



## ارزیابی اثر اسموپرایمینگ بذر و سطوح آبیاری بر رشد، عملکرد و اجزاء عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.)

حسین حمای<sup>۱\*</sup>، فرهاد آذرمی آتاجان<sup>۲</sup>، مصطفی یعقوب زاده<sup>۳</sup>

۱. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

۲. استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

۳. استادیار گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۲/۰۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۳/۱۲

### چکیده

از آنجاکه کمبود آب طی دوره رشد گیاه یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده عملکرد گیاهان زراعی است، استفاده از روشی آسان و ارزان برای کاهش اثر کمبود آب ضروری است. این مطالعه با هدف بررسی اثر اسموپرایمینگ بذر بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد گندم رقم آنفارم ۴ تحت شرایط مزرعه انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح مختلف آبیاری (شامل ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) و چهار سطح پیش‌تیمار بذر (شامل صفر (شاهد)، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ مگا پاسکال ایجاد شده به وسیله پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰) بود. نتایج آزمایش نشان داد که سطوح آبیاری بر صفات اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع گیاه، تعداد پنجه، تعداد سنبله، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه اثر معنی‌داری داشت ( $P < 0.01$ ) در حالی که سطوح آبیاری بر شاخص برداشت اثر معنی‌داری نداشت. پیش‌تیمار اسمزی بذر بر ارتفاع گیاه و طول سنبله ( $P < 0.01$ )، تعداد پنجه، تعداد دانه در سنبله، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه ( $P < 0.05$ ) اثر معنی‌داری داشت. اثرات متقابل نیز به‌جز شاخص برداشت اثر معنی‌داری بر سایر صفات را نشان داد. نتایج آزمایش نشان داد که پیش‌تیمارهای اسمزی ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ مگا پاسکال به ترتیب منجر به ۲/۱۳، ۲/۶۲ و ۲/۵۱ برابر شدن عملکرد دانه در شرایط تنش ۵۰ درصد نیاز آبی نسبت به عدم پیش‌تیمار بذر با تنش ۵۰ درصد نیاز آبی شد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که پیش‌تیمار اسمزی بذر با پلی‌اتیلن گلیکول که منجر به ایجاد فشار ۰/۶ مگا پاسکال شد در شرایط تنش ۵۰ درصد نیاز آبی، بیشترین کارایی را در جبران خسارت ناشی از کمبود آب را نشان داد. این در حالی بود که در شرایط تنش ۷۵ درصد نیاز آبی، اثر پیش‌تیمارها معنی‌دار و مثبت نبود حتی در تیمار ۰/۹ مگا پاسکال اثر منفی و معنی‌دار بود؛ بنابراین کاربرد پیش‌تیمارهای اسمزی تا حدودی باعث جبران خسارت ناشی از کمبود رطوبت بر عملکرد دانه در شرایط تنش ۵۰ درصد نیاز آبی شد. این در حالی است که در شرایط بدون تنش پیش‌تیمارهای اسمزی تأثیر مثبتی بر عملکرد دانه نداشتند.

واژه‌های کلیدی: سنبله، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، وزن هزار دانه

### مقدمه

در حال توسعه است. در ایران نیز سطح زیر کشت گندم در سال ۲۰۱۷ حدود ۶۷۰۰۰۰۰ هکتار و ۱۴۰۰۰۰۰۰ تن عملکرد دانه (میانگین ۲۰۸۹ کیلوگرم در هکتار) اهمیت بسیار زیادی در بین محصولات کشاورزی دارد (FAO 2017). با توجه به اینکه اغلب مزارع گندم در نواحی خشک

گندم (*Triticum aestivum* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی دنیا است که با ۲۱۸۵۴۳۰۷۱ هکتار سطح زیر کشت و ۷۷۱۷۱۸۵۷۹ تن (میانگین ۳۵۳۱ کیلوگرم در هکتار) تولید دانه در سال ۲۰۱۷ دارای اهمیت بسیار زیادی در تأمین مواد غذایی در دنیا به‌ویژه در کشورهای

پیش‌تیمار اسمزی بذر گیاهان رشد یافته تحت تنش رطوبتی با بهبود دامنه وسیعی از فعالیت‌های متابولیکی و فیزیولوژیکی (افزایش فعالیت آنزیم‌های محافظت‌کننده گیاهان در برابر تنش‌های محیطی نظیر سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز، کاتالاز و همچنین افزایش ترکیبات محافظت‌کننده اسمزی نظیر پرولین، قندها و پروتئین‌های محلول) منجر به بهبود عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه می‌شود (Shehab et al., 2010; Farhad et al., 2011). نتایج یک بررسی نشان داد که پیش‌تیمار اسمزی بذر برنج با کلرید کلسیم ( $\text{CaCl}_2$ ) و عصاره گیاه مورنینگا (*Moringa oleifera*) سبب بهبود عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه برنج رشد یافته تحت شرایط کمبود آب و همچنین دوره‌های مختلف تنش خشکی شد (Rehman et al., 2015). نتایج بررسی اثر پیش‌تیمار اسمزی بذر گندم تحت شرایط کنترل‌شده که تحت تیمارهای مختلف خشکی قرار گرفته نشان داد که در صورتی که فقط تیمار خشکی در مرحله پنجاهمی اعمال شود، کاهش ماده خشک اندام هوایی از ۲۳ درصد (بدون پیش‌تیمار) به ۱۳ درصد (پیش‌تیمار شده با پلی‌اتیلن گلاکول) را موجب می‌شود. همچنین کاهش عملکرد دانه از ۲۲ درصد (بدون پیش‌تیمار) به ۱۳ درصد (پیش‌تیمار شده با پلی‌اتیلن گلاکول) افت کرد (Abid et al., 2018)؛ بنابراین به نظر می‌رسد کاربرد پیش‌تیمارهای اسمزی می‌تواند به‌عنوان راهکاری برای جلوگیری از کاهش عملکرد گیاهان زراعی مختلف تحت شرایط تنش خشکی استفاده کرد. از این‌رو با توجه به اهمیت گندم و همچنین نقش تنش رطوبتی در کاهش عملکرد گندم این مطالعه با هدف بررسی اثر بهبود دهندگی پیش‌تیمارهای اسمزی بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم رقم آنفارم ۴ تحت شرایط تنش رطوبتی در مزرعه انجام شد.

### مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۷ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا انجام شد. به‌منظور تعیین ویژگی‌های خاک مزرعه، قبل از کاشت گندم نمونه‌برداری انجام‌شده و خصوصیات خاک تعیین شد (جدول ۱). خصوصیات آب مورداستفاده برای آبیاری در جدول ۲ نشان داده شده است.

و نیمه‌خشک قرار گرفته است بنابراین مواجهه با شرایط کمبود رطوبت در طول دوره رشد این گیاه اجتناب‌ناپذیر است (Farooq et al., 2013; Zhang et al., 2016). در چنین شرایطی معمولاً در دوره‌های انتهایی رشد گندم و به‌ویژه در دوره‌های آشنایی و پر شدن دانه کمبود رطوبت محدودکننده تولید عملکرد مطلوب و بهینه می‌گردد.

در میان تمامی تنش‌های محیطی (گرما، سرما، شوری، خشکی و غرقابی)، کمبود رطوبت مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش محیطی است که باعث کاهش تولید محصولات کشاورزی از جمله گندم می‌گردد (Ashraf et al., 2011; Srivastava et al., 2016). تنش رطوبتی باعث کاهش جوانه‌زنی بذر، اختلال در استقرار گیاهچه، کاهش طول دوره رشد رویشی، کاهش ارتفاع بوته، کاهش تعداد و سطح برگ و همچنین عدم گلدی به‌موقع گیاه و در نهایت تولید محصول را به‌وسیله تغییر فرایندهای فیزیولوژیکی مانند تأخیر و کاهش در فعالیت آنزیم‌های مؤثر در جوانه‌زنی بذر مانند آلفا آمیلاز، تغییر وضعیت آبی گیاه، اختلال در جذب دی‌اکسید کربن با بسته شدن روزنه‌ها، القای تنش‌های اکسیداتیو در درون سلول‌ها، کاهش پایداری غشای سلولی و همچنین اختلال در فعالیت‌های آنزیم‌های مهم گیاه محدود می‌کند (David et al., 2017; Farooq et al., 2013).

پرایمینگ یا پیش‌تیمار بذر یکی از مهم‌ترین، ساده‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش‌ها برای بهبود شرایط رشدی گیاهانی که تحت تأثیر تنش رطوبتی رشد می‌کنند است. انواع مختلفی از روش‌های پیش‌تیمار برای افزایش تحمل به خشکی در گیاهان مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. به‌عنوان مثال نتایج مطالعه انجام‌شده بر روی گندم نشان داد که پیش‌تیمار بذر به‌وسیله اسید آسکوربیک و نمک‌های مختلف پتاسیم می‌تواند باعث بهبود مقاومت در گندم در برابر تنش کمبود رطوبت گردد (Farooq et al., 2013). پیش‌تیمار بذر با آب (هیدرو پرایمینگ) باعث بهبود جوانه‌زنی بذر و همچنین استقرار گیاهچه عدس (Saglam et al., 2010) و آفتابگردان (Kaya et al., 2006) در شرایط تنش رطوبتی شود. پیش‌تیمار بذر با نیترات پتاسیم منجر به افزایش جوانه‌زنی و بهبود رشد گیاهچه آفتابگردان تحت شرایط تنش‌های رطوبتی و شوری شد (Kaya et al., 2006). استفاده از پلی‌اتیلن گلاکول به‌عنوان پیش‌تیمار بذر جو منجر به افزایش جوانه‌زنی و استقرار گیاه گردید (Amini, 2013; Tabatabaei, 2013).

میشل و کافمن (Michel and Kaufmann, 1973) و به کمک معادله ۱ محاسبه گردید:

$$\Psi = - ((1.18 \times 10^{-2}) \times C) - ((1.18 \times 10^{-4}) \times C2) + ((2.64 \times 10^{-4}) \times CT) + ((8.39 \times 10^{-7}) \times C2T) \quad [1]$$

در این معادله  $\Psi$  پتانسیل اسمزی برحسب بار یا ۰/۱ مگاپاسکال، C مقدار پلی اتیلن گلیکول برحسب گرم بر کیلوگرم آب و T دما برحسب درجه سانتی گراد است.

این مطالعه به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار بر روی گیاه گندم رقم آنفام ۴ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سطوح مختلف آبیاری (شامل ۱۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه (Shahidi, 2008) و چهار سطح پرایمینگ بذر (شامل ۰ (شاهد)، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ - مگا پاسکال ایجاد شده به وسیله پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰) بود. پتانسیل‌های اسمزی مورد نیاز با روش

#### جدول ۱. خصوصیات خاک مزرعه آزمایشی

Table 1. Soil characteristics of experimental farm

عمق خاک (سانتی‌متر) Depth (cm)	پتاسیم		کربن آلی (%) Organic carbon (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m <sup>-1</sup> )	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب) Bulk density (g.cm <sup>-3</sup> )	درصد ذرات Particle percentage			
	قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Absorbable potassium (mg.kg <sup>-1</sup> )	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Absorbable phosphorus (mg.kg <sup>-1</sup> )					رس (درصد) Clay (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	شن (درصد) Sand (%)	
15	24.63	11.07	0.51	7.7	6.64	1.42	Loam	42.2	45.5	13.3

#### جدول ۲. خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده

Table 2. Water chemical characteristics used in the experiment

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m <sup>-1</sup> )	اسیدیته pH	نسبت جذب سدیم SAR	کاتیون‌ها Cations (meq/lit)			آنیون‌ها Anions (meq/lit)				
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
1.4	8	7.5	3.5	2.7	13.3	0.08	8.8	4.9	0	6.4

بقیه کود از ته در سه نوبت و به میزان مساوی در مراحل پنجه‌دهی، ساقه‌رفتن و خوشه‌دهی در سطح داخل کرت‌ها به صورت سرک مصرف شد. ابعاد کرت‌ها ۲×۲ (متر در متر)، فاصله‌ی بین کرت‌ها ۱ متر و فاصله‌ی بین بلوک‌ها ۳ متر در نظر گرفته شد. به منظور جلوگیری از انتقال آب به کرت‌های مجاور (فاصله بلوک‌ها ۳ متر و فاصله کرت‌ها ۲ متر در نظر گرفته شد) بخشی از خاک داخل هر کرت به بخش‌های کناری منتقل شده و به این طریق محل کاشت حدود ۱۵ سانتی‌متر با لبه‌های کرت‌ها اختلاف عمق داشت. روش کاشت به صورت دستی و در داخل کرت انجام شد. در هر کرت ۱۰ ردیف کاشت با فاصله ۲۰ سانتی‌متر و طول ۲ متر طوری کاشته شد که تراکم ۴۰۰ بوته گندم در مترمربع حاصل گردد (بر اساس وزن هزار دانه). در طول فصل رشد نیز به موازات اعمال تیمارهای آبیاری به منظور کنترل سن گندم و شته از

اولین آبیاری پس از کاشت بذرها، به منظور جوانه‌زنی و سبز شدن یکنواخت در تاریخ ۲۸ آذرماه ۱۳۹۶ به میزان یکسان برای کرت‌های آزمایشی صورت گرفت. در طی دوره رشد گندم، تعداد نوبت‌های آبیاری برای تمامی تیمارها ۷ نوبت بود که میزان آب ورودی به هر کرت توسط یک کنتور حجمی دقیق اندازه‌گیری و بر اساس نیاز آبی گیاه در هر مرحله به داخل کرت‌ها هدایت می‌شد.

بر اساس آزمون خاک و با توجه به توصیه کودی مهاجر میلانی و همکاران (Mohajer milani et al., 2000)، مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل و ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم مصرف شد. کودهای فسفره و پتاسیمی و یک‌چهارم کود از ته، بلافاصله قبل از کشت در سطح کرت‌های آزمایشی به‌طور یکنواخت توزیع و با بیل به زیر خاک برده شد.

حشره‌کش دلتامترین و برای مبارزه با علف‌های هرز یک مرحله وجین دستی و یک مرحله کنترل شیمیایی با علف‌کش تو فور دی استفاده شد.

قبل از برداشت گیاهان، اندازه‌گیری ارتفاع بوته‌ها از ۱۰ بوته با رعایت اثر حاشیه هر کرت انجام شد. برداشت در مرحله رسیدگی کامل (زرد شدن کامل بوته‌ها) به‌وسیله کادر مربعی ۱×۱ از مرکز هر کرت به روش دستی و با برش از سطح خاک انجام شد. سپس صفاتی مانند سطح برگ، وزن خشک تک بوته، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و دانه اندازه‌گیری شده و شاخص برداشت محاسبه شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه‌های میانگین با استفاده از آزمون LSD محافظت‌شده در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

## نتایج و بحث

### ارتفاع گیاه

نتایج این مطالعه نشان‌دهنده تأثیر سطوح مختلف آب آبیاری در سطح یک درصد بر ارتفاع گیاه بود (جدول ۳). کاهش سطوح آبیاری از ۱۰۰ درصد نیاز آبی به ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی منجر به کاهش معنی‌دار ارتفاع به ترتیب به میزان ۱۸/۵ و ۴۵/۸ درصد شد (جدول ۴). کاهش معنی‌دار ارتفاع ارقام مختلف گندم در نتیجه کاهش سطوح آبیاری در سایر مطالعات نیز مشاهده شده است (Eidizadeh et al., 2016). کاهش جذب آب توسط گیاهچه‌ها در نتیجه کاهش رطوبت در دسترس گیاه می‌تواند به شدت بر رشد و تقسیم سلولی در اندام‌های مختلف گیاه اثر منفی گذاشته و از رشد و در نتیجه ارتفاع گیاه بکاهد (Farooq et al., 2009). پیش‌تیمار بذری نیز اثر معنی‌دار بر ارتفاع گندم را نشان داد به طوری که بیشترین میزان ارتفاع گندم در هر سه سطح آبیاری در پیش‌تیمار بذری (۰/۶- مگا پاسکال) در مقایسه با عدم پیش‌تیمار مشاهده شد این در حالی بود که عدم پیش‌تیمار کمترین ارتفاع گیاه را نشان داد (جدول ۴). این نتایج نشان‌دهنده افزایش ارتفاع گیاه در شرایط استفاده از پیش‌تیمار با و بدون در نظر گرفتن سطوح آبیاری است (P<۰/۰۱). بهبود رشد و تقسیم سلولی، افزایش فعالیت آنزیم‌های مؤثر در جوانه‌زنی بذری، افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی، سریع‌تر سبز شدن گیاهچه‌ها، رشد سریع‌تر گیاهچه‌ها، تعادل هورمونی گیاه و رقابت برای نور دلایلی هستند که منجر به افزایش ارتفاع گیاهان دارای پیش‌تیمار

اسمزی که تحت شرایط تنش خشکی رشد یافته‌اند می‌باشند (Farooq et al., 2009; Rehman et al., 2015).

افزایش ارتفاع گندم در صورت استفاده از پیش‌تیمارهای بذری گندم با آب، کلرید کبالت (CoCl<sub>2</sub>)، نیترات پتاسیم (KNO<sub>3</sub>)، کلرید کلسیم (CaCl<sub>2</sub>) در مقایسه با عدم پیش‌تیمار گزارش شده است (Sarlach et al., 2013). نتایج اثرات متقابل سطوح آبیاری و پیش‌تیمار بر ارتفاع گندم نشان داد که پیش‌تیمار بذری به‌وسیله پلی‌اتیلن گلاکول منجر به افزایش ارتفاع در شرایط آبیاری با حجمی کمتر از نیاز آبی گیاه در مقایسه با شرایط آبیاری کافی (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) می‌گردد (P<۰/۰۱). بهبود جذب آب برای جوانه‌زنی بذری، تنظیم پتانسیل اسمزی، جوانه‌زنی بیشتر و سریع‌تر، استقرار بهتر گیاهچه‌ها و همچنین بهبود شرایط آبی در کل دوره رشد گیاه باعث افزایش توانایی گیاهان پیش‌تیمار شده اسمزی برای جوانه‌زنی و رشد در شرایط کمبود آب می‌گردد؛ بنابراین مجموع این عوامل می‌تواند منجر به بهبود رشد و ارتفاع گیاه گردد (Yan, 2015).

### تعداد پنجه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سطوح آبیاری اثر معنی‌داری بر تعداد پنجه گندم دارد (P<۰/۰۱) (جدول ۳). به طوری که تیمار ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی به ترتیب منجر به کاهش ۱۴/۸ و ۴۹/۴ درصدی تعداد پنجه شد (جدول ۴). پیش‌تیمار بذری گندم باعث اثر معنی‌دار بر تعداد پنجه شد (P<۰/۰۵) (جدول ۳). تعداد پنجه در پیش‌تیمارها تغییرات معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۴). نتایج اثر متقابل سطوح آبیاری در پیش‌تیمار بذری بر تعداد پنجه نیز معنی‌دار گردید (P<۰/۰۵) (جدول ۳). افزایش تعداد پنجه در برنج در نتیجه اعمال پیش‌تیمارهای مختلف بذری شامل پیش‌تیمار با آب، کلرید پتاسیم (KCL)، کلرید کلسیم (CaCl<sub>2</sub>) و همچنین عصاره گیاه مورنینگا (*Moringa oleifera*) نیز گزارش شده است (Rehman et al., 2015). همچنین پیش‌تیمار بذری گندم با آب، کلرید کبالت (CoCl<sub>2</sub>)، نیترات پتاسیم (KNO<sub>3</sub>)، کلرید کلسیم (CaCl<sub>2</sub>) در مقایسه با عدم پیش‌تیمار منجر به افزایش تعداد پنجه شد (Sarlach et al., 2013). این بررسی همچنین نشان داد که در شرایطی که طول دوره پیش‌تیمار ۲۴ ساعت بود میزان افزایش نسبت به ۱۲ ساعت بیشتر بود (Sarlach et al., 2013). پیش‌تیمار بذری با محلول‌های اسمزی باعث افزایش فعالیت متابولیسمی در

گیاه شده و باعث افزایش رشد و طی شدن سریع‌تر مراحل نمو می‌شود. در نتیجه پنجاهمی سریع‌تر اتفاق می‌افتد (Rehman et al., 2015). همچنین بهبود رشد گیاه سبب افزایش تعداد پنجه می‌گردد. پنجاهمی بیشتر بذرهای پیش‌تیمار شده اسمزی در شرایط تنش رطوبتی در مقایسه با شرایط عدم تنش در سایر مطالعات نیز مشاهده شده است (Sarlach et al., 2013; Abid et al., 2018).

### تعداد سنبله

نتایج مطالعه حال حاضر نشان داد که تعداد سنبله در مترمربع تحت تأثیر معنی‌دار سطوح آبیاری قرار گرفت ( $P < 0.01$ ) (جدول ۳). سطوح آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی به ترتیب منجر به کاهش ۱۳/۳ و ۷۲/۳ درصدی تعداد سنبله در مترمربع گردید (جدول ۴). نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که پیش‌تیمار بذر اثر معنی‌داری بر تعداد سنبله ندارد (جدول ۳). اثر متقابل سطوح آبیاری در پیش‌تیمار بذر معنی‌دار شد ( $P < 0.05$ ). افزایش معنی‌دار تعداد سنبله گندم در مترمربع در نتیجه استفاده از پیش‌تیمار با پلی‌اتیلن گلاکول گزارش شده است (Yari et al., 2011). رشد گیاهان کشت‌شده توسط بذور دارای پیش‌تیمار اسمزی در شرایط تنش رطوبتی بهبود می‌یابد که برآیند کلی آن در رشد گیاه (تولید ماده خشک) و همچنین در افزایش پنجه‌های بارور و درنهایت افزایش تعداد سنبله گردد (Yari et al., 2015; Abid et al., 2018; Rehman et al., 2011). بهبود شرایط رشد گیاه، افزایش سطوح عناصر غذایی مانند پتاسیم در گیاه و همچنین افزایش پایداری کلروفیل در گیاهان حاصل از بذور برنج پیش‌تیمار شده اسمزی منجر به افزایش پنجه‌های بارور شده که درنهایت منجر به افزایش تولید پانیکول در واحد سطح می‌گردد (Rehman et al., 2015).

### طول سنبله

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده اثر معنی‌دار سطوح آبیاری، پیش‌تیمار بذر و همچنین اثر متقابل سطوح آبیاری در پیش‌تیمار بذر بود ( $P < 0.01$ ) (جدول ۳). سطوح آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی به ترتیب منجر به کاهش ۲۲/۹ و ۳۳ درصدی طول سنبله شد (جدول ۴). افزایش معنی‌دار طول سنبله در سطوح مختلف آبیاری در مقایسه بذور پیش‌تیمار شده با عدم پیش‌تیمار مشاهده شد (جدول ۴). افزایش طول

### تعداد دانه در سنبله

تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر معنی‌دار سطوح آبیاری ( $P < 0.01$ ) و پیش‌تیمار بذر ( $P < 0.05$ ) قرار گرفت (جدول ۳). سطوح آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی به ترتیب منجر به کاهش ۲۴/۷ و ۵۶/۸ درصدی تعداد دانه در سنبله شد. پیش‌تیمار بذر در تمام سطوح آبیاری در تیمارهای  $P_2$  و  $P_3$  ( $P_3 = 0.03$  - و  $0.06$  - مگا پاسکال) به ترتیب ۱۱/۶ و ۱۰/۹ درصد افزایش تعداد دانه در سنبله را نشان داد که این افزایش در مقایسه با عدم پیش‌تیمار معنی‌دار بود. این در حالی بود که تیمار  $P_4$  ( $0.09$  - مگا پاسکال) اختلاف معنی‌داری را با عدم پیش‌تیمار نشان نداد. نتایج بررسی اثر متقابل سطوح آبیاری در پیش‌تیمار بذر اختلافات معنی‌دار را نشان داد ( $P < 0.01$ ). پیش‌تیمار بذر توسط غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ پی‌پی‌ام از سالیسیلیک اسید و آبسیزیک اسید منجر به افزایش تعداد دانه در سنبله گندم شد که در بین این تیمارها، بیشترین تعداد دانه در سنبله در غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام سالیسیلیک اسید و آبسیزیک اسید مشاهده شد (Razzaq et al., 2013). بهبود شرایط رشدی گیاه و توان حفظ تعادل اسمزی در شرایط استفاده از پیش‌تیمار بذر با محلول‌های اسمزی به‌ویژه در مرحله گرده‌افشانی منجر به افزایش تعداد دانه در سنبله و همچنین طول سنبله می‌گردد (Farooq et al., 2013; Farooq et al., 2009; Zhang et al., 2016).

## وزن هزار دانه

(Sher et al., 2017). شرایط رشد مناسب‌تر در شرایط استفاده از پیش‌تیمارهای اسمزی منجر به انتقال بهتر مواد فتوسنتزی تولیدی به بذر گردیده و منجر به کاهش اثر کمبود رطوبت بر وزن دانه‌های تولیدی می‌گردد (Abid et al., 2018). افزایش پایداری کلروفیل گیاهان رشد یافته تحت شرایط تنش خشکی طی دوره رشد گیاه در گیاهان حاصل از بذرها پیش‌تیمار شده منجر به بهبود شرایط فتوسنتزی و تولید ترکیبات حاصل از فتوسنتز گیاه می‌گردد (Rehman et al., 2015).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح آبیاری و اثر متقابل سطوح آبیاری در پیش‌تیمار بذر معنی‌دار بود ( $P < 0.01$ ) (جدول ۳). سطوح آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی به ترتیب منجر به کاهش ۱۹/۵ و ۳۵ درصدی وزن هزار دانه شد. درحالی‌که پیش‌تیمار بذر اثری معنی‌دار بر وزن هزار دانه نشان نداد. نتایج ارزیابی اثر پیش‌تیمارهای اسمزی شامل پیش‌تیمار با آسکوربیک اسید، سالیسیلیک اسید، کلسیم کلراید و گلایسین بتائین، نشان داد که هیچ‌کدام از پیش‌تیمارها اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه نداشتند.

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده گندم تحت سطوح مختلف آب آبیاری و پیش‌تیمار بذر در سال زراعی ۷۶-۱۳۹۶ در منطقه بیرجند

Table 3. Analysis of variance of measured traits of wheat under different levels of irrigation water and seed priming in Birjand during 2017-18

(S.O.V)	منابع تغییرات	درجه آزادی (d.f)	میانگین مربعات (Mean squares)			
			ارتفاع گیاه Plant height	تعداد پنجه Tiller number	تعداد سنبله Spike number	طول سنبله Spike length
Block	بلوک	2	17.028 <sup>ns</sup>	1.714 <sup>ns</sup>	486.19 <sup>ns</sup>	0.007 <sup>ns</sup>
Irrigation levels	سطوح آبیاری	2	2174.361 <sup>**</sup>	88.772 <sup>**</sup>	134859.190 <sup>**</sup>	12.109 <sup>**</sup>
Seed priming	پیش‌تیمار بذر	3	326.917 <sup>**</sup>	3.464 <sup>*</sup>	1573.263 <sup>ns</sup>	1.370 <sup>**</sup>
Seed priming × Irrigation levels	سطوح آبیاری × پیش‌تیمار بذر	6	50.361 <sup>**</sup>	2.034 <sup>*</sup>	3782.763 <sup>*</sup>	0.633 <sup>**</sup>
Error	خطا	22	9.149	0.778	1245.725	0.095
C.V. (%)	ضریب تغییرات (درصد)	—	4.089	10.706	13.159	3.848

Table 3. Continued

جدول ۳. ادامه

(S.O.V)	منابع تغییرات	درجه آزادی (d.f)	میانگین مربعات (Mean squares)			
			تعداد دانه در سنبله Number of seeds per spike	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield
Block	بلوک	2	0.660 <sup>ns</sup>	0.646 <sup>ns</sup>	128287.49 <sup>ns</sup>	17608.64 <sup>ns</sup>
Irrigation levels	سطوح آبیاری	2	411.672 <sup>**</sup>	284.181 <sup>**</sup>	170020786.8 <sup>**</sup>	27878704.41 <sup>**</sup>
Seed priming	پیش‌تیمار بذر	3	19.090 <sup>*</sup>	2.378 <sup>ns</sup>	1806977.00 <sup>*</sup>	251906.60 <sup>*</sup>
Seed priming × Irrigation levels	سطوح آبیاری × پیش‌تیمار بذر	6	27.666 <sup>**</sup>	3.427 <sup>**</sup>	2536073.65 <sup>**</sup>	395015.73 <sup>**</sup>
Error	خطا	22	4.875	0.840	408911.79	65561.89
C.V. (%)	ضریب تغییرات (درصد)	—	8.280	3.203	11.175	10.968

ns, \*, \*\* و \*\*\*: به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد است.

NS, \*, and \*\* non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

**عملکرد بیولوژیک**

شرایط پیش تیمار با پلی اتیلن گلایکول (۰/۹ - مگا پاسکال) در شرایط خشکی به ۱۲ درصد رسید این نتایج نشان می دهد که ۱۰ درصد کاهش ماده خشک تولیدی با پیش تیمار فوق قابل بازگشت است (جدول ۴)؛ بنابراین نتایج گزارش شده توسط Abid et al., (۲۰۱۸) هم راستا با نتایج این مطالعه است که نشان می دهد بخشی از خسارت های ناشی از خشکی به وسیله اعمال پیش تیمار مناسب با پلی اتیلن گلایکول قابل جبران است. نتایج مطالعه انجام شده بر روی برنج نشان داد که پیش تیمار اسمزی بذرها با کلرید پتاسیم، کلرید کلسیم و عصاره گیاه مورنینگا (*Moringa oleifera*) باعث افزایش عملکرد بیولوژیک در نتیجه بهبود رشد و فرایندهای متابولیسی گیاه شد (Rehman et al., 2015).

عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر معنی دار سطوح آبیاری ( $P < 0/01$ ) و همچنین پیش تیمار بذر ( $P < 0/05$ ) قرار گرفت (جدول ۳). سطوح آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی به ترتیب منجر به کاهش ۴۳/۸ و ۹۰/۱ درصدی عملکرد بیولوژیک شد (جدول ۴). اثرات متقابل سطوح آبیاری در پیش تیمار بذر نیز نشان دهنده تأثیر معنی دار بر عملکرد بیولوژیک بود ( $P < 0/01$ ) (جدول ۳). افزایش ماده خشک تولیدی توسط گندم تحت تأثیر تیمارهای خشکی قرار گرفت به طوری که تنش خشکی در مرحله پنجه دهی منجر به کاهش ۲۲ درصدی ماده خشک تولیدی شد. کاهش ماده خشک در

جدول ۴. مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری و پیش تیمار بذر بر صفات اندازه گیری شده گندم

**Table 4. Mean comparison of difference irrigation levels and seed priming interaction for wheat measure traits**

سطوح آبیاری	پیش تیمار بذر	ارتفاع گیاه	تعداد پنجه	تعداد سنبله	طول سنبله	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه
Irrigation levels	Seed priming	Plant height (cm)	Tiller number (per plant)	Spike number (per m <sup>2</sup> )	Spike length (cm)	Number of seeds per spike	1000-seed weight (g)	Biological yield (kg.ha <sup>-1</sup> )	Grain yield (kg.ha <sup>-1</sup> )
I <sub>1</sub> <sup>§</sup>		83.00 <sup>b</sup>	10.33 <sup>ab</sup>	389.8 <sup>a</sup>	9.31 <sup>ab</sup>	34.16 <sup>a</sup>	34.30 <sup>a</sup>	10755.57 <sup>a</sup>	4352.36 <sup>a</sup>
I <sub>2</sub>	P <sub>1</sub> <sup>†</sup>	67.67 <sup>d</sup>	8.80 <sup>cd</sup>	338.0 <sup>a-c</sup>	7.18 <sup>f</sup>	25.73 <sup>d-f</sup>	27.61 <sup>bc</sup>	6046.15 <sup>d</sup>	2419.39 <sup>d</sup>
I <sub>3</sub>		45.00 <sup>e</sup>	5.23 <sup>e</sup>	108.0 <sup>f</sup>	6.24 <sup>g</sup>	14.75 <sup>h</sup>	22.31 <sup>g</sup>	997.46 <sup>g</sup>	406.75 <sup>g</sup>
I <sub>1</sub>		88.67 <sup>a</sup>	9.70 <sup>a-c</sup>	354.8 <sup>ab</sup>	9.44 <sup>a</sup>	32.88 <sup>ab</sup>	33.98 <sup>a</sup>	9877.05 <sup>ab</sup>	3988.69 <sup>aab</sup>
I <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	75.67 <sup>c</sup>	7.77 <sup>e</sup>	290.0 <sup>cd</sup>	8.59 <sup>c</sup>	29.49 <sup>bc</sup>	28.28 <sup>b</sup>	6009.28 <sup>d</sup>	2445.18 <sup>d</sup>
I <sub>3</sub>		67.33 <sup>d</sup>	5.67 <sup>e</sup>	156.0 <sup>ef</sup>	7.37 <sup>ef</sup>	20.94 <sup>g</sup>	23.98 <sup>f</sup>	2073.29 <sup>fg</sup>	866.38 <sup>f</sup>
I <sub>1</sub>		90.67 <sup>a</sup>	11.17 <sup>a</sup>	336.0 <sup>a-c</sup>	8.85 <sup>bc</sup>	32.25 <sup>a-c</sup>	33.64 <sup>a</sup>	9133.53 <sup>bc</sup>	3745.46 <sup>bc</sup>
I <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	77.67 <sup>c</sup>	10.93 <sup>ab</sup>	318.0 <sup>bc</sup>	8.01 <sup>d</sup>	28.84 <sup>c-e</sup>	26.61 <sup>cd</sup>	6075.60 <sup>d</sup>	2469.27 <sup>d</sup>
I <sub>3</sub>		67.33 <sup>d</sup>	5.30 <sup>e</sup>	178.0 <sup>e</sup>	7.71 <sup>de</sup>	22.72 <sup>fg</sup>	24.89 <sup>ef</sup>	2543.38 <sup>f</sup>	1064.68 <sup>f</sup>
I <sub>1</sub>		88.00 <sup>ab</sup>	9.90 <sup>a-c</sup>	344.0 <sup>a-c</sup>	8.84 <sup>bc</sup>	29.44 <sup>b-d</sup>	33.37 <sup>a</sup>	8411.19 <sup>c</sup>	3460.78 <sup>c</sup>
I <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	73.67 <sup>c</sup>	9.67 <sup>bc</sup>	246.0 <sup>d</sup>	7.48 <sup>ef</sup>	25.12 <sup>ef</sup>	28.87 <sup>b</sup>	4281.54 <sup>e</sup>	1771.37 <sup>e</sup>
I <sub>3</sub>		63.00 <sup>d</sup>	4.4 <sup>e</sup>	160.0 <sup>e-f</sup>	7.21 <sup>ef</sup>	23.66 <sup>fg</sup>	25.55 <sup>de</sup>	2461.76 <sup>f</sup>	1022.41 <sup>f</sup>

اعداد میانگین در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشابه می باشند از نظر آماری اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ ندارند.

§ I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub> و I<sub>3</sub> که به ترتیب معادل ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه است.

† P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> و P<sub>4</sub> که به ترتیب معادل ۰، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ - مگا پاسکال پتانسیل اسمزی است.

Means numbers in each column followed by at least one similar letter are not significantly different at the 5% probability level.

§ I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub> and I<sub>3</sub> showed irrigation levels at 100, 75, 50 crop water requirement, respectively.

† P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, and P<sub>4</sub> showed 0, -0.3, -0.6, and -0.9 MPa osmotic potential, respectively.

**عملکرد دانه**

آبیاری و اثرات متقابل سطوح آبیاری در پیش تیمار بذر اثر معنی دار بر عملکرد دانه داشتند ( $P < 0/01$ ) (جدول ۳). سطوح آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی به ترتیب منجر به

نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح آبیاری و پیش تیمار بذر بر عملکرد دانه مشابه عملکرد بیولوژیک بود به طوری که سطوح

### همبستگی صفات

نتایج همبستگی صفات در جدول ۵ نشان داده شده است. با توجه به ضرایب همبستگی مشاهده می‌شود که بین صفات ارتفاع گیاه، تعداد پنجه، تعداد سنبله، طول سنبله و تعداد دانه در سنبله همبستگی معنی‌داری وجود دارد درحالی‌که صفات ذکرشده با سایر صفات شامل وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت همبستگی معنی‌داری ندارند. نتایج این آزمایش همبستگی معنی‌دار بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را نشان می‌دهد که مطابق با نتایج گزارش شده توسط عزیزنی و همکاران (Azizinya et al., 2005) است.

### نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج این آزمایش نشان داد که کاربرد پیش‌تیمارهای اسمزی بذر می‌تواند منجر به کاهش اثرات منفی کمبود آب بر خصوصیات رشدی و عملکردی گندم شود. نتایج این مطالعه نشان‌دهنده اثر منفی کاهش رطوبت بر تمامی صفات رشدی و عملکردی گندم شامل ارتفاع گیاه، تعداد پنجه، تعداد سنبله، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه است. پیش‌تیمار بذر باعث بهبود خصوصیات رشدی شده ولی بر عملکرد دانه و بیولوژیک اثر معنی‌داری نداشت. پیش‌تیمارهای اسمزی ۰/۳-، ۰/۶- و ۰/۹- مگا پاسکال به ترتیب منجر به ۲/۱۳، ۲/۶۲ و ۲/۵۱ برابر شدن عملکرد دانه در شرایط تنش ۵۰ درصد نیاز آبی نسبت به عدم پیش‌تیمار بذر با تنش ۵۰ درصد نیاز آبی شد بنابراین پیش‌تیمار اسمزی بذر با پلی‌اتیلن گلايکول که منجر به ایجاد فشار ۰/۶- مگا پاسکال شد در شرایط تنش ۵۰ درصد بیشترین کارایی را در جبران خسارت ناشی از کمبود آب را نشان داد. با توجه به اثرات متقابل در شرایط کمبود رطوبت کاربرد پیش‌تیمارهای آزمایش‌شده، منجر به افزایش و بهبود خصوصیات رشدی گندم شد؛ بنابراین کاربرد پیش‌تیمار در شرایط کمبود رطوبت می‌تواند به کاهش خسارت کمبود رطوبت منجر شود.

کاهش ۴۴/۴ و ۹۰/۷ درصدی عملکرد دانه شد. همچنین پیش‌تیمار بذر نیز در سطح احتمال ۵ درصد اثر معنی‌دار بر عملکرد دانه داشت (جدول ۳). پیش‌تیمار بذر در تمام سطوح آبیاری در تیمار ۰/۹- مگا پاسکال کاهش معنی‌داری را در عملکرد دانه در مقایسه با عدم پیش‌تیمار نشان داد (جدول ۴). نتایج بررسی انجام‌شده نشان داد که تیمار با پلی‌اتیلن گلايکول منجر به افزایش عملکرد دانه گندم می‌گردد (Yari et al., 2011). نتایج بررسی‌های انجام‌شده همچنین نشان می‌دهد که پیش‌تیمار با پلی‌اتیلن گلايکول می‌تواند اثر تنش خشکی اعمال‌شده بر عملکرد گندم را کاهش دهد (Abid et al., 2018). بهبود عملکرد دانه برنج گیاهان حاصل از بذرهای پیش‌تیمار اسمزی شده در مقایسه با عدم پیش‌تیمار در شرایط تنش خشکی به دلیل بهبود فعالیت‌های متابولیکی گیاه و درنهایت رشد مطلوب گیاه گزارش شده است (Rehman et al., 2015).

### شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح آبیاری، پیش‌تیمار بذر و همچنین اثرات متقابل سطوح آبیاری در پیش‌تیمار بذر بر شاخص برداشت معنی‌دار نشد (جدول ۳). نتایج یک بررسی نشان داد که استفاده از پیش‌تیمارهای اسمزی شامل پیش‌تیمار با آسکوربیک اسید، سالیسیلیک اسید، کلسیم کلراید و گلايسین بتائین بر شاخص برداشت گندم اثر معنی‌داری ندارد (Sher et al., 2017). پیش‌تیمار اسمزی بذرها به‌وسیله کلرید پتاسیم و کلرید کلسیم اثری بر شاخص برداشت نداشت (Rehman et al., 2015). با توجه به همبستگی معنی‌دار بین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه (Azizinya et al., 2005) و همچنین نتایج این مطالعه که نشان‌دهنده درصد کاهش و بهبود تقریباً مشابه در شرایط کاهش آب و همچنین کاهش آب به همراه پیش‌تیمار (جدول‌های ۴ و ۵) قابل‌انتظار است که شاخص برداشت تحت تأثیر تیمارهای فوق قرار نگیرد.



Table 5. Correlation between growth traits of wheat

جدول ۵. همبستگی بین صفات رشدی گندم

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1								
2	0.9035***	1							
3	0.8390***	0.9024***	1						
4	0.8762***	0.9355***	0.9216***	1					
5	0.8535***	0.9159***	0.9113***	0.9938***	1				
6	0.2160 <sup>ns</sup>	0.3046 <sup>ns</sup>	0.3829 <sup>ns</sup>	0.1600 <sup>ns</sup>	0.1393 <sup>ns</sup>	1			
7	0.4058 <sup>ns</sup>	0.2789 <sup>ns</sup>	0.3012 <sup>ns</sup>	0.3437 <sup>ns</sup>	0.3561 <sup>ns</sup>	0.1873 <sup>ns</sup>	1		
8	0.3768 <sup>ns</sup>	0.3278 <sup>ns</sup>	0.3511 <sup>ns</sup>	0.3965 <sup>ns</sup>	0.4522 <sup>ns</sup>	0.0083 <sup>ns</sup>	0.6810***	1	
9	0.3613 <sup>ns</sup>	0.846 <sup>ns</sup>	0.3458 <sup>ns</sup>	0.4255 <sup>ns</sup>	0.4783*	0.1211 <sup>ns</sup>	0.6983***	0.6929***	1

صفات اندازه گیری شده: ۱: ارتفاع گیاه، ۲: تعداد پنجه، ۳: تعداد سنبله، ۴: طول سنبله، ۵: تعداد دانه در سنبله، ۶: وزن هزار دانه، ۷: عملکرد بیولوژیک، ۸: عملکرد دانه، ۹: شاخص برداشت.

ns، \*، \*\* و \*\*\* به ترتیب عدم معنی داری و معنی داری در سطح ۵، ۱ و ۰/۱ درصد است.

Measured trait: 1: Plant height, 2: Tiller number, 3: Spike number, 4: Spike length, 5: Number of seed per spike, 6: 1000 seeds weight, 7: Biologic yield, 8: Grain yield, 9: Harvest index

NS, \*, \*\* and \*\*\* non-significant and significant at 5%, 1%, and 0.1% probability levels, respectively.

## منابع

- Abid, M., Hakeem, A., Shao, Y., Liu, Y., Zahoor, R., Fan, Y., Suyu, J., Ata-Ul-Karim, S.T., Tian, Z., Snider, J.L., Dai, T., 2018. Seed osmopriming invokes stress memory against post-germinative drought stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Environmental and Experimental Botany*. 145, 12-20.
- Amini, R., 2013. Drought stress tolerance of barley (*Hordeum vulgare* L.) affected by priming with PEG. *International Journal of Farming and Allied Sciences*. 2(20), 803-808.
- Ashraf, M., Akram, N.A., Al-Qurainy, F., Foolad, M.R., 2011. Drought tolerance: roles of organic osmolytes, growth regulators, and mineral nutrients. *Advances in Agronomy*. 111, 249-296.
- Azizinya, S., Ghanadha, M.R., Zali, A.A., Samadi, B.Y., Ahmadi, A., 2005. An evaluation of quantitative traits related to drought resistance in synthetic wheat genotypes in stress and non-stress conditions. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*. 36, 281-293. [In Persian] with English summary].
- David, O.A., Osonubi, O., Olaiya, C.O., Agbolade, J.O., Ajiboye, A.A., Komolafe, R.J., Chukwuma, D.M., Akomolafe, G.F., 2017. Anatomical response of wheat cultivars to drought stress. *Ife Journal of Science*. 19(2), 323-331.
- Eidizadeh, K.H., Ebrahimpoor, F., Ebrahimi, M.A., 2016. Effect of different irrigation regimes on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) in Ramin climatic conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 9(1), 29-36.
- Farhad, W., Cheema, M.A., Saleem, M.F., Saqib, M., 2011. Evaluation of Drought Tolerance in Maize Hybrids. *International Journal of Agriculture and Biology*. 13(4), 523-528.
- FAOSTAT AGRICULTURE DATA. 2017. Available at: <http://faostat3.fao.org>.
- Farooq, M., Irfan, M., Aziz, T., Ahmad, I., Cheema, S.A., 2013. Seed priming with ascorbic acid improves drought resistance of wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 199(1), 12-22.
- Farooq, M.A., Wahid, N., Kobayashi, D.F., Basra, S.M.A., 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*. 29, 185-212.
- Kaya, M. D., Okçu, G., Atak, M., Cıklı, Y., Kolsarıcı, Ö., 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy*. 24(4), 291-295.

- Michel, B.E., Kaufmann, M.R., 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant physiology*. 51(5), 914-916.
- Mohajer Milani, P., Saadat, S., Vakil, R., 2000. Nutrition of wheat in the conditions of Qom province. *Collected articles of balanced wheat feed*. 429-444.
- Razzaq, A., Mahmood, I., Iqbal, J., Rasheed, A.Q.M., Ahmad, M., 2013. Enhancing drought tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) through chemical priming. *Wulfenia Journal*. 20(7), 44-58.
- Rehman, H., Kamran, M., Basra, S.M.A., Afzal, I., Farooq, M., 2015. Influence of seed priming on performance and water productivity of direct seeded rice in alternating wetting and drying. *Rice Science*. 22(4), 189-196.
- Sağlam, S., Sibel, D.A.Y., Gamze, K.A.Y.A., Gürbüz, A., 2010. Hydropriming increases germination of lentil (*Lens culinaris* Medik.) under water stress. *Notulae Scientia Biologicae*. 2(2), 103-106.
- Sarlach, R.S., Sharma, A., Bains, N.S., 2013. Seed priming in wheat: effect on seed germination, yield parameters and grain yield. *Progressive Research* 8 (1): 109-112.
- Shehab, G.G., Ahmed, O.K., El-Beltagi, H.S., 2010. Effects of various chemical agents for alleviation of drought stress in rice plants (*Oryza sativa* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 38(1), 139-148.
- Sher, A., Hussain, S., Cai, L.J., Ahmad, M.I., Jamro, S.A., Rashid, A., 2017. Significance of Chemical Priming on Yield and Yield Components of Wheat under Drought Stress. *American Journal of Plant Sciences*. 8(06), 1339.
- Schillinger, W.F., 2005. Tillage method and sowing rate relations for dryland spring wheat, barley, and oat. *Crop Science*. 45(6), 2636-2643.
- Shahidi, A., 2008. Interaction of deficit irrigation and salinity on yield and yield components of wheat cultivars and determining water – salinity production function in the Birjand region. *Ahvaz University doctoral thesis*. [In Persian].
- Srivastava, A.K., Pasala, R., Minhas, P.S., Suprasanna, P., 2016. Plant bioregulators for sustainable agriculture: integrating redox signaling as a possible unifying mechanism. *Advances in Agronomy*. 137, 237-278.
- Tabatabaei, S.A., 2013. Effect of osmo-priming on germination and enzyme activity in barley (*Hordeum vulgare* L.) seeds under drought stress conditions. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*. 9(4), 25-31.
- Zhang, X., Wang, X., Zhong, J., Zhou, Q., Wang, X., Cai, J., Dai, T., Cao, W., Jiang, D., 2016. Drought priming induces thermo-tolerance to post-anthesis high-temperature in offspring of winter wheat. *Environmental and Experimental Botany*. 127, 26-36.
- Yan, M., 2015. Seed priming stimulate germination and early seedling growth of Chinese cabbage under drought stress. *South African Journal of Botany*, 99, 88-92.
- Yari, L., Khazaei, F., Sadeghi, H., Sheidaei, S., 2011. Effect of seed priming on grain yield and yield components of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agricultural and Biological Science*. 6, 1-5.



*Original article*

## The evaluation of seed osmo-priming and irrigation levels on growth, yield and yield component of wheat (*Triticum aestivum L.*)

H. Hammami<sup>1\*</sup>, F. Azarmi Atajan<sup>2</sup>, M. Yaghoobzadeh<sup>3</sup>

1. Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

2. Assistant Professor, Department of soil science, University of Birjand, Birjand, Iran

3. Assistant Professor, Department of Water Science and Engineering, University of Birjand, Birjand, Iran

Received 29 April 2019; Accepted 2 June 2019

### Abstract

Since water deficit during plant growth period is one of the main important limiting crop yield. An easy and inexpensive way to reduce the impact of water deficiency is essential. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of seeds osmo-priming on growth, yield and yield components of wheat cultivar Anfarm 4 under field conditions, a factorial experiment based on a completely randomized block design with three replications was conducted at Research Field of Agriculture College, University of Birjand in 2017-2018. The treatments consisted of three levels of irrigation (include 100, 75 and 50% of the plant water requirement) and four levels of seed priming (include 0 (control), -0.3, -0.6 and -0.9 MPa induced by PEG 6000). The results of this experiment showed that irrigation levels had a significant effect on measured traits including plant height, tiller number, spike number, spike length, grain number per spike, 1000 seed weight, biological yield, grain yield ( $P < 0.01$ ). However, no significant effect was observed on harvest index. Seed priming had significant effect on plant height and spike length ( $P < 0.01$ ), number of tillers, number of seeds per spike, biological yield, grain yield ( $P < 0.05$ ). Interaction effects showed a significant effect on all of the traits except harvest index. The results of this study showed that the application of osmotic priming seeds -0.3, -0.6, -0.9 MPa resulted in 2.13, 2.62 and 2.15 times of seed yield at 50% water requirement treatment compared to without seed priming treatment. The results of means comparison showed that osmotic seed priming by polyethylene glycol, resulting in a pressure of -0.6 MPa, under 50% of the water requirement treatment showed the highest grain yield compensate ability. However, in 75% of water requirement treatment, pre-treatment had no significant and positive effect on grain yield, even in -0.9 MPa treatment, had a negative and significant effect on seed yield. Therefore, the application of osmotic seed priming somewhat compensated the damage caused by water shortage on grain yield under stress conditions of 50% of water requirement. While in non-stress conditions, osmotic seed priming had no positive effect on grain yield.

**Keywords:** 1000 seed weight, Biological yield, Grain yield, Spike

\*Correspondent author: Hossein Hammami; E-Mail: [hhammami@birjand.ac.ir](mailto:hhammami@birjand.ac.ir)