



## تأثیر پرایمینگ بذر روی برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک سه رقم گندم در شرایط آزمایشگاه و گلخانه

کیانوش صفری، یوسف سهرابی<sup>۱،\*</sup> عادل سی‌وسه مرده<sup>۲</sup> و شهریار ساسانی

۱. کارشناس تحقیقات کشاورزی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه
  ۲. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
  ۳. استادیار پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران
- پست الکترونیکی نویسنده مسئول [y.sohrabi@uok.ac.ir](mailto:y.sohrabi@uok.ac.ir)

پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۲۵

دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۱۶

### چکیده

به منظور بررسی اثر تیمارهای پرایمینگ بذر بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک سه رقم گندم نان شامل ریژاو، سرداری و کریم، مطالعه‌ای در شرایط آزمایشگاه و گلخانه در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ انجام شد. در این مطالعه، ۴۰ تیمار پرایمینگ، شامل پرایمینگ هورمونی، اسموپرایمینگ، پرایمینگ غذایی، هیدروپرایمینگ با آب مقطر یک بار تقطیر شده و یک تیمار شاهد بدون پرایم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد در کشت آزمایشگاهی، اثر متقابل رقم و پرایمینگ بر صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. در شرایط کشت گلخانه‌ای اثر متقابل رقم و پرایمینگ بر وزن خشک ریشه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید ولی برای وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. بر اساس رتبه‌بندی میانگین‌ها، بالاترین رتبه درصد جوانه‌زنی در رقم سرداری همراه با تیمارهای ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر آسکوربیک اسید حاصل گردید. بیشترین وزن خشک اندام هوایی به ترتیب مربوط به رقم ریژاو همراه با تیمارهای سالسیلیک اسید ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر، آسکوربیک اسید ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر ۲۴- اپی براسینولید بود. در شرایط آزمایشگاهی، بالاترین رتبه طول ریشه‌چه به رقم کریم مربوط بود که در تیمار پرایمینگ ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر ۲۴- اپی براسینولید حاصل گردید. تیمارهای مناسب پرایمینگ در این تحقیق بر اساس مجموع صفات اندازه‌گیری شده، تیمارهای هورمونی جیبرلیک اسید و ۲۴- اپی براسینولید، تیمارهای غذایی اوره با غلظت‌های ۲ و ۴ گرم در لیتر، سولفات روی با غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۳ درصد و آسکوربیک اسید با ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، تیمار اسموپرایمینگ شامل پلی‌اتیلن گلیکول ۴۰۰۰ با پتانسیل ۲/۳- و ۲/۹- بار، کلرید پتاسیم ۱۰۰ میلی‌مولار و هیدروپرایمینگ با آب مقطر یک بار تقطیر شده تعیین گردید. با توجه به توسعه ریشه‌های رقم سرداری توسط تیمارهای هورمونی به‌ویژه جیبرلیک اسید این تیمار برای شرایط کم‌آبی مناسب‌تر خواهد بود.

کلیدواژگان: پلی‌اتیلن گلیکول، جیبرلیک اسید، شاخص بنیه گیاه چه، سرعت جوانه‌زنی، هیدروپرایمینگ

## مقدمه

جوانه‌زنی و سبز شدن یکنواخت و سریع‌تر، ممکن است ناشی از فعالیت‌های متابولیک افزایش‌یافته در بذره‌های پرایم شده باشد (Soon *et al*, 2000). تیمارهای پرایمینگ که جوانه‌زنی و رشد گیاه چه را بهبود می‌بخشند، شامل هیدروپرایمینگ (خیساندن در آب مقطر)، پرایمینگ با تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، اسموپرایمینگ (خیساندن در محلول‌های اسمزی مانند نمک‌های پتاسیم و کلسیم) و پرایمینگ مواد غذایی می‌باشند (Harris؛ Chivasa *et al*, 1998؛ Sytar *et al*, 2018؛ Afzal؛ Chiu *et al*, 2002؛ Capron *et al*, 2000؛ *et al*, 1999؛ *et al*, 2011). برخی محققان مانند Afzal و همکاران (2011) گزارش نمودند که کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی یا مواد غذایی در طول پیش‌خیساندن، پرایمینگ و دیگر تیمارهای پیش از کاشت بذر در تعدادی از محصولات، کارایی بذر را در شرایط تنش بهبود داده است. سالیسیلیک اسید در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیک مانند رشد گیاه چه اثرگذار است (Ahmad *et al*, 2012). کاربرد خارجی تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مانند اکسین، جیبرلین و سیتوکینین در کاهش اثرات منفی تنش شوری مؤثر بوده و جوانه‌زنی، رشد و نمو، عملکرد دانه و کیفیت محصول را بهبود می‌بخشد (Afzal *et al*, 2011؛ Egamberdieva *et al*, 2009؛ Gul *et al*, 2000). در آزمایش Sharma و Bhardwaj (2007) تیمار ۲۴-آپی براسینولید epibrassinolide جوانه‌زنی بذر، طول شاخسار و ریشه خردل را نسبت به شرایط کنترل و همچنین تنش فلزات سنگین بهبود بخشید. در تحقیق Iqbal و همکاران (2006) پرایمینگ بذر با غلظت‌های مطلوب از سیتوکینین، رشد و عملکرد گندم‌های پرورش‌یافته تحت شرایط شوری را بهبود داده است. Angrish (2001) بیان کرد بهبود رشد گندم در تنش شوری، ناشی از وضعیت افزایش‌یافته نیتروژن و فعالیت نیترات ردوکتاز به‌واسطه پیش‌تیمار بذر، قبل از کاشت با تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مانند سیتوکینین بوده است. کاربرد اکسین، طول هیپوکوتیل، وزن تر و خشک گیاه چه و وزن خشک هیپوکوتیل سه رقم گندم تحت شرایط شوری را افزایش داد (Akbari *et al*, 2007). Loewus و Murthy (۲۰۰۰) بیان نمودند که نقش مایونوزیتول در بیوسنتز دیواره سلولی، تولید مولکول‌های وابسته به تنش، ارتباط سلول به سلول، جوانه‌زنی گندم و ذخیره و انتقال هورمون‌های گیاهی مهم است.

گندم بیشترین سطح زیر کشت را در بین غلات دانه‌ای به خود اختصاص داده و میزان تولید جهانی آن در سال ۲۰۱۷ حدود ۷۶۰ میلیون تن بوده است. در کشورهای درحال توسعه و توسعه‌یافته، گندم یک محصول اصلی و عمده برای مصرف انسان و دام است، زیرا این محصول زراعی از لحاظ کربوهیدرات (۷۶-۸۸٪)، پروتئین (۱۶-۱۶٪)، چربی (۵/۷-۴٪) و مواد معدنی (۱-۳٪) غنی است (Wang *et al*؛ FAO, 2019؛ Woldesenbet and Haileyesus, 2016؛ *al*, 2018؛ Chalamacharla *et al*, 2018).

Marcos-Filho (2015) گزارش داد که ویژگی‌های یکنواختی و سرعت در سبز شدن گیاه چه، از اجزای مهم کارایی بذر می‌باشند، بنابراین دارا بودن چنین ویژگی‌هایی به‌طور مستقیم در استقرار اولیه گیاه اثرگذار هستند. جوانه‌زنی بذر در استقرار گیاه چه و به دنبال آن ویگور (بنیه گیاه چه) و سلامت گیاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد (Wang and Zeng، Akbarimoghaddam *et al*, 2011). جوانه‌زنی و استقرار بذر، حساس‌ترین مراحل به تنش‌های غیر زیستی هستند (Patade *et al*, 2011؛ Ansari and Sharif-Zadeh, 2012). Toselli و Casenava (2002) گزارش کردند که درصد جوانه‌زنی، سرعت سبز شدن و استقرار گیاه چه در مناطق مختلف پایین بوده که این امر ناشی از تنوع عوامل نامطلوب مانند خشکی، درجه حرارت‌های بالا و پایین، کیفیت پایین بذرها و کاشت نامناسب می‌باشد. ویگور بذر می‌تواند توسط روش‌هایی که عموماً به‌عنوان پرایمینگ بذر شناخته می‌شوند، از طریق افزایش در سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی بهبود یابد (Demir؛ Souza *et al*, 2016؛ and Van De Venter, 1999؛ *et al*, 2018). پرایمینگ بذر عبارت است از آبنوشی و آبگیری نسبی بذرها طی یک دوره کوتاه زمانی و سپس پسابیده شدن (دهیدراسیون) آن‌ها که می‌تواند سبب بهبود و یا تسریع جوانه‌زنی این بذرها در صورت کاشت در زمین اصلی گردد (Madsen *et al*, 2018؛ Derek Bewley *et al*, 2013). بنا به گزارش Caseiro و همکاران (2004) پرایمینگ بذر به‌عنوان یک شرایط فیزیولوژیک پیش از کاشت است که می‌تواند کارایی بذرها را از طریق کاهش زمان جوانه‌زنی و سبز شدن گیاه چه و از طریق افزایش تحمل بذر به شرایط تنش مانند کمبود آب و درجه حرارت‌های پایین بهبود دهد.

با جوانه‌زنی و استقرار اولیه گیاه چه در ارقام مورد مطالعه گندم دارند، طراحی و اجرا گردید.

در آزمایش Bismillah Khan و همکاران (۲۰۱۱) از میان چند تیمار، بیشینه درصد جوانه‌زنی و سبز شدن بذرهای گندم در تیمار آسکوربیک اسید حاصل شد و سایر فاکتورهای اندازه‌گیری شده مانند طول ریشه‌چه، طول شاخسار و ریشه، تعداد ریشه‌های ثانویه، وزن خشک ریشه و شاخسار و گیاه چه نیز در تیمار آسکوربیک اسید بیشتر بود و حداقل هدایت الکتریکی نیز در این تیمار مشاهده شد.

مطابق با روش Abdoli و همکاران (2013) در کلیه تیمارها، قبل از انجام عمل پرایمینگ، ابتدا بذرهای گندم با اتانول ۷۰ درصد برای ۳۰ ثانیه و محلول هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد (v/v) برای ۵۰ ثانیه ضدعفونی شدند و بلافاصله بذرهای پرایمینگ هورمونی، پس از توزین مقادیر هورمون‌ها، هورمون‌های ایندول بوتیریک اسید، جیبرلیک اسید و ۲۴-آبی‌براسینولید در چند قطره الکل اتیلیک ۱۰ درصد و کینتین نیز در هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال حل شده و سپس با استفاده از آب مقطر به حجم موردنظر رسانده شدند. نسبت بذر به محلول‌های پرایمینگ، ۱ به ۵ (گرم بر میلی‌لیتر) در نظر گرفته شد. بذرهای محلول‌های پرایمینگ، به مدت ۱۰ ساعت در دمای  $19 \pm 1^\circ\text{C}$  قرار داده شدند و با استفاده از پمپ آکواریم عمل تهویه (هوادهی) انجام شد. بعد از عمل پرایمینگ، بذرهای به‌سرعت با آب مقطر آبکشی شده و به مدت سه روز در دمای  $19 \pm 1^\circ\text{C}$  خشک شدند. سپس به مدت یک هفته در شرایط یخچال با دمای  $5 \pm 1^\circ\text{C}$  نگهداری شدند (مطابق با روش Afzal et al, 2011; Hussain et al, 2015; Nazari et al, 2017). برای ارزیابی صفات مرتبط با جوانه‌زنی، آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام شد. هر واحد آزمایشی شامل یک تشتک پتری یک‌بارمصرف ضدعفونی شده با اشعه UV، با قطر ۹۰ میلی‌متر حاوی ۵۰ عدد بذر سالم و هم‌اندازه بود که روی یک لایه کاغذ صافی قرار گرفته و ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن‌ها اضافه شد. برای جوانه‌زنی، ظروف پتری به ژرمیناتور با درجه حرارت  $20^\circ\text{C}$  و تاریکی منتقل شدند. برای محاسبه درصد جوانه‌زنی، ابتدا تعداد بذرهای جوانه‌زده شمارش شده و سپس نسبت آن‌ها به تعداد

گندم به‌عنوان یک غله‌ی مهم، غذای بسیاری از مردم کشورهای درحال توسعه محسوب می‌گردد و از سوی دیگر، در بین غلات بیشترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده است، لذا با توجه به اهمیت جوانه‌زنی و صفات مرتبط با آن در استقرار اولیه گیاه چه و رشد بعدی گیاه و بهبود توان مقابله گیاه با تنش‌های محیطی، این تحقیق با هدف مقایسه و تعیین برترین تیمارهای پرایمینگ‌بذر تحت شرایط آزمایشگاهی و گلخانه‌ای به لحاظ اثراتی که بر صفات مرتبط

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۵ در آزمایشگاه و گلخانه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی اجرا گردید. سه رقم گندم نان (ریژا، سرداری و کریم) و ۴۰ تیمار پرایمینگ و یک تیمار شاهد بدو پرایم در این آزمایش موردبررسی قرار گرفتند (جدول ۱). انتخاب تیمارهای پرایمینگ بر اساس بررسی مرور منابع و مطالعات صورت گرفته در نقاط مختلف جهان انجام گرفت و بر این اساس تیمارهای پرایمینگ بذر شامل گروه‌های هورمونی، اسموپرایمینگ، پرایمینگ غذایی و هیدروپرایمینگ انتخاب شد. سطوح پرایمینگ هورمونی شامل اکسین (ایندول بوتیریک اسید)، جیبرلیک اسید، سالیسیلیک اسید و سیتوکینین (کینتین) با غلظت‌های ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر، ۲۴-آبی‌براسینولید با غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر و توفوردی با غلظت‌های ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بودند. سطوح اسموپرایمینگ شامل دو نمک کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم با غلظت‌های ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مول در لیتر و پلی‌اتیلن گلیکول ۴۰۰۰ (PEG4000) با پتانسیل‌های  $-1/6$ ،  $-2/3$  و  $-2/9$  بار بود. سطوح پرایمینگ‌غذایی شامل سولفات روی آبدار ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) با غلظت‌های ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ درصد وزنی-حجمی (۳/۷، ۱۱/۲ و ۱۸/۷ میلی‌مول در لیتر یا ۱، ۳ و ۵ گرم در لیتر)، اوره با غلظت‌های ۲، ۴ و ۶ گرم در لیتر، آسکوربیک اسید و مایواینوزیتول با غلظت‌های ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود. یک سطح هیدروپرایمینگ با آب مقطر یک‌بار تقطیرشده و یک تیمار شاهد بدون پرایمینگ نیز استفاده شد.

مرحله کاشت گلخانه‌ای پنج عدد از بذرهاى ضد عفونی شده هر تیمار پرایمینگ، در گلدان‌های پلاستیکی در عمق چهار سانتی‌متری کاشت شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. گلدان‌ها با مخلوطی از سه کیلوگرم خاک زراعی و ماسه خشک عبور یافته از الک چهار میلی‌متری به نسبت ۵ به ۱ پر شدند. بلافاصله بعد از کاشت، اولین آبیاری انجام گردید. مراحل داشت و شرایط تنظیم شده گلخانه بر اساس روش Egl و Tekrony (1995) بود. شش هفته پس از سبز شدن، گیاهان برداشت شدند و وزن خشک ریشه و اندام هوایی برحسب گرم با ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری گردید. تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS و SPSS انجام گرفت.

### نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در شرایط کاشت پتری دیش در آزمایشگاه، اثر متقابل رقم و پرایمینگ برای همه صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). در شرایط کاشت گلخانه‌ای اثر متقابل تیمارها بر وزن خشک ریشه در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار گردید ولی برای وزن خشک ساقه در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر متقابل رقم و پرایمینگ روی هر سه زمان اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیت‌های بذر در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳).

کل بذرها محاسبه گردید (مطابق روش‌های ISTA, 1999; 2003; 2009). میانگین سرعت جوانه‌زنی بر اساس روش Derek Bewley و همکاران (2013)، بر اساس معادله ۱ و برحسب تعداد بذرهاى جوانه‌زده در روز محاسبه گردید.

$$MGR = \sum n / \sum (t \times n) \quad (\text{معادله ۱})$$

MGR = میانگین سرعت جوانه‌زنی؛ t = زمان برحسب روز است و از صفر (زمان کاشت) شروع شده و n = تعداد بذرهایی است که در روز t ام جوانه‌زده‌اند.

شاخص ویگور گیاه چه بر اساس روش Abdul-Baki و Anderson (1973) و با استفاده از معادله ۲ محاسبه شد.

$$SVI = SDW \times GP \quad (\text{معادله ۲})$$

SVI = شاخص ویگور گیاه چه؛ SDW = وزن خشک گیاه چه و GP = درصد جوانه‌زنی نهایی است.

در پایان آزمایش جوانه‌زنی، ابتدا طول ساقه‌چه و ریشه‌چه با خط‌کش برحسب میلی‌متر و وزن تر آن‌ها برحسب میلی‌گرم با ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شد. سپس برای خشک کردن، ساقه‌چه و ریشه‌چه از هم جدا شده و به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. در پایان، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه برحسب میلی‌گرم اندازه‌گیری گردید. جهت مقایسه نشت الکترولیت‌های بذری مطابق با روش Basra و همکاران (2002)، هدایت الکتریکی بذرهاى تیمار شده با محلول‌های پرایمینگ اندازه‌گیری شد. این سنجش نیز به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. در

جدول ۱. خصوصیات زراعی ارقام مورد مطالعه (http://www.ispa.ir)

Table 1. Agronomic characteristics of studied cultivars

رقم Cultivar	تیپ رشد Type of growth	وزن هزار دانه Thousand kernel weight	ارتفاع Height سانتی‌متر	از نظر ریزش grain fall	طول دوره رویش (روز) Duration of growth day		خوابیدگی Lodging	واکنش به سرما Reaction to cold		تحمل خشکی Drought tolerance	پروتئین دانه Grain protein %
					سرد Cool	معتدل سرد Cold temperate		زمستانه Winter	دیررس بهاره Late spring		
ریژو	بینابین	35	72	مقاوم	222-224	183-185	مقاوم	نیمه مقاوم	بسیار متحمل	بسیار متحمل	12.5
سرداری	زمستانه زودرس	36	78	مقاوم	234	195	حساس	مقاوم	مقاوم	مقاوم	10
کریم	بهاره زودرس	39.2	83.5	مقاوم	134	۱۱۸	مقاوم	بسیار مقاوم متحمل	بسیار متحمل	بسیار متحمل	12.5

ریژاو و به ترتیب در تیمارهای جیبرلیک اسید ۲۰۰ گرم بر لیتر، کینتین ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر و توفوردی ۵۰ میکرومولار به دست آمد.

در شرایط آزمایشگاهی، بالاترین رتبه طول ریشه‌چه به رقم کریم مربوط بود که در تیمار پرایمینگ ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر ۲۴- اپی براسینولید حاصل گردید و تیمارهای جیبرلیک اسید ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در رقم سرداری و پلی‌اتیلن گلیکول ۴۰۰۰، ۲/۳- بار در رقم ریژاو به ترتیب در رتبه‌های دوم و سوم قرار گرفتند (جدول ۴). بالاترین رتبه طول ساقه‌چه نیز مربوط به رقم سرداری بود که به ترتیب در تیمارهای پرایمینگ با ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر جیبرلیک اسید و کینتین با ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد؛ بنابراین می‌توان گفت جیبرلیک اسید هم روی وزن خشک ریشه‌چه و هم روی طول ریشه‌چه اثر مثبت افزایشی گذاشته است. همچنین بین تیمارهای پرایمینگ افزایش یافته وزن خشک و طول ریشه‌چه در رقم سرداری تفاوت‌هایی مشاهده گردید؛ به عبارت دیگر در شرایط مختلف، تیمارهای مختلف پرایمینگ بالاترین وزن و طول ریشه‌چه را داشته‌اند. لذا می‌توان گفت برتری ریشه‌چه رقم سرداری تنها اثر ژنوتیپی نبوده و اثر تیمارهای پرایمینگ به‌وضوح مشخص گردیده است. Ozdemir و همکاران (2004) گزارش کردند که کاربرد ۲۴- اپی براسینولید، طولی شدن ساقه برنج را تحریک کرده است. شایان‌ذکر است بر اساس مشاهدات صورت گرفته در هر دو شرایط کاشت آزمایشگاهی و گلخانه‌ای، در سطوح مختلف تیمارهای پرایمینگ مربوط به توفوردی و مایواینوزیتول، وضعیت ساقه‌چه و اندام هوایی حالت کاملاً طولی شده و علفی رشد کرده و حتی کم‌ترین استحکام لازم را نیز برای سرپا ماندن نداشتند، به طوری که همگی آن‌ها دچار ورس شدید شدند؛ بنابراین تیمارهای توفوردی و مایواینوزیتول اگرچه به لحاظ برخی صفات دارای جایگاه مناسبی بودند، اما در مجموع، در این آزمایشات نمی‌توان جایگاه مناسبی برای این تیمارها قایل شد و به‌عنوان تیمارهای نامناسب شناخته شدند. رتبه‌بندی میانگین تیمارها نشان داد که در شرایط کاشت آزمایشگاهی (ژرمیناتور) رقم کریم همراه با تیمار

رتبه‌بندی میانگین تیمارها (جدول ۴) نشان داد که در شرایط کاشت آزمایشگاهی (ژرمیناتور)، بالاترین رتبه درصد جوانه‌زنی مربوط به رقم ریژاو تحت تأثیر تیمارهای ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار کلرید کلسیم، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار کلرید پتاسیم، ۰/۵ درصد سولفات روی، ۲/۳- و ۲/۹- بار پلی‌اتیلن گلیکول ۴۰۰۰، ۴ گرم در لیتر اوره، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر جیبرلیک اسید، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کینتین، ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر ایندول بوتیریک اسید، ۰/۵ و ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر ۲۴- اپی براسینولید، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سالیسیلیک اسید، ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار توفوردی و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مایواینوزیتول به دست آمد. بالاترین رتبه درصد جوانه‌زنی در رقم سرداری همراه با تیمارهای ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر آسکوربیک اسید حاصل گردید (جدول ۴). بالاترین رتبه درصد جوانه‌زنی در رقم کریم همراه با تیمارهای ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر جیبرلیک اسید، ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کینتین، ۱۵۰ میلی‌گرم آسکوربیک اسید، شاهد بدون پرایم، ۱۰ میکرومولار توفوردی، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مایواینوزیتول به دست آمد. رتبه‌های اول تا سوم سرعت جوانه‌زنی مربوط به رقم ریژاو و به ترتیب تحت تأثیر تیمارهای آسکوربیک اسید ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر ایندول بوتیریک اسید و ۴ گرم در لیتر اوره به دست آمد (جدول ۴).

به نظر می‌رسد که فراهمی نیتروژن در طی پرایمینگ‌بذر، باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های جوانه‌زنی مانند آلفا-آمیلاز می‌شود که با نتایج Sung و Chang (1993) هماهنگی دارد و بنابراین می‌تواند به جوانه‌زنی سریع‌تر بذر کمک کند. بالاترین رتبه شاخص ویگور گیاه چه نیز مربوط به رقم سرداری و به ترتیب در تیمارهای اوره ۴ گرم در لیتر، مایواینوزیتول ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و توفوردی ۱۰۰ میکرومولار بود. رتبه‌های اول تا سوم وزن‌تر ریشه‌چه مربوط به رقم سرداری و به ترتیب در تیمارهای آسکوربیک اسید ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، ایندول بوتیریک اسید ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و کلرید کلسیم ۷۵ میلی‌مولار بود (جدول ۴). بالاترین مقادیر وزن‌تر ساقه‌چه در رقم

سرداری در هر دو شرایط مورد مطالعه عکس‌العمل یکسانی به فاکتور مربوط به وزن خشک ریشه‌چه و ریشه داشته است، هرچند عکس‌العمل تیمارهای پرایمینگ در این رقم نیز متفاوت بوده است.

در تحقیق Mirshekari (2014) مشاهده شد که پرایم نمودن بذرهای گندم قبل از کاشت با جیبرلیک اسید و کینتین سبب بهبود رشد شده است. Shaddad و همکاران (2012) گزارش نمودند که تیمار جیبرلیک اسید (100 ppm) نه تنها اثرات بازدارندگی تنش شوری روی عملکرد محصول را کاهش داده، بلکه رشد و مقدار رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی و به دنبال آن، عملکرد محصول گندم را افزایش داده است.

در بررسی نشت الکترولیت‌های بذر (جدول ۵)، بالاترین میزان نشت پس از ۶ ساعت در رقم سرداری و تحت تیمارهای پرایمینگ ۱۰۰ میلی‌مولار کلریدکلسیم و ۵۰ میلی‌مولار کلرید پتاسیم به دست آمد و تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلریدکلسیم در رقم ریژا در رتبه سوم قرار داشت. پس از ۱۰ ساعت رقم سرداری تحت تیمار پرایمینگ ۵۰ میلی‌مولار کلرید پتاسیم و ۱۰۰ میلی‌مولار کلریدکلسیم رتبه‌های اول و دوم را داشت و تیمار ۷۵ میلی‌مولار کلریدکلسیم در رقم ریژا در رتبه سوم قرار گرفت. بالاترین میزان نشت پس از ۲۴ ساعت همچنان در رقم سرداری و به ترتیب تحت تیمارهای کلرید پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار، کلریدکلسیم ۱۰۰ و ۷۵ میلی‌مولار مشاهده گردید. کمترین نشت الکترولیت‌ها پس از گذشت ۶ ساعت از شروع آزمایش به ترتیب در تیمارهای ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سالیسیلیک اسید، ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر آسکوربیک اسید و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر جیبرلیک اسید برای رقم کریم به دست آمد (جدول ۵). کمترین نشت الکترولیت‌ها پس از گذشت ۱۰ ساعت به ترتیب در تیمارهای ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر آسکوربیک اسید، ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سالیسیلیک اسید و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر جیبرلیک اسید حاصل گردید. کمترین نشت الکترولیت‌ها پس از گذشت ۲۴ ساعت از شروع آزمایش به ترتیب در تیمارهای ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر آسکوربیک اسید، ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سالیسیلیک اسید و ۲۰۰ میلی‌گرم بر

پرایمینگ آسکوربیک اسید ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بالاترین رتبه وزن خشک ساقه‌چه را تولید کرد. تیمار ۲/۳- بار پلی‌اتیلن گلیکول ۴۰۰۰، رتبه دوم و تیمار ۴ گرم در لیتر اوره در رقم سرداری در رتبه سوم قرار داشت. تیمارهای پرایمینگ جیبرلیک اسید ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر کینتین و ۵۰ میکرومولار توفوردی در رقم سرداری به ترتیب بیشترین وزن خشک ریشه‌چه را داشتند. در شرایط کاشت گلخانه‌ای (جدول ۵)، بیشترین وزن خشک اندام هوایی به ترتیب مربوط به رقم ریژا و همراه با تیمارهای سالیسیلیک اسید ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر، آسکوربیک اسید ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر ۲۴- اپی براسینولید بود. با توجه به رتبه‌بندی انجام‌شده، سطوح مختلف سالیسیلیک اسید در دو رقم دیگر جزو تیمارهای نامناسب بوده است که با شرایط کاشت ژرمیناتور نیز مطابقت داشت و این مسئله شاید ناشی از پاسخ متفاوت ارقام به سطوح مختلف تیمارهای پرایمینگ سالیسیلیک اسید باشد که عکس‌العمل‌های متفاوتی را در این خصوص از خود نشان می‌دهند. بیشترین وزن خشک ریشه در شرایط گلخانه مربوط به رقم سرداری همراه با تیمارهای آسکوربیک اسید ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، هیدروپرایمینگ با آب مقطر یک بار تقطیرشده و تیمار ۲/۳- بار پلی‌اتیلن گلیکول ۴۰۰۰ به دست آمد (جدول ۵). در ارتباط با وزن خشک ساقه‌چه و اندام‌های هوایی عکس‌العمل ارقام مختلف در هر دو شرایط کاشت متفاوت بوده است در حالی که عکس‌العمل تیمارهای پرایمینگ بذر به وزن خشک ساقه‌چه و اندام‌های هوایی تا اندازه‌ای یکسان بوده، به طوری که وزن خشک ساقه‌چه و اندام‌های هوایی در هر دو شرایط آزمایشگاهی و گلخانه به تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر آسکوربیک اسید پاسخ مثبتی نشان داده است. بنابه اظهارات Stasolla و Yeung (2001)، آسکوربیک اسید ارگانوژنسیس (اندام‌زایی) شاخسار را افزایش می‌دهد که نتایج آن گسترش و توسعه اندام هوایی و رشد گیاهی بهتر می‌باشد. بیشترین وزن خشک ریشه‌چه و ریشه در هر دو شرایط کاشت آزمایشگاهی و گلخانه مربوط به تیمارهای مختلف پرایمینگ برای رقم سرداری بود. لذا می‌توان گفت رقم

ذکر است قدرت یونی بالای الکترولیت‌های حاصل از نمک های پتاسیم و کلسیم در بذرهای پرایم شده را، نیز نباید در نشت الکترولیت‌های بذر فراموش کرد.

لیتر ایندول بوتیریک اسید برای رقم کریم به دست آمد (جدول ۵)؛ بنابراین می‌توان گفت که رقم کریم در میان ارقام مختلف، کمترین نشت الکترولیت‌ها را پس از گذشت ۶، ۱۰ و ۲۴ ساعت از شروع آزمایش داشته است. لازم به

### نتیجه‌گیری

پلی‌اتیلن گلیکول ۴۰۰۰ با پتانسیل ۲/۳- و ۲/۹- بار، کلرید پتاسیم ۱۰۰ میلی‌مولار و هیدروپرایمینگ با آب مقطر یک بار تقطیر شده تعیین گردید. همچنین بر اساس نتایج به دست آمده از آزمایشات حاضر می‌توان نتیجه‌گیری کرد که با توجه به توسعه ریشه‌های رقم سرداری توسط تیمارهای هورمونی به‌ویژه جیبرلیک اسید این تیمار برای شرایط کم‌آبی مناسب‌تر خواهد بود. پیشنهاد می‌شود تیمارهای مناسب و برتر به دست آمده از نتایج این تحقیق، برای بررسی‌های بیشتر در شرایط مزرعه و در مناطق مختلف دیم‌کاری با سایر ارقام مختلف گندم نان و دوروم دیم کشور نیز مورد آزمایش قرار گیرند.

نتایج این تحقیق نشان داد که بین پاسخ ارقام به تیمارهای پرایمینگ، تفاوت معنی‌داری وجود داشت. همچنین تیمارهای مختلف پرایمینگ اثرات متفاوت معنی‌داری روی یک رقم خاص نشان دادند. شرایط آزمایش (کاشت آزمایشگاهی یا گلخانه‌ای) و همچنین غلظت متفاوت تیمارهای پرایمینگ بر نتایج حاصل و واکنش ارقام اثرگذار بود. تیمارهای مناسب پرایمینگ در این تحقیق بر اساس مجموع صفات اندازه‌گیری شده، تیمارهای هورمونی جیبرلیک اسید و ۲۴- اپی براسینولید، تیمارهای غذایی اوره با غلظت‌های ۲ و ۴ گرم در لیتر، سولفات روی با غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۳ درصد و آسکوربیک اسید با ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، تیمار اسموپرایمینگ شامل

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در شرایط آزمایشگاهی تحت تأثیر تیمارهای مختلف پرایمینگ بذر

Table 2. Analysis of variance of studied traits under laboratory conditions as affected by different priming treatments

S.O.V	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		وزن تر	وزن تر	شاخص بنیه گیاه	میانگین سرعت	درصد
	df	ساقه‌چه	ریشه‌چه	چه	جوانه‌زنی	جوانه‌زنی
		Plumule fresh weight	Radicle fresh weight	Seedling vigour index	Mean germination rate	Germination percentage
Cultivar	2	3253.69**	80288.76**	294119.37**	34.43**	3478.70**
Priming	40	3034.65**	5963.37**	1171171.26**	20.98**	2243.41**
Cultivar × Priming	80	958.03**	2803.49**	411314.83**	8.00**	618.27**
Experimental Error	369	93.52	722.54	49323.06	0.37	14.18
C.V (%)	-	9.86	29.60	12.11	2.63	4.01
ضریب تغییرات (%)	-					

\* و \*\*، به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

\* and \*\*, significant at 5 and 1% probability levels, respectively

ادامه جدول ۲. تجزیه واریانس صفات موردمطالعه در شرایط آزمایشگاهی تحت تأثیر تیمارهای مختلف پرایمینگ بذر

Table 2. Continue. Analysis of variance of studied traits under laboratory conditions as affected by different priming treatments

S.O.V	درجه آزادی	میانگین مربعات Mean of squares			
		طول ریشه‌چه Radicle length	طول ساقه‌چه Plumule length	وزن خشک ریشه‌چه Radicle dry weight	وزن خشک ساقه‌چه Plumule dry weight
Cultivar رقم	2	52.89**	380.70**	105.48**	59.54**
Priming پرایمینگ	40	74.82**	68.54**	55.38**	17.88**
Cultivar× Priming رقم × پرایمینگ	80	29.68**	40.91**	18.63**	9.16**
Experimental Error خطای آزمایشی	369	6.97	0.73	1.92	1.97
C.V (%) ضریب تغییرات (%)	-	23.90	6.65	23.80	10.67

\* و \*\*، به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

\* and \*\*, significant at 5 and 1% probability levels, respectively

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات موردمطالعه در شرایط گلخانه‌ای و نشت الکترولیت‌های بذر در شرایط آزمایشگاهی تحت تأثیر تیمارهای مختلف پرایمینگ بذر

Table 3. Analysis of variance of studied traits under greenhouse conditions and seed electrolytes leakage under laboratory conditions as affected by different priming treatments

S.O.V	درجه آزادی	میانگین مربعات Mean of squares				
		EC <sub>1</sub>	EC <sub>2</sub>	EC <sub>3</sub>	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight
Cultivar رقم	2	20260.26**	32614.48**	136855.23**	17241.25**	190331.87**
Priming پرایمینگ	40	13680.73**	20576.62**	34282.63**	1036.04**	33988.04**
Cultivar× Priming رقم × پرایمینگ	80	911.66**	1314.66**	3203.89**	725.16**	20134.56*
Experimental Error خطای آزمایشی	246	20.89	36.22	73.60	226.30	5128.77
C.V (%) ضریب تغییرات (%)	-	8.24	11.37	10.46	7.89	8.15

\* و \*\*، به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

\* and \*\*, significant at 5 and 1% probability levels, respectively

EC<sub>1</sub> تا EC<sub>3</sub> به ترتیب زمان اندازه‌گیری نشت الکترولیت‌های بذر پس از گذشت ۶، ۱۰ و ۲۴ ساعت

EC<sub>1</sub>-EC<sub>3</sub>, the time of measuring seed electrolytes leakage after 6, 10 and 24 hours, respectively



جدول ۴. رتبه‌بندی تیمارهای مختلف پرایمینگ‌بذر و ارقام گندم با استفاده از میانگین تیمارها در شرایط آزمایشگاهی  
 Table 4. Ranking of the different seed priming treatments and wheat cultivars using the mean of treatments under laboratory conditions

اثر متقابل پرایمینگ بذر و ارقام Interaction of seed priming and cultivars	وزن خشک ساقه‌چه Plumule dry weight	وزن خشک ریشه‌چه Radicle dry weight	طول ساقه‌چه Plumule length	طول ریشه‌چه Radicle length	وزن تر ساقه‌چه Plumule fresh weight	وزن تر ریشه‌چه Radicle fresh weight	شاخص بنیه گیاه چه Seedling vigour index	میانگین سرعت جوانه‌زنی Mean germination rate	درصد جوانه‌زنی Germination percentage
V1P1	81	96	109	70	96	87	85	80	1
V1P2	70	111	108	52	86	73	96	79	1
V1P3	88	86	104	63	75	92	86	83	31
V1P4	68	33	70	61	71	79	44	16	1
V1P5	76	104	77	58	91	85	89	86	1
V1P6	49	41	57	25	44	66	49	33	70
V1P7	50	115	107	12	91	61	99	57	53
V1P8	40	107	103	9	68	52	71	105	31
V1P9	21	103	106	19	83	47	55	116	1
V1P10	95	105	92	73	91	77	105	110	31
V1P11	52	63	76	3	59	68	52	107	1
V1P12	63	88	81	47	99	83	72	100	1
V1P13	104	99	99	97	99	109	109	46	53
V1P14	35	80	78	31	64	75	50	82	1
V1P15	99	108	80	93	83	96	108	3	31
V1P16	59	90	84	41	79	72	74	89	31
V1P17	70	110	85	79	107	74	94	7	1
V1P18	91	108	83	74	96	93	101	12	1
V1P19	108	68	118	116	107	115	89	11	1
V1P20	102	105	115	115	113	117	107	23	1
V1P21	111	100	117	117	111	116	112	10	1
V1P22	84	71	96	87	99	101	75	77	31
V1P23	60	113	97	63	98	87	91	2	1
V1P24	84	49	89	59	72	77	67	4	31
V1P25	103	117	105	85	106	103	115	15	1
V1P26	95	78	100	96	104	103	88	56	53
V1P27	75	83	74	49	72	83	73	30	1
V1P28	70	91	93	38	99	90	79	35	1
V1P29	95	116	110	107	110	99	112	73	1
V1P30	60	72	95	48	88	79	61	94	1
V1P31	68	88	86	82	88	58	81	1	31
V1P32	109	98	102	103	88	106	111	5	53
V1P33	79	102	98	77	82	106	98	8	53
V1P34	60	68	91	83	68	94	68	47	53
V1P35	56	43	62	39	68	82	48	115	31
V1P36	89	72	100	98	86	76	83	32	53
V1P37	44	72	88	80	75	81	54	60	1
V1P38	47	112	94	66	91	64	80	25	1
V1P39	64	80	82	69	104	108	69	28	1
V1P40	93	62	79	60	72	101	76	52	31
V1P41	101	94	90	76	91	96	102	9	31
V2P1	33	51	64	88	53	51	42	67	53
V2P2	113	16	52	113	25	109	87	71	109
V2P3	44	12	21	32	15	35	29	88	105
V2P4	22	23	39	30	17	29	31	59	95
V2P5	27	35	63	40	34	35	51	63	112
V2P6	67	44	65	46	36	60	59	78	53
V2P7	37	41	22	18	19	33	37	87	53
V2P8	41	38	56	35	50	39	32	108	31
V2P9	13	31	37	22	36	28	12	101	70
V2P10	112	70	69	100	64	95	103	113	31
V2P11	50	20	9	32	15	29	27	111	31
V2P12	87	17	7	72	18	64	58	112	83
V2P13	107	66	17	89	59	90	104	104	95
V2P14	3	5	15	6	7	10	1	76	95
V2P15	58	12	11	43	8	16	38	90	105
V2P16	39	15	8	2	8	21	30	81	105
V2P17	100	9	4	101	4	114	25	85	31
V2P18	116	1	2	95	1	112	24	48	112
V2P19	53	4	1	42	28	69	19	97	114
V2P20	105	2	3	86	2	103	35	75	114
V2P21	118	54	111	118	119	118	117	27	83
V2P22	119	66	119	119	117	119	118	24	83

نشریه پژوهش‌های گندم

دوره اول. شماره اول (پیاپی ۱). پاییز و زمستان ۱۳۹۷

ادامه جدول ۴. رتبه‌بندی تیمارهای مختلف پرایمینگ‌بذر و ارقام گندم با استفاده از میانگین تیمارها در شرایط آزمایشگاهی

Table 4. Continued. Ranking of the different seed priming treatments and wheat cultivars using the mean of treatments under laboratory conditions

اثر متقابل پرایمینگ بذر و ارقام Interaction of seed priming and cultivars	وزن خشک ساقه‌چه Plumule dry weight	وزن خشک ریشه‌چه Radicle dry weight	طول ساقه‌چه Plumule length	طول ریشه‌چه Radicle length	وزن تر ساقه‌چه Plumule fresh weight	وزن تر ریشه‌چه Radicle fresh weight	شاخص بنیه گیاه چه Seedling vigour index	میانگین سرعت جوانه‌زنی Mean germination rate	درصد جوانه‌زنی Germination percentage
V2P23	82	25	20	102	34	56	53	13	31
V2P24	34	51	28	67	59	34	46	61	70
V2P25	28	39	12	71	32	46	43	20	95
V2P26	98	45	14	94	36	57	84	36	95
V2P27	114	97	72	104	116	109	116	54	95
V2P28	64	45	16	92	56	50	63	55	70
V2P29	120	120	120	120	122	122	120	123	121
V2P30	121	121	121	121	123	122	123	122	123
V2P31	36	54	30	53	103	45	33	72	1
V2P32	105	18	10	109	63	99	92	106	114
V2P33	83	75	34	65	79	63	114	92	118
V2P34	110	37	35	106	81	87	100	93	109
V2P35	92	6	6	78	5	59	23	17	83
V2P36	37	84	87	26	109	52	60	102	53
V2P37	43	3	5	81	3	54	13	6	117
V2P38	18	7	13	49	6	24	3	69	83
V2P39	29	14	31	21	11	32	20	39	95
V2P40	55	45	61	55	49	41	66	34	95
V2P41	6	10	42	15	10	8	2	37	95
V3P1	25	25	19	16	19	11	22	58	70
V3P2	7	27	24	5	12	3	9	99	70
V3P3	24	11	23	56	12	17	5	68	53
V3P4	13	84	49	14	53	25	40	50	53
V3P5	18	7	18	68	25	38	4	70	83
V3P6	44	24	37	45	36	55	26	98	31
V3P7	4	28	41	34	14	4	7	96	83
V3P8	16	75	47	57	36	7	36	40	70
V3P9	89	32	67	99	50	43	65	103	70
V3P10	2	28	33	10	41	19	6	109	70
V3P11	10	58	43	20	75	14	15	117	31
V3P12	25	19	50	17	28	12	16	95	53
V3P13	115	28	59	111	64	96	92	44	70
V3P14	56	57	29	54	28	42	64	64	70
V3P15	53	91	58	91	75	40	78	62	70
V3P16	30	20	44	37	22	23	14	14	1
V3P17	32	56	25	36	25	8	56	21	95
V3P18	42	59	32	29	44	27	47	65	31
V3P19	86	101	113	110	115	66	94	26	1
V3P20	76	117	114	108	114	69	110	38	53
V3P21	93	63	112	114	111	85	97	31	105
V3P22	5	39	35	23	33	2	10	18	83
V3P23	16	36	48	27	52	14	16	66	53
V3P24	74	82	75	105	53	48	77	42	31
V3P25	10	59	66	1	23	49	18	45	53
V3P26	30	20	53	51	31	22	28	74	83
V3P27	15	59	55	24	44	18	21	51	31
V3P28	117	119	116	112	118	113	119	120	119
V3P29	121	121	121	121	120	120	121	118	120
V3P30	121	121	121	121	120	120	122	121	122
V3P31	1	48	27	8	23	1	8	119	70
V3P32	12	114	68	4	83	13	57	84	1
V3P33	9	34	25	11	41	5	11	91	83
V3P34	8	94	45	13	19	6	45	41	83
V3P35	20	79	40	7	57	20	34	114	1
V3P36	78	77	71	90	59	69	70	19	1
V3P37	79	87	73	83	64	43	106	53	109
V3P38	64	93	54	75	44	35	82	43	31
V3P39	73	65	46	62	57	61	62	29	1
V3P40	22	51	60	28	41	29	41	49	83
V3P41	48	49	51	43	44	25	39	22	1

V1، V2 و V3 به ترتیب ارقام ریزا، سرداری و کریم و P1 تا P41، تیمارهای پرایمینگ‌بذر بر اساس راهنمای جدول ۶.

جدول ۵. رتبه‌بندی تیمارهای مختلف پرایمینگ بذر و ارقام گندم با استفاده از میانگین تیمارها در شرایط گلخانه و نشت الکترولیت‌های بذر در شرایط آزمایشگاهی

Table 5. Ranking of the different seed priming treatments and wheat cultivars using the average of treatments under greenhouse conditions and seed electrolyte leakage under laboratory conditions

اثر متقابل پرایمینگ بذر و ارقام Interaction of seed priming and cultivars	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight (mg)	وزن خشک ریشه Root dry weight (mg)	EC <sub>1</sub>	EC <sub>2</sub>	EC <sub>3</sub>
V1P1	91	63	16	16	19
V1P2	102	67	3	3	5
V1P3	107	83	7	6	9
V1P4	59	33	21	21	25
V1P5	57	40	18	19	21
V1P6	61	23	13	15	16
V1P7	69	72	83	85	99
V1P8	41	43	57	56	67
V1P9	27	36	48	46	59
V1P10	36	65	99	97	95
V1P11	25	82	118	115	114
V1P12	7	47	78	75	66
V1P13	6	32	74	66	64
V1P14	12	34	98	88	80
V1P15	44	58	102	102	91
V1P16	76	106	115	110	90
V1P17	22	47	91	92	86
V1P18	38	79	93	81	79
V1P19	65	61	47	48	55
V1P20	81	108	76	83	98
V1P21	97	65	65	64	67
V1P22	68	63	71	73	88
V1P23	33	59	73	72	72
V1P24	48	75	80	70	71
V1P25	9	28	86	84	73
V1P26	21	50	68	65	65
V1P27	3	24	104	108	113
V1P28	13	57	101	109	110
V1P29	1	4	97	95	108
V1P30	5	18	114	114	115
V1P31	2	7	53	50	58
V1P32	20	24	75	80	85
V1P33	23	44	60	57	63
V1P34	53	31	90	94	92
V1P35	85	39	14	13	13
V1P36	66	52	87	92	96
V1P37	67	47	103	105	107
V1P38	63	27	107	111	117
V1P39	53	22	88	88	81
V1P40	90	69	92	96	100
V1P41	94	41	82	78	74
V2P1	104	52	8	9	8
V2P2	78	52	4	4	3
V2P3	110	70	1	2	2
V2P4	74	36	2	1	1
V2P5	40	34	10	7	6
V2P6	45	13	5	5	4
V2P7	49	20	36	38	44
V2P8	32	15	35	32	39
V2P9	35	12	23	23	31
V2P10	27	3	67	59	49
V2P11	15	10	56	55	38
V2P12	37	30	50	39	34
V2P13	4	5	32	37	30
V2P14	42	20	44	40	33
V2P15	94	86	55	52	42
V2P16	111	111	59	60	52
V2P17	118	119	49	43	40
V2P18	116	78	46	45	51
V2P19	115	87	45	63	82
V2P20	114	115	26	28	26
V2P21	119	117	22	22	23
V2P22	75	19	42	49	49
V2P23	92	41	37	35	41
V2P24	46	8	30	33	37

نشریه پژوهش‌های گندم

دوره اول. شماره اول (بیاپی ۱). پاییز و زمستان ۱۳۹۷

ادامه جدول ۵. رتبه‌بندی تیمارهای مختلف پرایمینگ بذر و ارقام گندم با استفاده از میانگین تیمارها در شرایط گلخانه و نشت الکترولیت‌های بذر در شرایط آزمایشگاهی

Table 5. Continued. Ranking of the different seed priming treatments and wheat cultivars using the average of treatments under greenhouse conditions and seed electrolyte leakage under laboratory conditions

اثر متقابل پرایمینگ بذر و ارقام Interaction of seed priming and cultivars	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight (mg)	وزن خشک ریشه Root dry weight (mg)	EC <sub>1</sub>	EC <sub>2</sub>	EC <sub>3</sub>
V2P25	59	13	25	25	29
V2P26	18	6	27	29	27
V2P27	101	8	43	42	47
V2P28	113	45	63	61	48
V2P29	120	120	31	30	18
V2P30	120	120	28	24	12
V2P31	33	1	38	40	45
V2P32	80	15	61	62	57
V2P33	31	17	54	51	56
V2P34	29	2	29	31	32
V2P35	18	11	19	17	14
V2P36	72	38	33	44	46
V2P37	76	26	40	47	43
V2P38	73	29	51	53	54
V2P39	100	80	66	58	62
V2P40	108	75	100	104	109
V2P41	117	116	77	79	75
V3P1	93	114	15	14	17
V3P2	30	98	11	12	15
V3P3	50	94	12	10	11
V3P4	99	106	20	20	24
V3P5	52	105	9	11	10
V3P6	24	88	6	8	7
V3P7	8	46	58	68	77
V3P8	11	50	112	117	120
V3P9	43	74	64	76	103
V3P10	39	55	108	91	102
V3P11	10	72	110	106	78
V3P12	14	59	117	113	112
V3P13	16	67	69	71	61
V3P14	17	62	79	66	60
V3P15	51	64	106	98	70
V3P16	79	56	96	103	93
V3P17	58	88	120	120	118
V3P18	71	93	121	121	119
V3P19	89	91	88	90	83
V3P20	70	98	108	107	105
V3P21	103	113	116	116	84
V3P22	112	118	113	112	116
V3P23	55	102	84	77	87
V3P24	82	112	119	119	121
V3P25	82	103	81	86	94
V3P26	56	103	105	100	106
V3P27	64	91	62	69	76
V3P28	88	97	123	122	122
V3P29	120	120	95	82	53
V3P30	120	120	41	34	20
V3P31	98	101	111	118	111
V3P32	25	75	122	123	123
V3P33	96	90	94	101	97
V3P34	85	84	52	54	69
V3P35	62	70	17	18	22
V3P36	47	81	85	99	101
V3P37	84	94	70	74	89
V3P38	85	94	72	87	104
V3P39	105	98	34	27	36
V3P40	106	108	39	36	35
V3P41	109	110	24	26	28

EC<sub>1</sub> تا EC<sub>3</sub> به ترتیب زمان اندازه‌گیری نشت الکترولیت‌های بذر پس از گذشت ۶، ۱۰ و ۲۴ ساعت از شروع آزمایش

جدول ۶- راهنمای تیمارهای پرایمینگ بذر

Table 6. Guidance of seed priming treatment

کد تیمار پرایمینگ بذر Code of seed priming treatment	تیمارهای پرایمینگ بذر Seed priming treatments
P1	CaCl <sub>2</sub> - ۵۰ میلی مولار
P2	CaCl <sub>2</sub> - ۷۵ میلی مولار
P3	CaCl <sub>2</sub> - ۱۰۰ میلی مولار
P4	KCl - ۵۰ میلی مولار
P5	KCl - ۷۵ میلی مولار
P6	KCl - ۱۰۰ میلی مولار
P7	ZnSO <sub>4</sub> - ۰/۱ درصد
P8	ZnSO <sub>4</sub> - ۰/۳ درصد
P9	ZnSO <sub>4</sub> - ۰/۵ درصد
P10	PEG - ۵ درصد
P11	PEG - ۷/۵ درصد
P12	PEG - ۱۰ درصد
P13	اوره - ۲ گرم در لیتر
P14	اوره - ۴ گرم در لیتر
P15	اوره - ۶ گرم در لیتر
P16	GA - ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر
P17	GA - ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر
P18	GA - ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر
P19	CYT=KIN - ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر
P20	CYT=KIN - ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر
P21	CYT=KIN - ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر
P22	IBA - ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر
P23	IBA - ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر
P24	IBA - ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر
P25	BR - ۰/۵ میلی گرم بر لیتر
P26	BR - ۱ میلی گرم بر لیتر
P27	BR - ۱/۵ میلی گرم بر لیتر
P28	SA - ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر
P29	SA - ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر
P30	SA - ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر
P31	ASA - ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر
P32	ASA - ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر
P33	ASA - ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر
P34	هیدروپرایمینگ (آب مقطر)
P35	شاهد بدون پرایم
P36	توفوردی - ۱۰ میکرومولار
P37	توفوردی - ۵۰ میکرومولار
P38	توفوردی - ۱۰۰ میکرومولار
P39	مایواینوزیتول - ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر
P40	مایواینوزیتول - ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر
P41	مایواینوزیتول - ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر

## References

- Abdoli, M., Saeidi, M., Azhand, M., Jalali-Honarmand, S., Esfandiari, E. and Shekari, F. 2013. The effects of different levels of salinity and Indole-3-Acetic Acid (IAA) on early growth and germination of wheat seedling. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 9: 329-338.
- Abdul-Baki, A.A. and Anderson, J.D. 1973. Vigor determination in soybean by multiple criteria. *Journal of Crop Science*, 13: 630-633.
- Afzal, I., Basra, S.M.A. and Ahmad, N. 2011. Hormonal priming induces salt tolerance in wheat through enhanced antioxidant defense system. *Cereal Research Communications*, 39: 334-342.
- Ahmad, I., Khaliq, T., Ahmad, A., Basra, S.M.A., Hasnain, Z. and Ali, A. 2012. Effect of seed priming with ascorbic acid, salicylic acid and hydrogen peroxide on emergence, vigor and antioxidant activities of maize. *Academia Journal of Biotechnology*, 11: 1127-1132.
- Akbari, G., Sanavy, S.A. and Yousefzadeh, S. 2007. Effect of auxin and salt stress (NaCl) on seed germination of wheat cultivar (*Triticum aestivum* L.). *Pakistan Journal of Biology and Science*, 10: 2557-2561.
- Akbarimoghaddam, H., Galavi, H.M., Ghanbari, A. and Panjehkeh, N. 2011. Salinity effects on seed germination and seedling growth of bread wheat cultivars. *Trakia Journal of Sciences*, 9: 43-50.
- Angrish, R., Kumar, B. and Datta, K.S. 2001. Effect of gibberellic acid and kinetin on nitrogen content and nitrate reductase activity in wheat under saline conditions. *Indian Journal of Plant Physiology*, 6: 172-177.
- Ansari, O. and Sharif-Zadeh, F. 2012. Does Gibberellic acid (GA), Salicylic acid (SA) and Ascorbic acid (ASc) improve Mountain Rye (*Secale montanum* L.) seeds germination and seedlings growth under cold stress? *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 3: 1651-1657.
- Basra, S.M.A., Zia, M.N., Mahmood, T., Afzal, I. and Khaliq, A. 2002. Comparison of different invigoration techniques in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pakistan Journal Arid in Agriculture*, 5: 325-9.
- Bismillah Khan, M., Madhia Aman, G., Mubshar, H., Shoaib, F. and Khalid, M. 2011. Wheat seed enhancement by vitamin and hormonal priming. *Pakistan Journal of Botany*, 43: 1495-1499.
- Chalamacharla, R.B., Harsha, K., Sheik K.B. and Viswanatha, C.K. 2018. Wheat Bran-Composition and Nutritional Quality: A Review. *Advances in Biotechnology and Microbiology*, 9(1): 1-7.
- Capron, I., Corbineua, F., Dacher, F., Job, C., Come, D. and Job, D. 2000. Sugar beet seed priming: Effects of priming conditions on germination, solubilization of 11-s globulin and accumulation of LEA proteins. *Seed Science Research*, 10: 243-254.
- Caseiro, R., Bennett, M.A. and Marcos-Filho, J. 2004. Comparison of three priming techniques for onion seed lots differing in initial seed quality. *Seed Science and Technology*, 32: 365-375.
- Chiu, K.Y., Chen, C.L. and Sung, J.M. 2002. Effect of priming temperature on storability of primed sh-2 sweet corn seed. *Crop Science*, 42: 1996-2003.
- Chivasa, W., Harris, D., Chiduzza, C. and Nymudeza, P. 1998. Agronomic practices, major crops and farmer's perceptions of the importance of good stand establishment in musikavanhu. *Journal of Applied Science*, 4: 109-125.
- Demir, I. and Van De Venter, H.A. 1999. The effect of priming treatments on the performance of watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) seeds under temperature and osmotic stress. *Seed Science and Technology*, 27: 871-875.
- Derek Bewley, J., Kent, J.B., Henk, W.M.H. and Hiro, N. 2013. *Seeds Physiology of Development, Germination and Dormancy*, 3<sup>rd</sup> Edition. Springer New York, Heidelberg Dordrecht London, 381p.
- Egamberdieva, D. 2009. Alleviation of salt stress by plant growth regulators and IAA producing bacteria in wheat. *Acta Physiologia Plantarum*, 31: 861-864.
- Egli, D.B. and Tekrony, D.M. 1995. Soybean seed germination, vigour and field emergence. *Seed Science and Technology*, 23: 595-607.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2019. World Food Situation: (<http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/>).
- Gul, B., Khan, M.A. and Weber, D.J. 2000. Alleviation salinity and dark enforced dormancy in *Allenrolfea occidentalis* seeds under various thermo periods. *Australian Journal of Botany*, 48: 745-752.
- Harris, D., Joshi, A., Khan, P.A., Gothakar, P. and Sodhi, P.S. 1999. On-farm seed priming in semi-arid agriculture: Development and evaluation in corn, rice and chickpea in India using participatory method. *Experimental Agriculture*, 35: 15-29.
- Hussain, S., Zheng, M., Khan, F., Khaliq, A., Fahad, S., Peng, S., Huang, J., Cui, K. and Nie, L. 2015. Benefits of rice grain priming are offset permanently by prolonged storage and the storage conditions. *Scientific reports*, 5: 8101. doi: 10.1038/srep08101.
- <http://www.ispa.ir>
- International Seed Testing Association (ISTA). 2009. International rules for seed testing. *Seed Science and Technology*, 24: 155-202.

- International Seed Testing Association (ISTA). 2003. ISTA Handbook on Seedling Evaluation, 3<sup>rd</sup>ed.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1999. International rules for seed testing. Seed Science and Technology, 27, Supplement.
- Iqbal, M., Ashraf, M. and Jamil, A. 2006. Seed enhancement with cytokinins: changes in growth and grain yield in salt stressed wheat plants. Plant Growth Regulation, 50: 29-39.
- Kata, L.P., Bhaskaran, M. and Umarani, R. 2014. Influence of priming treatments on stress tolerance during seed germination of rice. International Journal Agricultural Environment Biotechnology, 7: 225-32.
- Loewus, F. and Murthy, P. 2000. Myo-inositol metabolism in plants. Plant Science. Elsevier Science. 150:1-19.
- Marcos-Filho, J. 2015. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. Science of Agriculture, 72(4): 363-374.
- Madsen, M.D., Svejcar, L., Radke, J. and Hulet, A. 2018. Inducing rapid grain germination of native cool season grasses with solid matrix priming and grain extrusion technology. PLoS ONE, 13(10): 1-14.
- Mirshekari, B. 2014. Effect of hormonal and physical primings on improvement of seed germination and seedling vigor of wheat (*Triticum aestivum* L.). Seed Science and Technology, 1: 22-33.
- Moreno, C., Seal, C.E. and Papenbrock, J. 2018. Grain priming improves germination in saline conditions for *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus caudatus*. Journal of Agronomy and Crop Science, 204: 40-48.
- Nazari, S., Aboutalebian, M.A. and Golzardi, F. 2017. Grain priming improves grainling emergence time, root characteristics and yield of canola in the conditions of late sowing. Agronomy Research, 15(2): 501-514.
- Patade, V.Y., Maya, K. and Zakwan, A. 2011. Seed priming mediated germination improvement and tolerance to subsequent exposure to cold and salt stress in capsicum. Research Journal of Seed Science, 4: 125-136.
- Ozdemir, F., Bor, M., Demiral, T. and Turkan, I. 2004. Effects of 24-epibrassinolide on seed germination, seedling growth, lipid peroxidation, proline content and antioxidative system of rice (*Oryza sativa* L.) under salinity stress. Plant Growth Regulation, 42: 203-211.
- Shaddad, M.A.K., Abd El-Samad, H.M. and Mostafa, D. 2012. Role of gibberellic acid (GA3) in improving salt stress tolerance of two wheat cultivars. International Journal of Plant Physiology and Biochemistry, 5(4): 50-57.
- Sharma, P. and Bhardwaj, R. 2007. Effect of 24-epibrassinolide on seed germination, seedling growth and heavy metal uptake in *Brassica juncea* L. General and Applied Plant Physiology, 33: 59-73.
- Soon, K.J., Whan, C.Y., Gu, S.B., Kil, A.C. and Lai, C.J. 2000. Effect of hydropriming to enhance the germination of gourd seed. Journal of the American Society for Horticultural Science, 41: 559-564.
- Stasolla, C. and Yeung, E.C. 2001. Ascorbic acid metabolism during white spruce somatic embryo maturation and germination. Physiologia Plantarum, 111: 196-205.
- Sung, F.J.M. and Chang, Y. 1993. Biochemical activities associated with priming of sweet corn seeds to improve vigor. Seed Science and Technology, 21: 97-105.
- Souza, M.O.D., Pelacani, C.R., Willems, L.A.J., Castro, R.D., Hilhorst, H.W.M. and Ligterink, W. 2016. Effect of osmopriming on germination and initial growth of *Physalis angulata* L. under salt stress and on expression of associated genes. Anais da Academia Brasileira de Ciências (2016), 88(1): 503-516.
- Sytar, O., Kumari, P., Yadav, S. and Brestic, M. 2018. Phytohormone Priming: Regulator for Heavy Metal Stress in Plants. Journal of Plant Growth Regulation, <https://doi.org/10.1007/s00344-018-9886-8>.
- Toselli, M.E. and Casenava, E.C. 2002. The hydrotime model analysis of cottonseed germination as tool in priming. Seed Science and Technology, 30: 549-557.
- Wang, J., Saxena, R., Kranthi, S., Orsat, V., Raghavan, V. 2018. Effect of Climate Change on the Yield of Cereal Crops: A Review. Climate, 6(2): 41; doi:10.3390/cli6020041
- Wang, B.K. and Zeng, G.W. 1993. Effect of epibrassinolide on the resistance of rice seedlings to chilling injury. Acta Phytophysiologica Sinica, 19: 38-42.
- Woldesenbet, M. and Haileyesus, A. 2016. Effect of nitrogen fertilizer on growth, yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) in Decha district, Southwestern Ethiopia. International Journal of Research Granthaalayah, 4 (2): 95-100.

## Effect of seed priming on some morphophysiological characteristics of three wheat cultivars under laboratory and greenhouse conditions

kianosh safari<sup>1</sup>, yousef sohrabi<sup>2</sup>, Adel Siosemardeh<sup>2</sup> & shahryar sasani<sup>3</sup>

1. Agricultural Research Expert, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran.

2. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

3. Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran

Contact: [y.sohrabi@uok.ac.ir](mailto:y.sohrabi@uok.ac.ir)

Received: 2019/03/06

Accepted: 2019/02/16

### Abstract

To investigate effect of seed priming treatments on some morphophysiological characteristics of three bread wheat cultivars including “Rijaw”, “Sardari” and “Karim”, an experiment was carried out as factorial, based on completely randomized designs with three replications at Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center on 2016. In this study, 40 treatments of priming and a control (without any priming) were evaluated. The results of variance analysis showed that cultivar and priming interaction on the measured traits were significant at 1% probability level in laboratory culture. In terms of greenhouse culture, the interaction between cultivars and priming on root dry weight was significant at 1% probability level, but for dry weight of shoot parts, it was significant at 5% probability level. Based on ranking of means, the highest level of germination percentage was obtained in Sardari cultivar with 100 mg/L ascorbic acid treatments. The highest dry weight of the shoot was related to Rijjaw cultivar, with salicylic acid 150 mg/L, ascorbic acid 100 mg/L, and 5.1 mg/L 24-epibrassinolide respectively. In laboratory conditions, the highest root length was related to Karim cultivar, which was obtained in priming treatment 0.5 mg/L 24-epibrassinolide. Suitable priming treatments in this study were, hormonal treatments of gibberellic acid and 24-epibrassinolide, urea treatments with concentrations of 2 and 4 g per liter, zinc sulfate at concentrations of 0.1% and 0.3%, and Ascorbic acid with 100 mg/l, osmopriming treatment including polyethylene glycol 4000 with -2.3 and -2.9 bar, 100 mM potassium chloride and hydroperimizing with distilled water was determined. Regarding the development of roots of Sardari variety by hormonal treatments, especially gibberellic acid, this treatment will be more suitable for dryland conditions.

**Key words:** Polyethylene glycol, Gibberellic acid, Seedling vigour index, Germination rate, Hydropriming