in sowing date treatments

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. ۱۳۹۶. اثر پرایمینگ بذری بر رشد گیاهچه و عملکرد دانه ارقام گندم نان (*Triticum aestivum* L.) در تیمارهای زمان کاشت. مجله علوم زراعی ایران. ۱۹(۲): ۱۱۶-۱۳۱.

به منظور ارزیابی بنیه بذری و عملکرد دانه سه رقم گندم نان بهاره در تیمارهای پرایمینگ بذری و زمان کاشت، سه آزمایش در شرایط آزمایشگاه و مزرعه در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. در آزمایش اول، اثر هفت مدت خیساندن بذری به روش هیدروپرایمینگ (صفر، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۴ و ۱۶ ساعت) بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارقام گندم استار، چمران و فونگ در آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفت. در آزمایش دوم، ویژگی‌های بیوشیمیایی و فعالیت آنزیمی در بذرها پرایم شده در سه مدت زمان ۶، ۸ و ۱۰ ساعت اندازه‌گیری شدند. در آزمایش سوم اثر سه زمان کاشت ۲۱ آبان، ۱۹ آذر و ۱۷ دی (به ترتیب؛ نسبتاً زود هنگام، بهینه و دیر هنگام) و پرایمینگ بذری بر عملکرد ارقام گندم به صورت کرت‌های خرد شده فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج آزمایش اول نشان داد که پرایمینگ بذری به مدت ۸ ساعت، خیساندن بیشترین اثرات مثبت را بر بهبود بنیه بذری ارقام گندم داشت. نتایج آزمایش دوم نشان داد که با افزایش مدت پرایمینگ تا ۱۰ ساعت، فعالیت آنزیم آل‌فامیلز و محتوای قندها و پروتئین‌های محلول در بذری، افزایش یافت. افزایش محتوای مالون دی‌آلدئید و ناکافی بودن فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (افزوده نشدن فعالیت آنزیم با افزایش مدت زمان پرایمینگ یا کاهش فعالیت آنزیمی) در تیمار ۱۰ ساعت پرایمینگ نسبت به تیمار ۸ ساعت، مشاهده شد. همبستگی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان با ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه مثبت و معنی‌دار بود. نتایج آزمایش مزرعه‌ای نشان داد که تیمارهای پرایمینگ بذری باعث بهبود ۲/۳ درصدی سبز شدن بوته‌ها و کاهش زمان سبز شدن تا ۱/۴ روز، نسبت به شاهد، شدند. اثر متقابل زمان کاشت و رقم نشان داد که تأخیر در کاشت، بیشترین و کمترین تأثیر را از نظر عملکرد دانه به ترتیب در رقم دیررس استار (با حداکثر عملکرد ۶۴۲۱/۸ کیلوگرم در هکتار) و رقم زودرس فونگ (با حداکثر عملکرد ۵۴۴۱/۰ کیلوگرم در هکتار) داشت. تیمار پرایمینگ باعث ۷ درصد افزایش در عملکرد دانه کلیه ارقام گندم نسبت به تیمار شاهد شد. بیشترین عملکرد دانه از تیمار پرایمینگ بذری و رقم چمران (۵۶۹۹/۷ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که مدت زمان مناسب پرایمینگ بذری، در بهبود سبز شدن گیاهچه در زمان‌های کاشت دیر هنگام، به دلیل دمای پایین‌تر هوا در دوره کاشت تا سبز شدن، مؤثرتر است.

واژه‌های کلیدی: جوانه‌زنی، زمان کاشت، فعالیت آنزیمی، گندم و هیدروپرایمینگ بذری.

این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۲۸

۱- دانشجوی دکتری دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲- استاد دانشگاه شهید چمران اهواز. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: nabipourm@yahoo.com)

۳- دانشیار دانشگاه شهید چمران اهواز.

۴- دانشیار دانشگاه شهید چمران اهواز.

مقدمه

غلات یکی از مهم‌ترین منابع غذایی انسان‌ها است. از میان غلات، گندم در الگوی غذایی بسیاری از کشورهای دنیا، از جمله ایران از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. از جمله عوامل مدیریتی مؤثر در افزایش تولید گندم، رعایت زمان مناسب کاشت است. فاصله گرفتن از زمان مناسب کاشت، به ویژه در کشت دیر هنگام، با تأثیر بر طول مراحل نمو و تجمع ماده خشک، باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود (Mian et al., 2007; Sattar, 2010). زمان مناسب کاشت، زمانی است که گیاه طی دوره رشد خود بتواند حداکثر استفاده مطلوب را از عوامل محیطی بنماید و در عین حال از شرایط و عوامل نامساعد محیطی اجتناب کند (Karimi and Azizi, 2005). با توجه به اینکه رشد و نمو گیاهان از جمله گندم تحت تأثیر ژنوتیپ، محیط، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و مدیریت زراعی است، عکس‌العمل ارقام نسبت به زمان کاشت می‌تواند متفاوت باشد (Blue et al., 1990; Moghaddam et al., 1997). تطبیق فنولوژی رقم مناسب با زمان کاشت باعث می‌شود که رشد و نمو گیاه در شرایط محیطی مساعدتری سپری شده و محصول دانه بیشتری تولید شود (Chen et al., 2003; Mian et al., 2007).

به دلیل وسعت نسبتاً زیاد استان خوزستان، تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین مناطق مختلف از جهت تناوب زراعی و زمان کشت گندم وجود دارد که اعمال یک مدیریت واحد و همزمان را منتفی می‌سازد. در شرایطی که کشت گندم با تأخیر انجام شود، جوانه‌زنی سریع، سبز شدن یکنواخت و استقرار بهتر بوته‌ها از ضرورت‌های لازم جهت حفظ توان تولید می‌باشند. پرایمینگ بذر می‌تواند از طریق ظهور سریع‌تر گیاهچه و استقرار بهتر بوته‌ها، افت عملکرد ناشی از تأخیر در کاشت را تا اندازه‌ای جبران کند (Farooq et al., 2008). به طور طبیعی هرچه سرعت جوانه‌زنی و درصد بذرهای

جوانه‌زده در مزرعه بیشتر باشد، استفاده بوته‌ها از منابع رشد نظیر نور، آب و عناصر غذایی بهتر خواهد بود (Foti et al., 2002).

اثرات مثبت پرایمینگ روی جوانه‌زنی بذر گونه‌های مختلف گیاهی به القای سازوکارهای بیوشیمیایی ترمیم و بازسازی سلول نسبت داده می‌شود. فعالیت‌های متابولیکی شامل سنتز اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها، سنتز و فعال‌سازی آنزیم‌های کاتالیز کننده و انتقال مواد غذایی از جمله این سازوکارها محسوب می‌شوند (Girolamo and Barbanti, 2012). افزایش استقرار بذر در اثر پرایمینگ، به افزایش فعالیت‌های آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نیز نسبت داده شده است (Chiu et al., 2006). در بین روش‌های پرایمینگ، هیدروپرایمینگ، به دلیل کم هزینه و ساده‌تر بودن در مقیاس وسیع‌تری قابل اجرا است. فرایند هیدروپرایمینگ شامل قرار دادن بذر در آب و خشکاندن آنها قبل از ظهور ریشه چه است (Khan, 1992; McDonald, 1999). نتایج آزمایش عبدالرحمنی و همکاران (Abdolrahmani et al., 2011) نشان داد که هیدروپرایمینگ بذر جو در شرایط کشت دیم، باعث تولید ماده خشک بیشتری در واحد سطح نسبت به تیمار شاهد (پرایم نشده) شده و درصد پوشش سبز مزرعه در مرحله گلدهی و همچنین سرعت رشد گیاه در این تیمار بیشتر بود. آنها بهبود عملکرد دانه در اثر هیدروپرایمینگ را به استقرار سریع‌تر گیاهان و استفاده بهینه آنها از منابع نسبت دادند. هریس و موترام (Harris and Mottram, 2004) بیان داشتند که پرایمینگ بذر برنج باعث رویش گیاهان سالم‌تر با وزن خشک و ارتفاع بیشتر در مقایسه با گیاهان حاصل از بذرهای پرایم نشده گردید. در آزمایش ابوطالبیان و همکاران (Aboutalebian et al., 2008) هیدروپرایمینگ بذر گندم با آب معمولی، سرعت و درصد جوانه‌زنی ارقام دیم را 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، افزایش داد. یکی از عوامل مهم در موفق بودن پرایمینگ بذر، مدت زمان خیساندن بذرها است. گیری و شیلینگر (Giri and Schillinger, 2003) گزارش نمودند که جذب آب برای مدت بیشتر از ۱۲ ساعت، باعث کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی بذر می‌شود و پیشنهاد نمودند که مدت زمان مناسب جذب آب برای گندم، کمتر از ۱۲ ساعت باشد. پنالوزا و همکاران (Penalosa et al., 1993) نیز گزارش کردند که مدت زمان مناسب پرایمینگ بذر مانع از اثرات منفی آن بر سرعت جوانه‌زنی بذر گوجه فرنگی می‌شود. کوردووا-تلز و باریس (Cordova- Tellez and Burris., 2002) دریافتند که کاهش جوانه‌زنی و بنیه بذرهای ذرت در اثر خشکاندن ممکن است با آسیب‌دیدگی لیپیدهای غشای پلاسمایی مرتبط باشد.

این آزمایش با هدف ارزیابی بنیه بذرهای هیدروپرایم شده سه رقم گندم در تیمارهای مدت زمان خیساندن بذرها و همچنین مطالعه تغییرات بیوشیمیایی بذر (محتوای قندهای محلول، نشاسته، پروتئین‌های محلول، مالون‌دی‌آلدئید، فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان) در مدت پرایمینگ و نیز ارزیابی اثر زمان کاشت و پرایمینگ بذر بر عملکرد دانه آنها در مزرعه انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر مدت زمان خیساندن بذر بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بذرهای هیدروپرایم شده سه رقم گندم نان و تغییرات بیوشیمیایی ایجاد شده در مدت پرایمینگ، دو آزمایش در سال ۱۳۹۳ به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. در آزمایش اول تیمارهای آزمایشی شامل سه رقم گندم نان (استار؛ دیررس، چمران؛ متوسط‌رس و

فونگ؛ زودرس) و مدت زمان خیساندن بذرها به روش هیدروپرایمینگ (صفر، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۴ و ۱۶ ساعت) بودند. برای انجام پرایمینگ، بذرها در محیط فیتوترون با دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد در آب مقطر خیسانده شدند و طی این مدت هوادهی با پمپ اکواریوم صورت گرفت، سپس به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد خشکانده شدند (Giri and Schillinger., 2003). آزمایش جوانه‌زنی در ژرمیناتور با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و تناوب نوری ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی انجام شد. سرعت جوانه‌زنی (Agrawal, 2004) و مدت زمان جوانه‌زنی (Ellis and Roberts, 1981) با استفاده از روابط ۱ و ۲ محاسبه شدند. به هنگام شمارش، بذرهایی جوانه زده تلقی شدند که طول ریشه‌چه آنها دو میلی‌متر یا بیشتر بود.

$$\text{(رابطه ۱)} \quad \text{سرعت جوانه زنی (بذر جوانه زده در روز)} = \frac{\sum_{i=1}^8 n_i d_i}{\sum_{i=1}^8 d_i}$$

$$\text{(رابطه ۲)} \quad \text{مدت زمان جوانه زنی (روز)} = \frac{\sum_{i=1}^8 n_i d_i}{\sum_{i=1}^8 n_i}$$

n_i : تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز i ام، d_i : تعداد روز پس از شروع جوانه‌زنی می‌باشند. در پایان روز هشتم، ۱۰ گیاهچه به طور تصادفی از هر ظرف پتری انتخاب شد و صفات طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه با استفاده از خط کش و وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه (پس از خشکاندن در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت) با استفاده از ترازوی حساس با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد.

در آزمایش دوم، بر اساس نتایج آزمایش اول و تعیین بهترین مدت زمان پرایمینگ بذرها، اندازه‌گیری برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی شامل محتوای قندهای محلول، نشاسته، پروتئین‌های محلول، مالون‌دی‌آلدئید، فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان شامل آسکوربات پراکسیداز، گلوتاتیون ریداکتاز، کاتالاز، پراکسیداز، سوپراکسیددیسموتاز در بذرهای پرایم شده هر سه رقم در سه مدت زمان

پرایمینگ شامل بهترین مدت زمان، یک سطح پایین تر و یک سطح بالاتر از مدت زمان مناسب، انجام شد. در مورد اندازه گیری ویژگی های بیوشیمیایی، به جز محتوای قندهای محلول و نشاسته، بذرها بلافاصله پس از خیساندن تا زمان انجام آزمایش در فریزر 20°C - نگهداری شدند. میزان کل قندهای محلول به روش دایوس و همکاران (Dubios *et al.*, 1956)، نشاسته به روش اشلیگل (Sheligl, 1986)، پروتئین های محلول به روش برادفورد (Bradford, 1976)، مالون دی آلدئید به روش هیث و پاکر (Heath and Packer, 1968)، فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز به روش میلر (Miller, 1959)، فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز به روش ناکانو و آسادا (Nakano and Asada, 1987)، فعالیت آنزیم گلوکاتایون ریداکتاز به روش اسمیت و همکاران (Smith *et al.*, 1988)، فعالیت آنزیم کاتالاز به روش آبی (Aebi, 1984)، فعالیت آنزیم پراکسیداز به روش چنس و مهلی (Chance and Maehly, 1955) و فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز به روش بیوچمپ و فریدوویچ (Beauchamp and Fridovich, 1971) در بذرهای پرایم شده اندازه گیری شدند.

آزمایش سوم نیز به منظور بررسی اثر زمان کاشت و پرایمینگ بذر بر عملکرد ارقام گندم به صورت کرت های خرد شده فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. سه زمان کاشت ۲۱ آبان، ۱۹ آذر و ۱۷ دی (به ترتیب؛ نسبتاً زود هنگام، بهینه و دیر هنگام) در کرت های اصلی و ترکیب تصادفی سطوح پرایمینگ بذر و رقم در کرت های فرعی در نظر گرفته شدند. پرایمینگ بذر شامل تیمارهای هیدروپرایمینگ (خیساندن بذرها در آب مقطر به مدت هشت ساعت) و بدون پرایمینگ (شاهد) بود. در هر کرت آزمایشی، بذرها در هشت خط به طول سه متر، با فاصله ردیف ۲۰ سانتی متر و با تراکم ۴۰۰ بوته در متر

مربع کشت شدند. به منظور تعیین زمان سبز شدن گیاهچه ها (ظهور حداقل ۵۰ درصد از گیاهچه ها) از روز دوم پس از کاشت، مزرعه بطور روزانه بازدید شده و از زمان شروع سبز شدن، شمارش تعداد گیاهچه های سبز شده تا سبز شدن ۲۰۰ گیاهچه در متر مربع یا بیشتر در دو ردیف وسط هر کرت (در سطح یک متر مربع و با در نظر گرفتن ۲۵ سانتی متر از بالا و پایین هر خط به عنوان حاشیه) انجام شد. برای تعیین درصد سبز شدن، تعداد گیاهچه ها در دو ردیف وسط هر کرت در دو زمان ۱۲ و ۱۶ روز پس از کاشت، شمارش شد. به منظور اندازه گیری عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت، دو خط اول و آخر و همچنین نیم متر از ابتدا و انتهای بقیه خطوط به عنوان حاشیه حذف و محصول سطح باقیمانده ($1/6$ متر مربع) برداشت شد. تجزیه آماری داده ها با استفاده از نرم افزار MSTATC و مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

جوانه زنی بذر و ویژگی های گیاهچه ای

اثر مدت زمان پرایمینگ بذر در همه ویژگی های بررسی شده، به جز درصد جوانه زنی معنی دار بود. تیمار پرایمینگ به مدت ۸ ساعت، نسبت به سایر تیمارها بیشترین تأثیر را در مقایسه با تیمار شاهد، بر جوانه زنی و رشد گیاهچه های ارقام گندم داشت (جدول ۱). تیمارهای ۱۰ و ۱۲ ساعت از نظر سرعت جوانه زنی و مدت زمان جوانه زنی بذرها، با یکدیگر اختلاف معنی داری نداشتند ولی به صورت معنی داری باعث بهبود سرعت جوانه زنی و کاهش زمان جوانه زنی، نسبت به تیمار شاهد شدند. با این وجود طول ریشه چه، طول ساقه چه و وزن خشک ساقه چه در تیمار ۱۲ ساعت خیساندن، تفاوت معنی داری با تیمار شاهد نداشت. زمان های ۶ و ۱۴ ساعت پرایمینگ نیز باعث افزایش سرعت جوانه زنی و کاهش مدت زمان جوانه زنی نسبت

" اثر پرایمینگ بذر بر رشد گیاهچه و عملکرد دانه..."

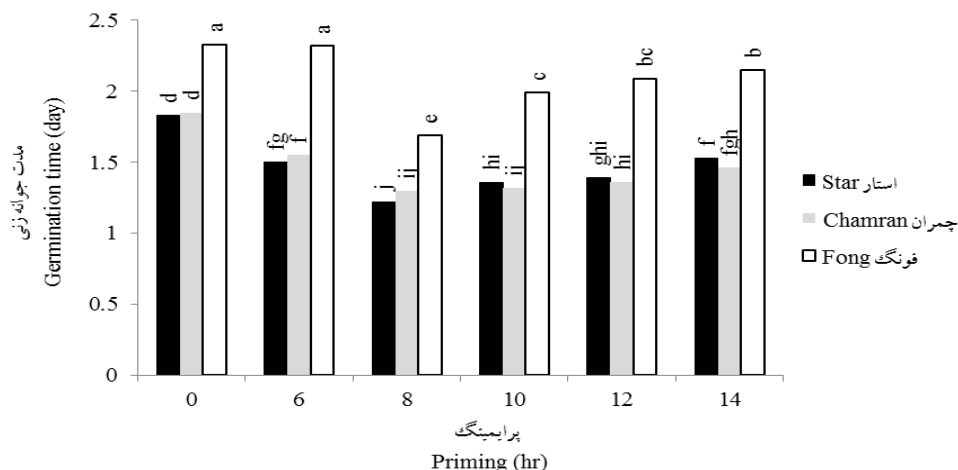
جدول ۱- مقایسه میانگین جوانه زنی بذر و ویژگی های گیاهچه ای سه رقم گندم در تیمارهای پرایمینگ بذر

Table 1. Mean comparison of seed germination and seedling characteristics of three wheat cultivars in seed priming treatments

پرایمینگ بذر Seed priming (hr)	درصد جوانه زنی Germination (%)	سرعت جوانه زنی Germination rate (seed.day ⁻¹)	مدت زمان جوانه زنی Germination time (day)	طول ریشه چه Root length (cm)	طول ساقه چه Shoot length (cm)	وزن خشک ریشه چه Root dry weight (mg)	وزن خشک ساقه چه Shoot dry weight (mg)
0	96.0a	12.1d	2.00 a	8.86cd	7.23c	13.1d	16.9c
6	96.4a	14.0c	1.79b	9.20bc	7.50b	13.9b	17.4b
8	98.6a	17.9a	1.40e	10.35a	8.37a	15.1a	18.2a
10	95.1a	15.9b	1.56d	9.53b	7.70b	14.2b	17.7b
12	95.1a	15.3b	1.61d	9.00cd	7.20c	13.5c	16.6c
14	94.6a	14.2c	1.71c	8.70d	6.80d	13.0d	16.0d
What cultivars	ارقام گندم						
Star	استار	96.6a	16.7a	1.48b	11.55a	7.48b	15.4a
Chamran	چمران	95.3a	16.4a	1.51b	8.37b	7.73a	13.4b
Fong	فونگ	96.0a	11.5b	2.10a	7.89c	7.18c	12.6c

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند

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



شکل ۱- مقایسه میانگین مدت زمان جوانه زنی بذر سه رقم گندم در اثر متقابل تیمارهای پرایمینگ بذر و رقم

Fig. 1. Mean comparison of seed germination time of three wheat cultivars in interaction effect of seed priming ×cultivar treatments

به تیمار شاهد شدند که این اثر در مورد تیمار ۱۴ ساعت، بیشتر بود، با این حال در تیمار ۶ ساعت پرایمینگ، مقادیر مربوط به طول ریشه چه و ساقه چه و وزن خشک ریشه چه و ساقه چه به صورت معنی داری بیشتر بود. در تیمار ۱۴ ساعت خیساندن، طول ریشه چه و وزن خشک ریشه چه اختلاف معنی داری با تیمار شاهد نداشت، ولی طول ساقه چه و وزن خشک ساقه چه در مقایسه با شاهد، به صورت معنی داری کاهش یافت (جدول ۱). این نتایج نشان می دهد که ممکن است مزایای پرایمینگ با افزایش مدت زمان خیساندن بذر، از دست برود. تغییرات در ساختار سلولی در مدت پرایمینگ ممکن است بر جوانه زنی و بنیه بذر اثر گذار بوده باشد. رهنورد و همکاران (Rahnvard *et al.*, 2009) نیز اظهار داشتند که مدت زمان های طولانی پرایمینگ بذر ممکن است تولید رادیکال های آزاد نماید که می تواند به غشای سلول صدمه بزنند. تغییرات احتمالی در ساختار سلول های بذر طی فرایندهای خیساندن بذر، خشکاندن و سپس جذب مجدد آب می تواند بر جوانه زنی و بنیه بذر مؤثر باشد (Wattanakupakin *et al.*, 2012).

در این پژوهش، در تیمار ۱۶ ساعت پرایمینگ، در انتهای زمان خیساندن، خروج ریشه چه از بذر، مشاهده شد که با اهداف کاربرد پرایمینگ مطابقت ندارد، زیرا در پرایمینگ، مرحله سوم جوانه زنی که جوانه زنی قابل رؤیت نامیده شده و ریشه چه ظاهر می شود، نباید صورت گیرد. اثر رقم نیز بر ویژگی های مورد بررسی به جز درصد جوانه زنی معنی دار بود. رقم فونگ دارای کمترین سرعت جوانه زنی بود و ارقام استار و چمران از این نظر با یکدیگر تفاوت معنی داری نداشتند. در مورد سایر ویژگی ها نیز رقم فونگ کمترین مقدار را داشت. رقم استار دارای بیشترین طول و وزن خشک ریشه چه بود (جدول ۱). اثر متقابل رقم و مدت پرایمینگ بذر در مورد مدت زمان جوانه زنی بذر معنی دار بود و در مورد سایر ویژگی های مورد ارزیابی، این اثر معنی دار

نبود. اثر متقابل رقم و مدت پرایمینگ بر مدت زمان جوانه زنی بذر نشان داد که خیساندن به مدت ۶ و ۸ ساعت بیشترین تأثیر را در مقایسه با تیمار شاهد در رقم استار و کمترین تأثیر را در رقم فونگ داشت و در مورد سایر زمان های خیساندن بذر (۱۰، ۱۲ و ۱۴ ساعت) بیشترین تأثیر در کاهش مدت زمان جوانه زنی نسبت به شاهد، در رقم چمران دیده شد (شکل ۱).

ویژگی های بیوشیمیایی بذر

مقایسه میانگین ها نشان داد که مدت زمان های ۶ و ۸ ساعت پرایمینگ، بدون تفاوت معنی دار با یکدیگر، در مقایسه با تیمار ۱۰ ساعت پرایمینگ، به صورت معنی داری محتوای مالون دی آلدئید کمتری داشتند. بذر ارقام گندم از نظر محتوای مالون دی آلدئید با یکدیگر تفاوت معنی داری نداشتند (جدول ۲). مالون دی آلدئید (MDA) در اثر پراکسیداسیون غشای سلولی تولید می شود (Stewart and Bewley, 1980). تغییر در پراکسیداسیون لیپیدها به عنوان یک شاخص مهم جهت تعیین میزان خسارت اکسیداتیو در موجودات زنده محسوب می شود، زیرا پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی باعث کاهش یکپارچگی غشا می گردد (Borsani *et al.*, 2001; Del Rio *et al.*, 2006). گزارش شده است که کاهش محتوای مالون دی آلدئید در بذرهای پرایم شده ممکن است همراه با فعالیت بیشتر آنزیم های آنتی اکسیدان باشد (Chiu *et al.*, 2006).

نتایج نشان داد که با افزایش مدت زمان پرایمینگ، فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز نیز افزایش یافت و بیشترین فعالیت آنزیم متعلق به تیمار ۱۰ ساعت بود. در میان ارقام گندم نیز بیشترین و کمترین فعالیت آلفا آمیلاز به ترتیب مربوط به رقم استار و رقم فونگ بوده و در رقم استار حدود ۲۴ درصد بیشتر از رقم فونگ بود (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارهای پرایمینگ از نظر محتوای قندهای محلول نشان داد که مدت زمان طولانی تر پرایمینگ باعث افزایش معنی دار محتوای قندهای

" اثر پرایمینگ بذر بر رشد گیاهچه و عملکرد دانه..."

جدول ۲- مقایسه میانگین ویژگی‌های بیوشیمیایی بذر سه رقم گندم در تیمارهای پرایمینگ بذر

Table 2. Mean comparison of biochemical characteristics of three wheat cultivars in priming treatments

پرایمینگ بذر Seed priming (hr)	فعالیت سوپر اکسید دیسموتاز SOD activity (U.mg ⁻¹ protein)	فعالیت پراکسیداز POD activity (U.mg ⁻¹ protein)	فعالیت کاتالاز CAT activity (U.mg ⁻¹ protein)	فعالیت گلوتاتیون ریداکتاز GR activity (U.mg ⁻¹ protein)	فعالیت آسکوربات پراکسیداز APX activity (U.mg ⁻¹ protein)	فعالیت آنالایز α amylase activity (U.ml ⁻¹ enzyme extract)	مالون دی آلدئید Malondialdehyde (nmol.g ⁻¹ FW)	پروتئین‌های محلول Soluble protein (mg.g ⁻¹ FW)	نشاسته Starch (mg.g ⁻¹ DW)	قندهای محلول Soluble sugars (mg.g ⁻¹ DW)
6	1.74b	11.74b	4.37a	8.77b	1.17b	3.46b	15.46b	7.27c	495.7a	116.4c
8	2.05a	12.37a	4.55a	10.02a	1.42a	3.56ab	15.50b	8.08b	471.0b	130.0 b
10	1.67b	11.93b	4.51a	9.07b	1.44a	3.70a	18.18a	8.85a	451.0b	140.7 a
ارقام گندم										
Star	1.81a	12.69a	5.02a	9.62a	1.51a	4.00a	16.33a	8.92a	431.7c	148.5a
Chamran	1.85a	12.44b	4.28b	9.30a	1.33b	3.70b	16.51a	8.00b	471.7b	132.9 b
Fong	1.81a	10.91c	4.12b	8.94b	1.18c	3.02c	16.30a	7.28c	514.3a	105.6 c

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 ۳- ضرایب همبستگی بین جوانه‌زنی بذر، ویژگی‌های گیاهچه‌ای و بیوشیمیایی بذر پرایم شده سه رقم گندم

Table 3. Correlation coefficients between seed germination, seedling characteristics and biochemical traits of seeds of three wheat cultivars in priming treatments

traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1- Germination (%)	1															
2- Germination rate	0.49**	1														
3- Root length	0.43*	0.64**	1													
4- Shoot length	0.45*	0.53**	0.15 ^{ns}	1												
5- Root dry weight	0.45*	0.69**	0.88**	0.33 ^{ns}	1											
6- Shoot dry weight	0.14 ^{ns}	0.37*	0.15 ^{ns}	0.10 ^{ns}	0.28 ^{ns}	1										
7- Malondialdehyde	-0.16 ^{ns}	0.01 ^{ns}	-0.05 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	0.06 ^{ns}	-0.24 ^{ns}	1									
8- α amylase activity	0.28 ^{ns}	0.75**	0.76**	0.29 ^{ns}	0.75**	0.09 ^{ns}	0.24 ^{ns}	1								
9- Soluble sugars	0.21 ^{ns}	0.71**	0.73**	0.22 ^{ns}	0.72**	0.03 ^{ns}	0.49**	0.88**	1							
10- Starch	-0.28 ^{ns}	-0.65**	-0.75**	-0.28 ^{ns}	-0.76**	0.09 ^{ns}	-0.42*	-0.85**	-0.89**	1						
11- Soluble proteins	0.29 ^{ns}	0.67**	0.70**	0.17 ^{ns}	0.70**	0.12 ^{ns}	0.58**	0.78**	0.95**	-0.86**	1					
12- APX activity	0.34 ^{ns}	0.78**	0.74**	0.33 ^{ns}	0.73**	0.25 ^{ns}	0.35 ^{ns}	0.76**	0.91**	-0.75**	0.92**	1				
13- GR activity	0.53**	0.74**	0.52**	0.45*	0.60**	0.56**	-0.24 ^{ns}	0.35 ^{ns}	0.42*	-0.30 ^{ns}	0.43*	0.65**	1			
14- CAT activity	0.55**	0.63**	0.87**	0.13 ^{ns}	0.80**	0.06 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.69**	0.68**	-0.74**	0.72**	0.67**	0.45**	1		
15- POD activity	0.41*	0.88**	0.67**	0.47*	0.69**	0.27 ^{ns}	-0.03 ^{ns}	0.86**	0.74**	-0.72**	0.64**	0.71**	0.58**	0.65**	1	
16- SOD activity	0.21 ^{ns}	0.29 ^{ns}	0.17 ^{ns}	0.39*	0.28 ^{ns}	0.38*	-0.55**	-0.03 ^{ns}	-0.05 ^{ns}	0.07 ^{ns}	-0.12 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.68**	0.02 ^{ns}	0.31 ^{ns}	1

ns, * and **: Not significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

محللول شده و بیشترین و کمترین مقدار آن به ترتیب متعلق به تیمارهای ۱۰ و ۶ ساعت بود. تیمارهای ۸ و ۱۰ ساعت پرایمینگ از لحاظ محتوای نشاسته اختلاف معنی داری نداشتند و تیمار ۶ ساعت به صورت معنی داری حاوی مقدار نشاسته بیشتری بود. مقایسه میانگین ارقام گندم از نظر این ویژگی ها نشان داد که رقم استار بیشترین و رقم فونگ کمترین مقدار قندهای محللول را داشتند و در مورد رقم فونگ، بیشترین و رقم استار کمترین محتوای نشاسته را داشتند (جدول ۲). در این آزمایش، همبستگی فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز با محتوای قندهای محللول مثبت و معنی دار ($r=0.88^{**}$) و با محتوای نشاسته بذرها پرایم شده منفی و معنی دار ($r=-0.85^{**}$) بود. این موضوع نشان می دهد که با فعالیت بیشتر آنزیم آلفا آمیلاز و تجزیه بیشتر نشاسته، محتوای قندهای محللول افزایش یافت (جدول ۳).

محتوای پروتئین های محللول در تیمار پرایمینگ ۶ ساعت، کمترین مقدار را داشت و با افزایش مدت پرایمینگ، محتوای پروتئین های محللول افزایش یافت، به صورتی که در تیمار ۱۰ ساعت پرایمینگ، بیشترین مقدار آن مشاهده شد. مقایسه ارقام از نظر این صفت نشان داد که رقم استار بیشترین و رقم فونگ کمترین مقدار پروتئین های محللول را داشتند. این موضوع می تواند با میزان فعالیت های آنزیمی در فرایند جوانه زنی و همچنین سرعت جوانه زنی آنها مرتبط باشد (جدول های ۱ و ۲).

مقایسه میانگین ها نشان داد که با افزایش مدت زمان پرایمینگ از ۶ به ۸ ساعت، فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز نیز افزایش یافت. در تیمار ۱۰ ساعت، فعالیت این آنزیم تفاوت معنی داری با تیمار ۸ ساعت نداشت. فعالیت آنزیم های گلو تاتیون ریداکتاز و پراکسیداز نیز با افزایش مدت زمان پرایمینگ از ۶ به ۸ ساعت به صورت معنی داری افزایش یافت، اما این افزایش در تیمار ۱۰ ساعت نسبت به ۶ ساعت، معنی دار نبود. با افزایش مدت زمان پرایمینگ از ۸ به ۱۰ ساعت،

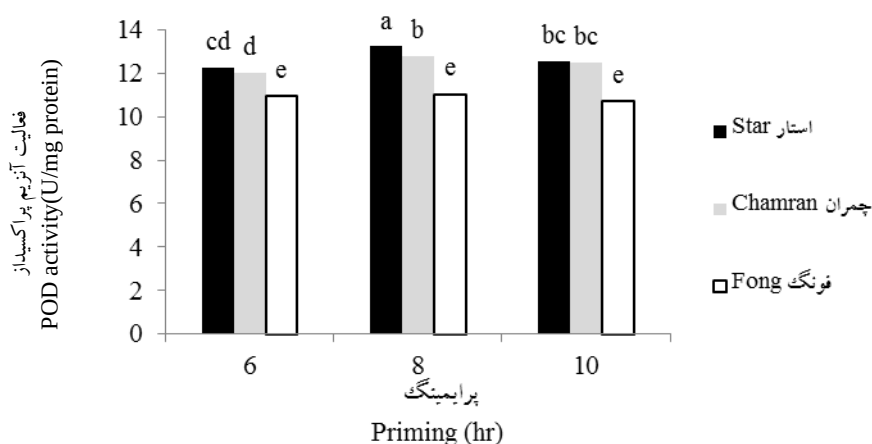
فعالیت آنزیمی کاهش یافت. اثر تیمارهای پرایمینگ بر فعالیت آنزیم کاتالاز معنی دار نبود. بیشترین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در تیمار ۸ ساعت پرایمینگ مشاهده شد و تیمارهای ۶ و ۱۰ ساعت از این نظر تفاوت معنی داری نداشتند. مقایسه میانگین ها نشان داد که فعالیت آنزیم های آسکوربات پراکسیداز و پراکسیداز در رقم استار بیشترین و در رقم فونگ کمترین مقدار را داشتند. فعالیت آنزیم گلو تاتیون ریداکتاز در ارقام استار و چمران تفاوت معنی داری نداشت. ارقام چمران و فونگ از نظر فعالیت آنزیم کاتالاز تفاوت معنی داری نداشتند. فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در ارقام گندم مورد بررسی اختلاف معنی داری نداشت (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که اثر متقابل پرایمینگ $\times$ رقم بر فعالیت آنزیم پراکسیداز معنی دار بود. ارقام استار و چمران در تیمارهای ۶ و ۱۰ ساعت پرایمینگ از نظر فعالیت این آنزیم با یکدیگر تفاوت معنی داری نداشتند. رقم استار در تیمار ۸ ساعت با ۱۳/۲۸ واحد بر میلی گرم پروتئین به صورت معنی داری فعالیت بیشتر آنزیم پراکسیداز را نشان داد. در مورد رقم فونگ فعالیت آنزیم پراکسیداز در تیمارهای ۶، ۸ و ۱۰ ساعت پرایمینگ تفاوت معنی داری نداشت و در هر سه تیمار پرایمینگ فعالیت آنزیمی کمتری نسبت به دو رقم دیگر داشت (شکل ۲). به نظر می رسد که تفاوت در فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی القاشده بوسیله تیمارهای پرایمینگ در سه رقم گندم مورد بررسی به دلیل تفاوت های ژنوتیپی آنها بوده باشد.

همبستگی بین افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان و کاهش پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی (که به صورت کاهش در محتوای مالون دی آلدئید مشاهده شد) در بذرها پرایم شده سرخارگل صورتی (*Echinacea purpurea* L. Moench) (Chiu et al., 2006) و کدوی تلخ (*Momordica charantia* L.) (Hsu et al., 2003) مشاهده شده است.

۶ ساعت، به صورت معنی داری کاهش داد. در آزمایش آنها، کاهش در جوانه زنی بذره‌های ذرت (در تیمارهای هیدروپرایمینگ به مدت بیشتر از ۱۲ ساعت) با پراکسیداسیون لیپیدها و کاهش در فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان مرتبط دانسته شد. در پژوهش حاضر، همبستگی فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان با ویژگی‌های جوانه زنی و رشد گیاهچه مثبت و معنی دار بود (جدول ۳).

در آزمایش واتاناکلپاکین و همکاران (Wattanakupakin *et al.*, 2012) روی بذر دو لاین ذرت (PS54 و TSK11) مشاهده شد که فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز، کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز در هر دو لاین در تیمار هیدروپرایمینگ به مدت ۶ ساعت، بیشتر بود و پرایمینگ به مدت طولانی‌تر (۱۲ یا ۱۸ ساعت)، فعالیت این آنزیم‌ها را در مقایسه با بذره‌های پرایم شده به مدت



شکل ۲- مقایسه میانگین فعالیت آنزیم پراکسیداز در بذر سه رقم گندم در اثر متقابل تیمارهای پرایمینگ بذر و رقم

Fig. 2. Mean comparison of POD activity in seeds of three wheat cultivars in interaction effect of seed priming × cultivar treatments

اول باعث ظهور سریع‌تر گیاهچه‌ها نسبت به زمان‌های کاشت دوم و سوم گردید، بنابراین به نظر می‌رسد که اثرات پرایمینگ در شرایط نامطلوب بارزتر است. در زمان‌های کاشت دوم و سوم، پرایمینگ بذر باعث کاهش زمان کاشت تا سبز شدن به ترتیب تا ۱ و ۳ روز شد. در آزمایش حاکومات و همکاران (Hakoomat *et al.*, 2013) نیز مشاهده شد که هیدروپرایمینگ بذر، باعث کاهش مدت زمان سبز شدن گیاهچه‌های گندم در کشت تأخیری در پاییز شد. نتایج مشابهی در مورد سایر گیاهان از جمله سورگوم، ذرت، نخود و برنج مبنی بر اینکه پرایمینگ بذر باعث درصد جوانه زنی بالاتر، سبز شدن سریع‌تر،

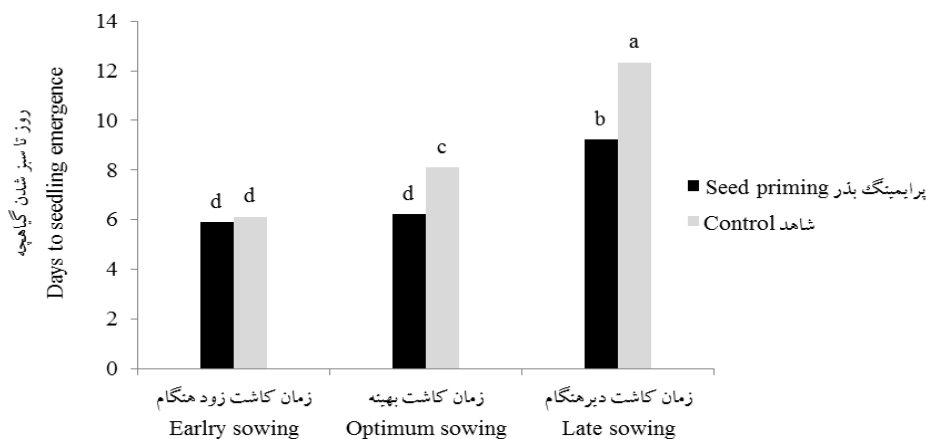
سبز شدن گیاهچه‌ها و عملکرد دانه

نتایج نشان داد که اثر متقابل زمان کاشت و پرایمینگ بذر بر زمان سبز شدن گیاهچه‌ها در مزرعه معنی دار بود. در زمان‌های کاشت دوم و سوم، پرایمینگ بذر باعث کاهش معنی دار زمان سبز شدن گیاهچه‌ها شد و در زمان کاشت اول، تفاوت معنی داری از لحاظ زمان ظهور گیاهچه‌ها مشاهده نشد (شکل ۳). میانگین دمای هوا در مدت زمان کاشت تا سبز شدن در سه زمان کاشت اول، دوم و سوم به ترتیب ۱۸/۳، ۱۷/۰ و ۱۱/۳ درجه سانتی گراد بود. به نظر می‌رسد که دمای مناسب هوا و بارندگی‌های دوره کاشت تا سبز شدن گیاهچه‌ها و یکنواختی تأمین رطوبت در زمان کاشت

سوم به صورت معنی داری کاهش یافت. اثر پرایمینگ بذر در مجموع باعث افزایش معنی دار سبز شدن گیاهچه‌ها تا ۲/۳ درصد شد (جدول ۴).

اثر متقابل زمان کاشت و رقم بر عملکرد دانه ارقام گندم معنی دار بود و مشخص شد که عملکرد دانه هر سه رقم در زمان‌های کاشت‌های اول و دوم با یکدیگر تفاوت معنی داری نداشتند، اما در زمان کاشت سوم عملکرد دانه کاهش یافت و عکس‌العمل ارقام گندم نسبت به تأخیر در کاشت متفاوت بود. بالاترین عملکرد

رشد قوی‌تر و استقرار یکنواخت گیاهچه‌ها می‌شود، گزارش شده است (Harris et al., 2001). نتایج نشان داد که در رقم فونگ مدت زمان کاشت تا ظهور گیاهچه‌ها به صورت معنی داری بیشتر بود. این موضوع با نتایج حاصل از آزمایش جوانه‌زنی مطابقت داشت (جدول ۴). اثر زمان کاشت نیز بر میزان سبز شدن گیاهچه‌ها معنی دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میزان سبز شدن گیاهچه‌ها در زمان‌های کاشت اول و دوم تفاوت معنی داری نداشت، ولی در زمان کاشت



شکل ۳- مقایسه میانگین روز تا سبز شدن گیاهچه سه رقم گندم در اثر متقابل تیمارهای پرایمینگ بذر × زمان کاشت

Fig. 3. Mean comparison of days to seedling emergence of three wheat cultivars in interaction effect of seed priming × sowing time treatments

بیان داشتند که کاهش عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های گندم در واکنش به شرایط محیطی، ناشی از تغییرات مراحل نمو و رابطه آن‌ها با عملکرد است. ال جیزاوی (El-Gizavi, 2009) کاهش عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در اثر تأخیر در کاشت را به کوتاه شدن مراحل نمو گیاه در اثر مصادف شدن با شرایط نامطلوب محیطی، بویژه دما و عدم ایجاد فرصت زمانی مناسب برای تشکیل اجزای عملکرد منتسب نمود. اثر پرایمینگ بذر بر میانگین عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود و باعث افزایش عملکرد دانه (نسبت به شاهد) تا حدود ۷ درصد شد. در آزمایش

دانه در زمان کاشت سوم مربوط به رقم زودرس فونگ بود که با رقم متوسط رس چمران تفاوت معنی داری نداشت و بیشترین کاهش در عملکرد دانه در رقم دیررس استار مشاهده شد. در مورد عملکرد بیولوژیک نیز نتایج مشابهی دیده شد (جدول ۵). این نتیجه نشان می‌دهد که رقم دیررس استار در صورتی که در اوایل فصل کشت شود دوره رشد و نمو طولانی‌تری داشته و عملکرد بیشتری خواهد داشت. در آزمایش مشتقی و همکاران (Moshattati et al., 2010) نیز رقم استار به عنوان یک رقم حساس به تنش گرمای انتهای فصل شناخته شد. سیگلار و همکاران (Ceglar et al., 2011)

عبدالرحمنی و همکاران (Abdolrahmani *et al.*, 2007) گیاهچه‌ها و استفاده بهتر از تابش، رطوبت خاک و اثر سودمند پرایمینگ بذر بر شاخص‌های رشد و عملکرد دانه به سبزشدن بهتر و استقرار سریع‌تر عناصر غذایی به وسیله گیاهان حاصل از بذرهای پرایم شده نسبت داده شد.

جدول ۴- مقایسه میانگین استقرار گیاهچه و عملکرد دانه سه رقم گندم در تیمارهای زمان کاشت، پرایمینگ بذر و رقم

Table 4. Mean comparison of seedling emergence and grain yield of three wheat cultivars in sowing time and seed priming treatments

تیمارهای آزمایشی Treatments	سبز شدن گیاهچه Seedling emergence (%)	روز تا سبز شدن گیاهچه Days to seedling emergence (day)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت Harvest index (%)
زمان کاشت زودهنگام Early sowing time	94.1a	6.0c	15472.6a	5898.1a	37.9b
زمان کاشت بهینه Optimum sowing time	92.8a	6.7b	15357.6a	6078.7a	39.5a
زمان کاشت دیرهنگام Late sowing time	88.3b	10.7a	11968.3b	3972.0b	33.1c
استار Star	91.7a	7.5b	14201.3a	5321.0b	36.8b
چمران Chamran	92.1a	7.6b	14686.1a	5699.7a	38.4a
فونگ Fong	91.5a	8.3a	13911.1a	4928.1c	35.3c
پرایمینگ بذر Seed priming	92.94 a	7.11 a	14718.33a	5483.94a	36.97a
شاهد (بدون پرایمینگ) Control	90.63 b	8.56 b	13814.11b	5148.71b	36.82a

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 ۵- مقایسه میانگین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت سه رقم گندم در اثر متقابل تیمارهای زمان کاشت و رقم

Table 5. Mean comparison of grain yield, biological yield and harvest index of three wheat cultivars in interaction effect of sowing time×cultivar treatments

زمان کاشت Sowing time	ارقام گندم Wheat cultivars	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه grain yield (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت Harvest index (%)
زودهنگام Early sowing	استار Star	16015.0a	6421.8a	40.1ab
	چمران Chamran	15929.0a	6223.9a	39.0ab
	فونگ Fong	14473.5ab	5048.6bc	34.7c
بهینه Optimum sowing	استار Star	15578.0a	6148.3a	39.5ab
	چمران Chamran	16000.0a	6646.9a	41.5a
	فونگ Fong	14495.0ab	5441.0b	37.5b
دیرهنگام Late sowing	استار Star	11011.0c	3392.9d	30.8d
	چمران Chamran	12129.0bc	4228.4c	34.9c
	فونگ Fong	12765.0b	4294.4c	33.7c

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

بیشترین و کمترین مقادیر شاخص برداشت به ترتیب مربوط به زمان کاشت دوم و سوم بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد که دلیل کمتر بودن شاخص برداشت در زمان‌های کاشت اول و سوم نسبت به زمان کاشت دوم به دلیل مصادف شدن تشکیل و رشد سنبلچه‌ها و گلچه‌ها و تلقیح آنها با دماهای پایین دی و اوایل بهمن و کاهش تعداد دانه در سنبله در زمان کاشت اول بوده است. در زمان کاشت سوم، احتمالاً با تأخیر در کاشت، طول دوره تشکیل آغازهای گل (مرحله برجستگی دوگانه تا تشکیل سنبلچه انتهایی و تمایز گلچه‌ها) به علت مصادف شدن با دمای بالا، کوتاه‌تر شده و تعداد سنبلچه در سنبله و دانه در سنبلچه کاهش یافته است. کاهش وزن هزار دانه نیز احتمالاً به دلیل کوتاه شدن دوره نمو دانه در زمان کاشت سوم بوده است. ارقام فونگ و استار به ترتیب در زمان‌های کاشت اول و سوم به صورت معنی‌داری کمترین مقادیر شاخص برداشت (به ترتیب ۳۴/۸ و ۳۰/۸ درصد) را دارا بودند (جدول ۵). شاخص برداشت تحت تأثیر تیمارهای پرایمینگ بذر قرار نگرفت.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که هیدروپرایمینگ به مدت ۸ ساعت، بیشترین اثر مثبت را بر بینه بذر و ویژگی‌های بیوشیمیایی بذر ارقام گندم مورد بررسی

داشت. با توجه به نتایج بدست آمده به نظر می‌رسد که مزایای پرایمینگ با افزایش یافتن مدت آن (بیشتر از حد مناسب)، به دلیل تغییرات بیوشیمیایی و احتمالاً ساختاری ایجاد شده در بذر، از دست می‌رود. زمان کاشت یکی از عوامل مهم تعیین کننده عملکرد به شمار می‌رود و تعویق آن به دیرتر از محدوده زمانی مناسب، به دلیل تسریع در رشد و نمو در اثر بال رفتن دمای هوا و مصادف شدن رشد و نمو گیاه با تنش گرمای انتهای فصل، باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود. در آزمایش حاضر، در زمان کاشت سوم (دیر هنگام)، عملکرد دانه هر سه رقم کاهش یافت، اما میزان کاهش برای ارقام گندم یکسان نبود. میزان کاهش عملکرد در زمان کاشت سوم نسبت به زمان کاشت اول (نسبتاً زودهنگام)، ۴۷، ۳۲ و ۱۵ درصد و نسبت به زمان کاشت دوم (بهینه)، ۴۵، ۳۶ و ۲۱ درصد (به ترتیب برای ارقام دیررس استار، متوسط رس چمران و زودرس فونگ) بود. به نظر می‌رسد که استفاده از رقم زودرس (فونگ) که سرعت رشد و نمو بالاتری داشته و از تنش گرمای انتهای فصل کمتر متأثر می‌شود، در اجتناب از کاهش عملکرد دانه در زمان‌های کاشت دیر هنگام، بهتر باشد. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که یکی از دلایل افزایش معنی‌دار عملکرد دانه ارقام گندم نسبت به تیمار شاهد (بذرهای پرایم نشده)، اثر مثبت پرایمینگ بذر بر سبز شدن گیاهچه‌ها و کاهش معنی‌دار زمان کاشت تا ظهور گیاهچه‌ها بوده است.

References

- Aebi, H. 1984. Catalase in vitro. *Methods Enzymol.* 105: 121-126.
- 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 vougare*). *J. Food Agric. Environ.* 5: 179-184.
- Aboutalebian, M. A., F. Sharifzadeh, M. R. Jahansou, A. Ahmadi and M. R. Naghavi. 2008. The effect of

منابع مورد استفاده

- seed priming on germination, stand establishment and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in three different climates of Iran. Iran. J. Field Crop Sci. 39(1): 145-154. (In Persian with English abstract).
- Agrawal, R. L. 2004.** Seed Technology. Oxford and IBH Publishing Co. LTD. New Delhi, India.
- Beauchamp, C. O. and I. Fridovich. 1971.** Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. Ann. Biochem. 44: 276-287.
- Blue, E. N., S. C. Mason and D. H. Sander. 1990.** Influence of planting date, seeding rate and phosphorus on wheat yield. Agron. J. 82: 288-276.
- Borsani, O., P. Diaz, M. F. Agius, V. Valpuesta and J. Monza. 2001.** Water stress generates an oxidative stress through the induction of a specific Cu/Zn superoxide dismutase in *Lotus corniculatus* leaves. Plant Sci. 161: 757-763.
- Bradford, M. M. 1976.** A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Ann. Biochem. 72: 248-254.
- Ceglar, A., Z. Črepinsek, L. Kajfez-Bogataj and T. Pogacar. 2011.** The simulation of phenological development in dynamic crop model: The Bayesian comparison of different methods. Agric. Forest. Meteorol. 151 (1): 101-115.
- Chance, B. and A. C. Maehly. 1955.** Assay of catalases and peroxidase. Methods Enzymol. 2: 764-775.
- Chen, C., W. A. Payne, R. W. Smiley and M. A. Stoltz. 2003.** Yield and water-use efficiency of eight wheat cultivars planted on seven dates in northeastern Oregon. Agron. J. 95: 836-843.
- Chiu, K. Y., S. J. Chuang and J. M. Sung. 2006.** Both anti-oxidation and lipid-carbohydrate conversion enhancements are involved in priming-improved emergence of *Echinacea purpurea* seeds that differ in size. Sci. Hort. 108: 220-226.
- Cordova-Tellez, L. and J. S. Burris. 2002.** Alignment of lipid bodies along the plasma membrane during the acquisition of desiccation tolerance in maize seed. Crop Sci. 42: 1982-1988.
- Del Rio, L. A., L. M. Sandalio, F. J. Corpas, J. M., Palma and J. B. Barroso. 2006.** Reactive oxygen species and reactive nitrogen species in peroxisomes. Production, scavenging and role in cell signaling. Plant Physiol. 141: 330-335.
- Dubios, M., K. A. Gills, J. K. Hamilton, P. A. Rebers and F. Smith. 1956.** Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Ann. Chem. 28(3): 350-356.
- Ellis, R. H. and E. H. Roberts. 1981.** The quantification of aging and survival in orthodox seeds. Seed Sci. Technol. 9: 373-409.
- El-Gizavi, N. 2009.** Effect of planting date and fertilizer application on yield of wheat under no-till system. World J. Agric. Res. 60: 777-783.
- 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.

- Foti, S., S. L. Cosentino, C. Patane and G. M. D. Agosta. 2002.** Effects of osmoconditioning upon seed germination of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) under low temperatures. *Seed Sci. Technol.* 30: 521-533.
- Giri, G. S. and W. F. Schillinger. 2003.** Seed priming winter wheat for germination, emergence and yield. *Crop Sci.* 43: 2135-2141.
- Girolamo, G. Di. and L. Barbanti. 2012.** Treatment conditions and biochemical processes influencing seed priming effectiveness. *Ital. J. Agron.* 7: 178-188.
- 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.
- Harris, D. and A. Mottram. 2004.** Practical hydration of seed of tropical crops: on-farm' seed priming. In "Seed Science and Technology: Trends and Advances", ed. A.S. Basra. The Howarth Press.
- Heath, R. L. and I. Packer. 1968.** Photoperoxidant in isolated chloroplast. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Arch. Biochem. Biophys.* 125:189-198.
- Hsu, C. C., C. L. Chen, J. J. Chen and J. M. Sung. 2003.** Accelerated aging-enhanced lipid peroxidation in bitter melon. *Sci. Hort.* 98: 201-212.
- Karimi, M. and R. M. Azizi. 1994.** Crop Growth Analysis. Ferdowsi University Press. (In Persian).
- Khan, A. A. 1992.** Preplant physiological seed conditioning. *Hort. Rev. Am. Soc. Hort. Sci.* 14: 131-181.
- McDonald, M. B. 1999.** Seed deterioration: Physiology, repair and assessment. *Seed Sci. Technol.* 27: 177-237.
- Mian, M. A., A. Mahmood, M. Ihsan and N. M. Cheema. 2007.** Response of different wheat cultivars to post-anthesis temperature stress. *J. Agric. Res.* 45: 269-277.
- Miller, G. L. 1959.** Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Ann. Chem.* 31: 426-428.
- Moghaddam, M., B. Ehdaie and J. G. Waines. 1997.** Genetic variation and interrelationships of agronomic characters in landraces of bread wheat from southeastern Iran. *Euphytica*, 95: 361-369.
- Moshattati, A., Kh. Alami-Saied, S. A. Siadat, A. M. Bakhshandeh and M. R. Jalalkamali. 2010.** Evaluation of terminal heat stress tolerance in spring wheat cultivars in Ahwaz conditions. *Iran. J. Field Crop Sci.* 12(2): 85-99. (In Persian with English abstract).
- Nakano, Y. and K. Asada. 1987.** Purification of ascorbate peroxidase in spinach chloroplasts: Its inactivation in ascorbate depleted medium and reactivation by monodehydroascorbate radical. *Plant Cell Physiol.* 28: 131-140.
- Penalosa, A. P. S. and M.T.S. Eira. 1993.** Hydration-dehydration treatments on tomato seeds (*Lycopersicon esculentum*). *Seed Sci. Technol.* 21: 309-316.
- Rahnavard, A., S. Sedigheh and Z. Y. Ashrafi. 2009.** Response of mouse barley (*Hordeum murinum*) seeds to osmotic priming, temperatures and local seed masses. *Bot. Res. Int.* 2: 169-173.

- Sattar, A., M. A. Cheema, M. Farooq, M. A. Wahid, A. Wahid and B. H. Babar. 2010.** Evaluating the performance of wheat varieties under late sown conditions. *Int. J. Appl. Pure Sci. Agric.* 12: 561–565.
- Sheligl, H. Q. 1986.** Die verwertung orgngischer souren durch chlorella lincht. *Planta J.* 47: 5-10.
- Smith, I. K., T. V. Vierheller and C. A. Thorne. 1988.** Assay of Glutathione reductase in crude tissue homogenates using 5, 5'-Dithiobis (2-nitrobenzoic Acid). *Analytic. Biochem.* 175: 408–413.
- Stewart, R. C. R. and D. Bewley. 1980. Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean Axes. *Plant Physiol.* 62: 245–248.
- Wattanakulpakin, P., S. Photchanachai, S. Miyagawa and Kh. Ratanakhanokchai. 2012.** Loss of maize seed vigor as affected by biochemical changes during hydropriming. *Crop Sci.* 52: 2783–2793.

Effect of seed priming on seedling growth and grain yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in sowing date treatments

Khamadi, N.¹, M. Nabipour², H. Roshanfekr³ and A. Rahnama⁴

ABSTRACT

Khamadi, N., M. Nabipour, H. Roshanfekr and A. Rahnama. 2017. Effect of seed priming on seedling growth and grain yield of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in sowing date treatments. **Iranian Journal of Crop Sciences. 19(2): 116-131. (In Persian).**

To evaluate germination and grain yield of three spring bread wheat cultivars affected by seed hydropriming and sowing date, three experiments were conducted. In the first experiment, effect of 7 hydropriming durations (0, 6, 8, 10, 12, 14 and 16 h) was examined on germination and seedling growth of Star, Chamran and Fong cultivars. In the second experiment, some biochemical traits and enzyme activities were measured in the primed seeds for 6, 8 and 10 h hydropriming durations. Effect of three sowing dates (12 Nov., 10 Dec. and 7 Jan.). hydropriming and control treatments on grain yield of wheat cultivars was researched in third experiment which was carried out as factorial arrangement in randomized complete block design with three replications in the research field of Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, during 2014-2015 growing season. Results of the first experiment showed that hydropriming with 8 h imbibition had the most positive effect on seed vigor of bread wheat cultivars. Results of the second experiment showed that with increasing hydropriming duration to 10 h, α amylase enzyme activity and of soluble carbohydrates and proteins contents in seeds increased, also higher malondialdehyde content and insufficient antioxidant enzyme activities (enzyme activity was not increased or reduced by following imbibition to 10h) in 10 h when compared with 8 h hydropriming duration was observed. In this research, Relationship between antioxidant enzyme activities with germination and seedling growth were positive and significant. Results of the field experiment showed that hydropriming treatments significantly improved seedling emergence, by 2.3%, and reduced average emerging time by 1.4 days as compared with control. The sowing date $\times$ cultivar interaction effect indicated that delayed sowing had the highest and lowest effect on star and fong cultivars, respectively. Average grain yield significantly increased, by 7%. in hydropriming treatment in comparison to control. Also application of seed hydropriming with suitable soaking duration improved seed emergence in delayed sowing dates.

Keyword: Bread wheat, Enzymatic activity, Germination, Seed hydropriming and Sowing date.

Received: April, 2017

Accepted: June, 2017

1. PhD Student, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

2. Professor, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran (Corresponding author) (Email: nabipourm@yahoo.com)

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

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