

اثر پیش تیمار اسمزی و آب بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج (*Oryza sativa* L.) در بستر خشک در شرایط آب و هوایی مازندران

محمد خادمی^۱، فائزه زعفریان^{۲*}، شهرام نظری^۳ و محمد علی اسماعیلی^۴

(۱) دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.

(۲ و ۴) دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.

(۳) استادیار پژوهش بخش اصلاح و تهیه بذر، موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.

*نویسنده مسئول: fa_zaefarian@yahoo.com

این مقاله مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد می باشد.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۲۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۰۶

چکیده

تکنیک پرایمینگ (پیش تیمار) بذر یکی از روش‌های موثر در استقرار سریع و بهبود ویژگی زایشی برنج در شرایط کشت مستقیم است. به منظور بررسی اثر پیش تیمار اسمزی و آب (آسموپرایمینگ و هیدروپرایمینگ) در بهبود عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج آزمایشی در بهار سال ۱۳۹۸ در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل دو رقم برنج طارم و شیروودی و پیش تیمار در پنج سطح شامل پیش تیمار با آب (۲۴ ساعت)، کلرید کلسیم (پتانسیل اسمزی ۱/۲۵- مگاپاسکال در ۲۴ ساعت)، کلرید پتاسیم (پتانسیل اسمزی ۱/۲۵- مگاپاسکال در ۲۴ ساعت)، اسید اسکوربات (۱۰ میلی گرم در یک لیتر آب به مدت ۲۴ ساعت) و شاهد (عدم پیش تیمار) بود. نتایج اثر رقم نشان داد درصد سبز شدن با ۸۸ و ۷۸ و سرعت سبز شدن با ۰/۲ و ۰/۱۵ در روز به ترتیب در ارقام شیروودی و طارم به دست آمد. همچنین اثر پیش تیمار بر سرعت سبز شدن در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود، به طوری که بالاترین سرعت سبز شدن در پیش تیمار با کلرید کلسیم، کلرید پتاسیم و آب به دست آمد که به ترتیب ۵۰، ۳۶ و ۲۹ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت. بیشترین ارتفاع بوته برنج در رقم شیروودی تحت پیش تیمار با کلرید کلسیم، کلرید پتاسیم و آب به ترتیب با ۱۰۷، ۱۰۴ و ۱۰۳ سانتی متر به دست آمد. نتایج نشان داد که مقدار شاخص کلروفیل لایه‌های مختلف پوشش گیاهی در کلیه تیمارهای پیش تیمار در رقم شیروودی بالاتر از رقم طارم بود. بالاترین عملکرد دانه و بیولوژیک بالاتری به ترتیب با ۵۵۱۳ و ۱۳۲۲۳ کیلوگرم در هکتار در رقم شیروودی به دست آمد. پیش تیمار با کلرید کلسیم، کلرید پتاسیم، آسکوربات و آب به ترتیب ۱۹، ۱۴، ۱۰ و ۱۴ درصد نسبت به تیمار شاهد سبب افزایش عملکرد دانه گردید. به طور کلی نتایج نشان داد پیش تیمار با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم موجب بهبود کارکرد بذر و در نتیجه افزایش عملکرد در شرایط کشت مستقیم برنج می شود.

واژه‌های کلیدی: برنج، پیش تیمار، کلرید کلسیم و عملکرد دانه.

مقدمه

برنج^۱ یکی از مهم‌ترین غلات است و نقش مهمی در تغذیه نیمی از مردم جهان که بیش‌تر آن‌ها در کشورهای در حال توسعه زندگی می‌کنند، دارد (Hussain *et al.*, 2016; Ding *et al.*, 2018). این محصول حدود یک سوم سطح زیر کشت غلات دنیا را به خود اختصاص داده است و هم‌چنین تامین کننده ۳۵ تا ۶۰ درصد کالری حدود ۷/۲ میلیارد نفر از جمعیت جهان است (FAO, 2018). اگرچه پتانسیل رشد و عملکرد گیاهان به‌عوامل ژنتیکی وابسته است، اما برای دستیابی به حداکثر پتانسیل تولید، متغیرهای محیطی از قبیل شرایط آب و هوایی بر رشد و نمو و عملکرد برنج اثرگذار می‌باشند (Liu *et al.*, 2013). محیط رشد برنج به‌دلیل نیاز آبی بالا آن را از سایر گیاهان زراعی متمایز می‌سازد، به‌طوری که مقدار قابل توجهی از آب آبیاری قبل از نشاء جهت تهیه و آماده‌سازی زمین و غرقاب نمودن آن و مقدار دیگری نیز در طول دوره رشد محصول به‌طور مستمر به‌صورت نفوذ عمقی مصرف می‌شود (IRRI, 2010). برنج در ایران اغلب به‌صورت آبی کشت می‌شود. روش آبیاری مورد استفاده آن در کشور روش غرقابی می‌باشد که استفاده از این روش موجب مصرف آب بیش از اندازه و پایین بودن کارایی مصرف آن می‌گردد، بنابراین با توجه به محدودیت منابع آبی و تقاضای بالای کشور به‌مصرف برنج، لازم است استراتژی‌های جدیدی در راستای مدیریت بهینه در خصوص کشت این محصول پرمصرف اتخاذ شود. کمبود منابع آب، کشاورزان تولیدکننده برنج را مجبور به ایجاد رویکردی مناسب یعنی کشت مستقیم برنج به جای سیستم غرقابی در جهت کاهش میزان مصرف آب کرده است که بسیار ارزشمند می‌باشد. با توسعه کشاورزی فشرده در سراسر جهان، کشت نشایی عاملی محدود کننده تبدیل شده است، بنابراین کشت مستقیم بذر می‌تواند جایگزینی برای کشت نشایی باشد. تکنیک کشت مستقیم برنج با تسریع آماده‌سازی زمین به‌ترتیب سبب کاهش ۲۰ و ۳۰ درصدی هزینه‌های کارگری و آب نسبت به نشایی می‌گردد (Du *et al.*, 2019). کشت مستقیم برنج علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف آب دارای مزایایی همچون کاهش هزینه‌ها و مراقبت‌های ناشی از خزانه برنج و بهبود نظام زراعی برنج - گندم از طریق تسهیل زمان استقرار و بهبود رشد گیاه زراعی زمستانه می‌باشد (Balasubramanian and Hill, 2002)، اما در عین حال باید توجه داشت که بذره‌های کاشته شده در کشت مستقیم باید جوانه‌زنی و یکنواختی بالاتری نسبت به کشت نشایی داشته باشند. بذره‌های کاشته شده در کشت مستقیم علاوه بر قرار گرفتن در دماهای پایین ممکن است با مشکلاتی هم‌چون گسترش جمعیت علف‌های هرز، خشکی، سیل و سایر شرایط نامطلوب دیگر مواجه شوند که موجب کاهش رونق این روش کشت در استان‌های تحت کشت برنج گردد. استفاده از تکنیک پیش‌تیمار بذر می‌تواند یکی از روش‌های موثر در جبران عوارض ناشی از کشت مستقیم برنج و افزایش کیفیت بذر باشد (Imran *et al.*, 2013). پیش‌تیمار بذر روشی است

1- *Oryza sativa* L.

که سبب فعال شدن مکانیسم‌های اولیه جوانه‌زنی قبل از کاشت می‌گردد (رزمی و حمیدی، ۱۳۹۵). برای این عمل در گیاهان مختلف مزایای زیادی ذکر شده است که از مهم‌ترین آن‌ها افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر می‌باشد (Iqbal *et al.*, 2020). بذور پیش‌تیمار شده پس از قرار گرفتن در بستر خود زودتر جوانه‌زده و در پی این امر استقرار در گیاهان حاصل از این بذور سریع‌تر، بهتر و در عین حال یکنواخت‌تر انجام می‌پذیرد (Hussain *et al.*, 2018). در واقع چنین گیاهی در مقایسه با گیاهان به‌وجود آمده از بذور تیمار نشده در طی زمان کوتاه‌تری سیستم ریشه‌ای خود را گسترش داده و با جذب مطلوب‌تر آب و مواد غذایی و تولید بخش‌های سبز فتوسنتز کننده زودتر به مرحله اتوتروفی (خودپروردگی) می‌رسند. تحقق چنین شرایطی به لحاظ زیستی و اکولوژیکی موقعیت ویژه‌ای به گیاهان حاصل از بذور پیش‌تیمار شده می‌دهد، به‌طوری که این وضعیت امکان بهره‌برداری مناسب‌تر از نهاده‌های محیطی نظیر آب، نور و غیره را به گیاه می‌دهد (Ruttanaruangboworn *et al.*, 2017). رایج‌ترین روش‌های پیش‌تیمار شامل پیش‌تیمار با آب و مواد اسمزی می‌باشد. بکارگیری تکنیک پیش‌تیمار (پرایمینگ) در برنج خصوصاً در شرایط کشت مستقیم به‌علت تسریع سرعت و درصد سبز شدن، یکنواختی سبز شدن و توسعه سیستم ریشه‌ای موجب ایجاد تاج‌پوشش مطلوب و افزایش شاخص سطح برگ و در نهایت افزایش جذب نور می‌گردد، در نتیجه در این شرایط افزایش شاخص برداشت، درصد پنجه‌های بارور، طول خوشه و دیگر اجزای عملکرد اتفاق می‌افتد (Rehman *et al.*, 2013). گزارش شده است پیش‌تیمار بذر برنج با کلرید کلسیم و آب در شرایط کشت مستقیم برنج سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد این گیاه زراعی نسبت به تیمار عدم پیش‌تیمار گردید که در این بین افزایش عملکرد ناشی از پیش‌تیمار با کلرید کلسیم به‌دلیل پروتئین‌سازی، طویل شدن سلول و ایجاد یک سیستم دفاع سلولی در برابر رادیکال‌های آزاد اکسیژن چشمگیرتر بود (Slaton *et al.*, 2001) و همکاران (۲۰۰۷) مشاهده کردند که پیش‌تیمار بذر برنج از طریق آب، کلرید پتاسیم، کلرید کلسیم و آسکورات به‌ترتیب سبب افزایش ۱۱، ۲۵، ۳۱ و ۲۰ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد. در همین راستا طی پژوهشی گزارش شد که پیش‌تیمار بذر برنج با کلرید کلسیم، کلرید پتاسیم و آب با بهبود ویژگی گیاهچه‌ای سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد برنج در شرایط کشت مستقیم برنج گردید (Ahmad *et al.*, 2013). Khaliq و همکاران (۲۰۱۵) نیز اظهار داشتند پیش‌تیمار با آب از طریق بهبود ویژگی گیاهچه‌ای و به‌دنبال آن افزایش شاخص سطح برگ موجب افزایش تعداد خوشه و عملکرد دانه در کشت مستقیم برنج می‌شود، بنابراین با توجه به اینکه شیوه کنونی کشت برنج در شمال کشور به‌روش سنتی - غرقابی است و مصرف آب در این شیوه خارج از توان منابع آبی و سفره‌های زیرزمینی است، لذا این پژوهش با هدف ارزیابی ویژگی گیاهچه‌ای و اثر آن بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج در استان مازندران در واکنش به پیش‌تیمار با مواد اسمزی و آب برای شناسایی بهترین تیمار انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر پیش تیمار بذر روی برنج در سیستم زراعی کشت مستقیم، آزمایشی در بهار سال ۱۳۹۸ در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵ دقیقه شرقی به ارتفاع ۱۳/۲ متر از سطح دریا انجام شد. متوسط بارندگی بلند مدت سالانه ۷۵۰ میلی‌متر و بیشینه و کمینه دمای سالانه نیز به ترتیب ۲۲/۸ و ۱۳/۴ درجه سانتی‌گراد و اقلیم منطقه بر اساس روش آمبرژه، معتدل است. ویژگی خاک محل انجام آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری

هدایت الکتریکی	اسیدیته	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	نیترژن	ماده آلی	بافت خاک
(دسی‌زیمنس بر متر)	(میلی‌گرم در کیلوگرم)	(میلی‌گرم در کیلوگرم)	(میلی‌گرم در کیلوگرم)	(درصد)	(درصد)	(درصد)
۲/۴	۷/۱	۱۸/۹	۲۵۴/۳	۰/۱۵	۱/۴	لومی - رسی

این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و سه تکرار انجام شد. فاکتورهای اعمال شده آزمایش شامل دو رقم برنج طارم و شیروودی و پیش تیمار در پنج سطح شامل پیش تیمار با آب (۲۴ ساعت)، کلرید کلسیم با پتانسیل اسمزی ۱/۲۵- مگاپاسکال در ۲۴ ساعت (۲۲/۵ گرم کلرید کلسیم در یک لیتر آب)، کلرید پتاسیم با پتانسیل اسمزی ۱/۲۵- مگاپاسکال در ۲۴ ساعت (۲۰/۷۴ گرم کلرید پتاسیم در یک لیتر آب)، اسید اسکوربات (۱۰ میلی‌گرم در یک لیتر آب به مدت ۲۴) و شاهد (عدم پیش تیمار) بود (اخگری و همکاران، ۱۳۹۶؛ Farooq *et al.*, 2006; Farooq *et al.*, 2007; Rehman *et al.*, 2015). برای انجام آزمایش ابتدا کلیه ظروف و سپس بذرها به طور کامل ضدعفونی شدند. بدین منظور بذرها با محلول هیپوکلریت سدیم ۳ درصد به مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی و پس از آن چند بار با آب مقطر شستشو گردیدند. بعد از اتمام مدت زمان پیش تیمار با مواد اسمزی، بذرها از بطری خارج و با آب مقطر شستشو شدند و بعد جهت خشک شدن به مدت ۷۲ ساعت در محیط سایه و دمای اتاق نگهداری شدند، به طوری که رطوبت آن‌ها به میزان اولیه رسید. در این بررسی از بذر تیمار نشده به عنوان شاهد استفاده شد.

در اواسط اردیبهشت ماه عملیات شخم بهاره انجام و سپس روتاری تیلر زده شد. پس از آماده سازی بستر کشت برای هر کرت، پنج ردیف به فاصله ۲۵ سانتی‌متر ایجاد شد و سپس بذرها را در اواخر اردیبهشت ماه با فاصله کاشت سه سانتی‌متر روی هر ردیف و فاصله بین هر ردیف ۲۵ سانتی‌متر و در کرت‌های به ابعاد ۲×۲ متر مربع بذرکاری به روش دستی شد. آبیاری در این تحقیق به صورت موضعی (تیپ) با توجه به دمای هوا و خشکی خاک مزرعه انجام شد.

مدیریت آب مزرعه در سه هفته اول به صورت غرقاب - خشک شدن متناوب انجام شد. پس از آن با افزایش ارتفاع گیاهچه-ها، سطح آب مزرعه نیز افزایش داده شد و در ادامه برابر با آبیاری رایج ادامه یافت. در طول دوره رشد، مزرعه عاری از هر گونه آفت، بیماری، علف‌های هرز و کمبود عناصر غذایی نگهداری شد. مقادیر کود مصرفی بر اساس توصیه‌های فنی معاونت تحقیقات برنج کشور (آمل) به صورت پایه و سرک مصرف شدند، به طوری که در این آزمایش ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن (از منبع کود اوره) و کودهای فسفر و پتاسیم هر کدام به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب از منبع دی‌فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم مصرف گردیدند. در این آزمایش ۵۰ درصد کود اوره به صورت پایه (قبل از کاشت) و ۲۵ درصد آن در زمان طویل شدن ساقه و ۲۵ درصد دیگر نیز در زمان تشکیل خوشه مصرف شد. کود فسفوری کامل به صورت پایه و کود پتاسی نیز ۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد نیز در زمان تشکیل خوشه به شکل سرک و نواری در اطراف بوته مصرف گردید. به منظور تعیین درصد و سرعت سبز شدن پس از شروع سبز شدن با بازدید روزانه از هر کرت، گیاهچه‌های سبز شده در یک خط کاشت مشخص شمارش شدند. برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل در مرحله گل‌دهی، هر بوته به سه بخش بالایی (برگ پرچم)، میانی و زیرین تقسیم شد. پس از جداسازی هر بخش، برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل برگ از دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD-502, Konika Minolta Co.) استفاده گردید. بدین صورت که برگ‌ها به سه قسمت فرضی تقسیم شد و پس از اندازه‌گیری SPAD هر بخش، میانگین هر قسمت به عنوان عدد SPAD آن لایه از برگ در نظر گرفته شد. به منظور محاسبه صفات مورد بررسی، ارتفاع بوته و تعداد پنجه‌های کل و بارور در زمان خوشه‌دهی اندازه‌گیری شد و پس از رسیدن محصول در هر یک از تیمارها ۲۰ بوته جدا و طول خوشه، تعداد خوشه در متر مربع، تعداد دانه در خوشه، طول خوشه و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. برای محاسبه مساحت برگ پرچم نیز از حاصل ضرب طول و عرض برگ پرچم در ۰/۷۵ استفاده شد (Yoshida, 1981). هم‌چنین جهت محاسبه عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در تاریخ هشتم شهریور ماه در رقم طارم و ششم مهر ماه در رقم شیروودی برداشت از سطح دو متر مربع صورت گرفت و پس از خرمن‌کوبی عملکرد دانه برای تیمارهای مختلف بر حسب رطوبت ۱۴ درصد محاسبه گردید. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

درصد و سرعت سبز شدن

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم بر درصد و سرعت سبز شدن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). درصد سبز شدن ارقام شیروودی و طارم به ترتیب با ۸۸ و ۷۸ درصد و سرعت سبز شدن به ترتیب ۰/۲۰ و

۰/۱۵ در روز مشاهده شد (جدول ۳). نتایج اثر پیش تیمار بر درصد و سرعت سبز شدن به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). اثر مقایسه میانگین درصد سبز شدن در تیمارهای مختلف پیش تیمار نشان داد که بیشترین مقدار این صفت با ۹۰ درصد متعلق به تیمار پیش تیمار با کلرید کلسیم بود که از نظر آماری اختلاف معنی داری با پیش تیمار کلرید پتاسیم و آب نداشت. کمترین درصد سبز شدن در تیمارهای شاهد و پیش تیمار با اسید آسکوربات مشاهده شد (جدول ۴). کاربرد کلرید کلسیم به دلیل تحریک سلولی و در اختیار قرار دادن کلسیم بیش تر برای بذر منجر به بهبود پارامترهای رشد گیاهچه‌ای می‌شود (نصراله‌الحسینی و همکاران، ۱۳۹۲). مقایسه میانگین سرعت سبز شدن در تیمارهای مختلف پیش تیمار نشان داد که بالاترین سرعت سبز شدن متعلق به تیمار پیش تیمار با کلرید کلسیم، کلرید پتاسیم و آب بود که به ترتیب ۵۰، ۳۶ و ۲۹ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت. کمترین سرعت سبز شدن نیز در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۴). یکی از دلایل اصلی افزایش سرعت جوانه‌زنی با تیمارهای پیش تیمار، تکمیل بخشی از مراحل متابولیسمی در جوانه‌زنی بذر است. در واقع بذور پیش تیمار شده از لحاظ مراحل جوانه‌زنی نسبت به بذور پیش تیمار نشده یک گام جلوتر هستند. در همین راستا گزارشات متعددی مبنی بر افزایش درصد و سرعت سبز شدن برنج تحت پیش تیمار با ترکیبات اسمزی مختلف ارائه شده است (Ahmad et al., 2013; Du et al., 2019). همچنین لطیفی و امیدی (۱۳۹۸) دلیل افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی گیاه برنج را به افزایش سنتز مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی مانند جیبرلین نسبت دادند که فعالیت آنزیم‌های خاصی از جمله آلفا آمیلاز، پروتئاز و نوکلئاز را موجب می‌شود.

ارتفاع بوته

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد برهم‌کنش رقم و پیش تیمار بر ارتفاع بوته پرچم در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین ارتفاع ارقام برنج در تیمارهای مختلف پیش تیمار نشان داد که بیشترین ارتفاع برنج متعلق به رقم شیروودی تحت تیمارهای پیش تیمار با کلرید کلسیم، کلرید پتاسیم و آب به ترتیب ۱۰۷/۳۵، ۱۰۳/۵۲ و ۱۰۳/۲۹ سانتی‌متر بود که از لحاظ آماری تفاوت معنی داری بین آن‌ها مشاهده نشد. به طور کلی ارتفاع بوته برنج در رقم طارم در کلیه تیمارهای پیش تیمار کم‌تر از رقم شیروودی بود، اما با این حال در رقم طارم تحت پیش تیمار مختلف ارتفاع بوته نسبت به تیمار عدم پیش تیمار در حدود ۵ تا ۱۲ درصد افزایش نشان داد (جدول ۵). بنابراین چنین استنباط می‌شود که رقم شیروودی نسبت به رقم طارم دارای پتانسیل ژنتیکی و کیفیت فیزیولوژیکی بالایی می‌باشد. شاید علت این اختلاف بین ارقام را می‌توان با کیفیت فیزیولوژیکی بذر توجیه کرد. به دلیل اینکه دوام هر مرحله جذب آب وابسته به خواص توارثی از جمله ساختارهای شیمیایی بذر و نفوذپذیری پوشش بذر است، چنین به نظر می‌رسد که این شرایط در رقم شیروودی بهتر بود. در مطالعه‌ای نشان داده شد که پیش تیمار کردن بذور با افزایش تعداد میان‌گره و یا افزایش فاصله بین گره‌ها

موجب افزایش ارتفاع بوته گندم^۱ می‌گردند (Tajnaksh et al., 2016). در پژوهشی Mahajan و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند پیش‌تیمار با کلرید پتاسیم و آب به ترتیب ۲۰ و ۵۰ درصد ارتفاع گیاهچه برنج را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. در همین راستا عنوان شد پیش‌تیمار با مواد اسمزی و آب سبب افزایش ارتفاع بوته برنج می‌شود (Farooq et al., 2018). در پژوهش دیگری نشان داده شد که پیش‌تیمار با آب در ماش^۲ موجب افزایش ارتفاع گیاه گردید (Haidar et al., 2020). ایشان جذب سریع‌تر آب و تسریع در شروع فرآیندهای متابولیکی را دلیل افزایش ارتفاع ذکر کردند.

مساحت برگ پرچم

نتایج تجزیه واریانس نشان داد برهم‌کنش رقم و پیش‌تیمار بر مساحت برگ پرچم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج برهم‌کنش رقم و پیش‌تیمار بر مساحت برگ پرچم نشان داد که پیش‌تیمار با کلرید کلسیم، کلرید پتاسیم، آسکوربات و آب به ترتیب ۹۲، ۹۰، ۸۶ و ۸۱ درصد در رقم شیرودی و ۷۸، ۵۵، ۵۴ و ۴۱ درصد در رقم طارم سبب افزایش این شاخص نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۵). مهدوی (۱۳۸۳) نیز در بررسی ارقام اصلاح شده و بومی برنج گزارش داد مساحت برگ پرچم در ارقام اصلاح شده بیش‌تر بود. احتمالاً پیش‌تیمار بذور برنج از طریق تسریع در سبز شدن موجب تسریع در افزایش سطح برگ پرچم می‌گردند. در همین راستا تاج‌بخش و همکاران (۱۳۹۴) بیان داشتند پیش‌تیمار هورمونی از طریق بهبود سرعت جوانه‌زنی و کاهش متوسط زمان ظهور گیاهچه موجب افزایش سطح برگ پرچم و وزن تر و خشک برگ گندم گردید. مهم‌ترین دلیل این امر را باید در بهره‌برداری مطلوب گیاه حاصل از بذور تیمار شده، از نهاده‌های در دسترس و در عین حال تولید آسیمیلات بیشتر و به تبع آن توسعه بیشتر برگ‌ها و تجمع زیست توده بیشتر در این اندام دانست. هم‌چنین طی پژوهشی El-Shafey و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند پیش‌تیمار بذور برنج با کلرید کلسیم و کلرید سدیم از طریق بهبود خصوصیات گیاهچه‌ای و به تبع آن استفاده کارآمدتر اندام‌های مورفولوژیکی از منابع، موجب افزایش سطح برگ پرچم شد. Mahboob و همکاران (۲۰۱۸) نیز دریافتند که پیش‌تیمار بذور گندم با کلرید کلسیم و اسید سالیسیلیک موجب افزایش به ترتیب ۲۰ و ۱۷ درصد مساحت برگ پرچم نسبت به تیمار شاهد گردید.

شاخص کلروفیل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهم‌کنش رقم و پیش‌تیمار بر میزان کلروفیل برگ در لایه‌های مختلف پوشش گیاهی معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌طور کلی نتایج مقایسه میانگین حاکی از آن است که مقدار شاخص کلروفیل لایه‌های مختلف پوشش گیاهی در کلیه تیمارهای پیش‌تیمار در رقم شیرودی بالاتر از رقم طارم بود. به‌نظر می‌رسد افزایش غلظت کلروفیل در ارقام مختلف مربوط به نقش ژنتیکی و افزایش بیوسنتز این رنگدانه‌های فتوسنتزی و

1-Triticum aestivum L

2-Vigna radiate (L.) wilczek

همچنین به تعویق انداختن تخریب و زوال آن‌ها باشد (رئیسی ساداتی و همکاران، ۱۳۹۹). با توجه به نتایج می‌توان دریافت در هر دو رقم مورد مطالعه شاخص کلروفیل در لایه‌های بالایی بیش‌ترین میزان بودند، حال آن‌که با نزدیک شدن به سطح زمین این شاخص روند نزولی یافت، به طوری که کم‌ترین میزان این شاخص در لایه‌های پایینی مشاهده شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین شاخص کلروفیل در برگ زیرین رقم شیروودی با ۲۸/۹۵، ۲۸/۱۹ و ۲۷/۹۶ به ترتیب تحت پیش‌تیمار با اسید اسکوربات، کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم مشاهده شد که در یک گروه آماری قرار گرفتند. هم‌چنین کم‌ترین مقدار این شاخص در برگ‌های زیرین نیز در تیمار شاهد با ۱۸/۸۲ و ۱۹/۷۴ به ترتیب در ارقام طارم و شیروودی گزارش شد. نتایج شاخص کلروفیل در برگ میانی موید این موضوع است که در هر دو رقم مورد بررسی، تیمارهای پیش‌تیمار به خوبی توانستند شاخص کلروفیل را نسبت به تیمار عدم پیش‌تیمار افزایش دهند، به طوری که نتایج نشان داد تیمارهای پیش‌تیمار با کلرید کلسیم، کلرید پتاسیم، اسید اسکوربات و آب به ترتیب ۴۶/۴۷، ۵۳/۳۹، ۵۷/۰۳ و ۳۷/۶۰ درصد در رقم شیروودی و به ترتیب ۲۷/۱۰، ۲۶/۳۹، ۲۵/۳۱ و ۱۸/۴۳ درصد در رقم طارم موجب افزایش شاخص کلروفیل نسبت به تیمار شاهد گردید. مقدار شاخص کلروفیل در برگ بالایی نیز نشان داد که بالاترین مقدار این شاخص در این سطح پوشش گیاهی با ۳۶/۴۷ در رقم شیروودی و تحت پیش‌تیمار با کلرید پتاسیم به دست آمد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با پیش‌تیمار با کلرید کلسیم و اسید اسکوربات در همین رقم را نداشت. به طور کلی نتایج به دست آمده در برگ بالایی نشان داد با وجود این که در هر دو رقم مورد مطالعه پیش‌تیمار با آب نسبت به سایر تیمارهای پیش‌تیمارها کارایی کم‌تری دارد، اما مشاهده شد که این تیمار در رقم شیروودی و طارم به ترتیب ۲۴ و ۱۱ درصد مقدار شاخص کلروفیل را نسبت به تیمار عدم پیش‌تیمار افزایش داد (جدول ۵). در همین راستا Singh و Usha (۲۰۰۳) بیان کردند که پیش‌تیمار بذر گندم با محلول اسمزی منجر به تولید گیاهچه‌هایی با کلروفیل کل بالاتری در مقایسه با تیمار شاهد در شرایط نرمال و تنش گردید. کلسیم و پتاسیم از ترکیبات غذایی بسیار مفید می‌باشند که نقش حیاتی در بذر دارند. این عناصر می‌توانند به عنوان یک محرک ثانویه در جذب سایر عناصر غذایی عمل کنند که به نوبه خود در افزایش فتوسنتز و بهبود شاخص کلروفیل نقش دارند (سوری و همکاران، ۱۳۹۵).

تعداد پنجه کل

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن است که اثرهای ساده رقم و پیش‌تیمار بر تعداد پنجه کل معنی‌دار بود (جدول ۶). مقایسه میانگین تعداد پنجه نشان داد که تعداد پنجه کل در ارقام شیروودی و طارم به ترتیب ۱۹/۴ و ۱۵/۱ عدد بود (جدول ۳). مقایسه میانگین تعداد پنجه کل در تیمارهای مختلف پیش‌تیمار نشان داد که پیش‌تیمار با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم دارای بیش‌ترین تعداد پنجه کل باعث شدند به طوری که در تیمارهای فوق تعداد پنجه نسبت به تیمار شاهد

به ترتیب ۲۸ و ۳۰ درصد افزایش داشتند. هم‌چنین پیش‌تیمار با آسکوربات و آب در یک گروه آماری قرار گرفتند که نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۷ و ۱۵ درصد برتری داشتند (جدول ۴). به نظر می‌رسد پیش‌تیمار بذر برنج تاثیر بسیار زیادی بر تسهیم ماده خشک گیاهی به مخازن اقتصادی بوته دارد، به طوری که موجب افزایش کارایی انتقال مواد فتوسنتزی شده و در نتیجه سبب افزایش تعداد پنجه کل می‌گردد. در همین راستا Farooq و همکاران (۲۰۰۷) دریافتند که پیش‌تیمار بذر برنج با آب، کلرید پتاسیم و کلرید کلسیم به ترتیب سبب افزایش ۱۴، ۱۵ و ۲۱ درصدی تعداد پنجه کل نسبت به تیمار شاهد شدند. هم‌چنین Rehman و همکاران (۲۰۱۵) طی آزمایشی اظهار داشتند که پیش‌تیمار بذر برنج با آب، کلرید پتاسیم و کلرید کلسیم موجب افزایش تعداد پنجه‌های بارور در واحد سطح در سیستم زراعی کشت مستقیم گردیدند. آن‌ها دلیل این برتری را به استقرار مناسب گیاهچه و در نهایت استفاده مطلوب از عوامل محیطی مانند نور، رطوبت خاک و عناصر غذایی نسبت دادند. طی پژوهش Nawaz و همکاران (۲۰۱۶) روی سیستم‌های مختلف زراعی کاشت برنج گزارش شد که پیش‌تیمار بذور با آب و کلرید کلسیم به طور میانگین موجب افزایش ۹ و ۱۰ درصد تعداد پنجه کل نسبت به تیمار شاهد گردیدند.

جدول ۲: تجزیه واریانس رقم و پیش‌تیمار بر درصد و سرعت سبز شدن، ارتفاع بوته، مساحت برگ پرچم و مقدار شاخص کلروفیل در توزیع عمودی پوشش گیاهی برنج

منبع تغییرات	درجه آزادی	درصد سبز شدن	سرعت سبز شدن	ارتفاع بوته	سطح برگ پرچم	کلروفیل برگ زیرین	کلروفیل برگ میانی	کلروفیل برگ بالایی
بلوک	۲	۱۴۱/۰۳	$0/1 \times 10^{-2}$	۳۵۰	۸۷/۶	۴/۶۵	۷/۴۳	۸/۷۱
رقم	۱	۷۱۰/۵۳ ^{ns}	$0/01^{**}$	۳۴۰۲/۳ ^{ns}	۱۹۴/۱ ^{ns}	۱۳۵/۵۱ ^{ns}	۱۰۶/۱۱ ^{ns}	۶۷/۲۹ ^{ns}
پیش‌تیمار	۴	۲۲۳/۱۳ ^o	$0/4 \times 10^{-2}$ ^{ns}	۱۸۹/۰۱ ^{ns}	۱۰۷ ^{ns}	۴۷/۹۲ ^{ns}	۷۷/۵۲ ^{ns}	۶۱/۸۷ ^{ns}
رقم × پیش‌تیمار	۴	۴۰/۸۷ ^{ns}	$0/2 \times 10^{-1}$ ^{ns}	۵/۷ ^{ns}	۸/۹ ^{ns}	۶/۴۲ ^o	۹/۴۰ ^{ns}	۸/۸۴ ^o
خطای آزمایشی	۱۸	۵۵/۶۲	$0/5 \times 10^{-2}$	۶/۲۱	۱/۵	۲/۲۶	۱/۸۷	۲/۳۵
ضریب تغییرات (درصد)	-	۹/۰۸	۱۳/۷۲	۱۲/۸	۶/۱	۶/۳۵	۵/۰۲	۴/۹۶

^{ns}، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطوح پنج و یک درصد می‌باشند.

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر رقم بر درصد و سرعت سبز شدن، تعداد پنجه در بوته، تعداد خوشه در بوته، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه گیاه برنج

رقم	درصد سبز شدن	سرعت سبز شدن (در روز)	تعداد پنجه در بوته	تعداد خوشه (متر مربع)	تعداد دانه در خوشه	وزن هزار دانه (گرم)
شیرودی	۸۸ a	۰/۲۰ a	۱۹/۴ a	۱۲۶/۸۳ a	۸۹/۴۳ a	۲۲/۴۷ a
طارم	۷۸ b	۰/۱۵ b	۱۵/۱ b	۷۰/۵۷ b	۶۶/۹۵ b	۲۲/۳۲ b
LSD _{0.05}	۷/۸۴	۰/۰۲	۱/۳۵	۶/۱۶	۹/۷۴	۰/۸۹

میانگین‌های در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد ندارند.

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر پیش تیمار بر بر درصد و سرعت سبز شدن، تعداد پنجه در بوته، تعداد خوشه در بوته و وزن هزار دانه گیاه برنج

پیش تیمار	درصد سبز شدن	سرعت سبز شدن (در روز)	تعداد پنجه در بوته	تعداد خوشه (متر مربع)	وزن هزار دانه (گرم)
شاهد (بدون پیش تیمار)	۷۴ b	۰/۱۴ c	۱۵/۵ b	۸۷/۴۸ b	۲۰/۶۴ c
کلرید کلسیم	۹۰ a	۰/۲۱ a	۱۹/۹ a	۱۰۶/۲۴ a	۲۴/۰۹ a
کلرید پتاسیم	۸۵ ab	۰/۱۹ ab	۲۰/۲ a	۱۰۵/۱۴ a	۲۳/۷۱ ab
آسکوربات	۷۸ b	۰/۱۶ bc	۱۶/۷ b	۹۷/۲۶ a	۲۲/۵۱ b
آب	۸۳ ab	۰/۱۸ abc	۱۷/۶ b	۹۷/۳۹ a	۲۳/۴ ab
LSD _{0.05}	۸/۳۹	۰/۰۴	۲/۱۴	۹/۷۴	۱/۴۱

میانگین‌های در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد ندارند.

جدول ۵: مقایسه میانگین برهم کنش پیش تیمار و رقم بر ارتفاع بوته، مساحت برگ پرچم، تعداد پنجه بارور و مقدار شاخص کلروفیل در توزیع عمودی پوشش گیاهی برنج

رقم	پیش تیمار	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	سطح برگ پرچم (سانتی - برگ)	تعداد پنجه بارور	کلروفیل برگ زیرین	کلروفیل برگ میانی	کلروفیل برگ بالایی
شیرودی	شاهد (بدون پیش تیمار)	۸۶/۷۸ c	۱۳/۲ d	۲۰/۳۳ d	۱۹/۷۴ cd	۲۰/۹۶ e	۲۵/۳۴ e
	کلرید کلسیم	۱۰۷/۳۵ a	۲۵/۳ a	۲۸/۵۲ a	۲۸/۱۹ a	۳۰/۷ ab	۳۳/۴۲ ab
	کلرید پتاسیم	۱۰۳/۵۲ ab	۲۵/۱ a	۲۶/۷۳ ab	۲۷/۹۶ a	۳۲/۱۵ a	۳۶/۴۷ a
	آسکوربات	۹۹/۹۷ b	۲۴/۶ a	۲۲/۶۳ cd	۲۸/۹۵ a	۳۲/۸۸ a	۳۵/۳۱ a
	آب	۱۰۳/۲۹ ab	۲۳/۹ d	۲۵/۱۱ bc	۲۴/۲۷ b	۲۸/۸۴ bc	۳۱/۴۴ bc
طارم	شاهد (بدون پیش تیمار)	۷۴/۰۵ e	۱۱/۹ d	۱۱/۵۱ f	۱۸/۸۲ d	۲۱/۲۲ e	۲۵/۹۷ de
	کلرید کلسیم	۸۳/۴۷ cd	۲۱/۲ b	۱۶/۲۲ e	۲۲/۸۹ bc	۲۶/۹۷ cd	۳۰/۷۶ bc
	کلرید پتاسیم	۷۹/۶۱ de	۱۸/۵ c	۱۶/۱۳ e	۲۲/۳۳ bc	۲۶/۸۲ cd	۳۰/۷۹ bc
	آسکوربات	۷۷/۷۹ e	۱۸/۳ c	۱۴/۴۳ e	۲۳/۱۱ bc	۲۶/۵۹ cd	۳۰/۶۲ bc
	آب	۷۹/۴۹ de	۱۶/۸ c	۱۵/۲۸ e	۲۰/۷ cd	۲۵/۱۳ d	۲۸/۸۷ cd
LSD _{0.05}	۴/۲۷	۲/۲۱	۴/۲۷	۲/۵۷	۲/۳۴	۲/۶۳	

میانگین‌های در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد ندارند.

جدول ۶: تجزیه واریانس اثرهای رقم و پیش تیمار بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد پنجه کل	تعداد پنجه - های بارور	تعداد خوشه	طول خوشه	تعداد دانه در خوشه	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد	شاخص برداشت
تکرار	۲	۳۹/۷۴	۵/۴	۴۲۲	۵/۸	۱۲۸۲	۳/۰۶	۱۲۶۸۴۶	۲۰۰۹۱۵	۳/۳
رقم	۱	۱۵۱۶**	۷۴۳**	۳۳۷۳۳**	۶۴/۹**	۳۷۹۰**	۹/۸**	۶۱۶۱۳۲۶۸**	۳۷۴۹۳۶۲۴۲**	۱۳/۳ ^{ns}
پیش تیمار	۴	۵۵/۷**	۳۹/۱**	۳۴۳**	۲۰/۴*	۱۵۰ ^{ns}	۱۱/۶**	۴۱۱۰۲۱**	۱۴۸۹۹۶۹**	۸۰/۵**
رقم × پیش تیمار	۴	۱/۷ ^{ns}	۳/۹**	۴۰/۶ ^{ns}	۰/۳۶ ^{ns}	۱۹ ^{ns}	۰/۳۱ ^{ns}	۱۵۰۵۳۰۸۲ ^{ns}	۱۸۷۰۳۹ ^{ns}	۱/۵ ^{ns}
خطای آزمایشی	۱۸	۹/۱	۱/۷	۳۴/۴	۰/۸۹	۸۵/۹	۰/۷۲	۳۵۹۹۱	۲۴۷۷۰۶	۲/۴
ضرب تغییرات	-	۱۳/۶	۶/۶	۵/۹	۴/۱	۱۱/۸	۳/۷	۱۴/۶	۵/۱	۳/۶

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطوح پنج و یک درصد می‌باشند.

تعداد پنجه‌های بارور

نتایج تجزیه واریانس نشان داد برهم‌کنش رقم و پیش‌تیمار بر تعداد پنجه‌های بارور در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). مقایسه میانگین تعداد پنجه کل دو رقم برنج و در تیمارهای مختلف پیش‌تیمار نشان داد که بیش‌ترین تعداد پنجه‌های بارور متعلق به رقم شیروودی در تیمارهای پیش‌تیمار با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم بود که به ترتیب ۴۰ و ۳۱ درصد نسبت به تیمار شاهد در همین رقم بیش‌تر بود. افزایش پنجه‌های بارور به وسیله پیش‌تیمار بذر با کلرید کلسیم و پتاسیم را می‌توان به دلیل سبز شدن بهتر، رشد سریع گیاهچه، استقرار مناسب و در نهایت استفاده مطلوب از عوامل محیطی نور، رطوبت خاک و عناصر غذایی نسبت داد (Ashraf and Foolad, 2005). هم‌چنین نتایج برهم‌کنش حاکی از آن بود که کم‌ترین تعداد پنجه‌های بارور متعلق به رقم طارم در تیمار بدون پیش‌تیمار بود. نتایج هم‌چنین نشان داد که پیش‌تیمار رقم طارم با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم به ترتیب ۴۱ و ۴۰ درصد تعداد پنجه‌های بارور را نسبت به تیمار عدم پیش‌تیمار افزایش داد (جدول ۵). در همین راستا Farooq و همکاران (۲۰۰۶) مشاهده کردند پیش‌تیمار بذر برنج با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم به ترتیب باعث ۷ و ۱۳ درصد افزایش پنجه‌های بارور نسبت به تیمار شاهد گردیدند. Du و Tuong (۲۰۰۲) بیان داشتند که پیش‌تیمار با کلرید پتاسیم موجب افزایش پنجه‌های بارور نسبت به تیمار شاهد در گیاه برنج شد. به نظر می‌رسد علت افزایش پنجه‌های بارور به دلیل تحریک رشد اولیه گیاهچه به کمک پیش‌تیمار است، به طوری که پیش‌تیمار از طریق تامین عناصر غذایی ضروری مورد نیاز برای رشد در اوایل فصل رشد می‌تواند موجب سبز شدن سریع گیاهچه و ورود زودتر آن‌ها به مرحله اتوتروف و در نهایت دستیابی سریع‌تر به سطح سبز مطلوب گردد که در این حالت با افزایش توانایی جذب منابع موجب بهبود ویژگی زایشی از جمله پنجه‌های بارور می‌گردد. به نظر می‌رسد پیش‌تیمار با عناصر غذایی مانند کلسیم و پتاسیم با نقش کلیدی در واکنش‌های آنزیمی، تنفس، جذب و تثبیت دی‌اکسیدکربن، سنتز پروتئین‌ها و اثر آن بر فتوسنتز از طریق تنظیم کار روزنه‌ها و رابطه آب در گیاه و افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های محیطی نقش بسیار مهمی در افزایش عملکرد گیاهان در شرایط تنش خشکی دارد (Farooq et al., 2007; Wang et al., 2013).

تعداد و طول خوشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای اصلی رقم و پیش‌تیمار در سطح احتمال یک درصد بر تعداد خوشه در متر مربع معنی‌دار بود، اما برهم‌کنش آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تعداد خوشه در بوته در ارقام شیروودی و طارم به ترتیب ۱۲۷ و ۷۰/۶ عدد در هر متر مربع و طول خوشه نیز به ترتیب ۲۴/۹ و ۲۱/۲ سانتی‌متر بودند (جدول ۳). هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که پیش‌تیمار با کلرید کلسیم، کلرید پتاسیم،

آسکوربات و آب به ترتیب باعث افزایش تعداد خوشه بارور به میزان ۲۱، ۲۰، ۱۱ و ۱۱ درصد نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۴). به نظر می‌رسد افزایش تعداد خوشه در متر مربع در اثر پیش تیمار بذر ناشی از جوانه زنی مطلوب و استقرار مناسب بوته حاصل از بذر تیمار شده می‌باشد. در اثر این امر روند رشد رویشی و به تبع آن رشد زایشی گیاه از جمله تعداد خوشه بهبود می‌یابد. به نظر می‌رسد استفاده از تکنیک پیش تیمار سبب تولید ساقه‌های قوی‌تر و ضخیم‌تر و سیستم ریشه‌ای گسترده می‌شود و نیز برگ‌ها به صورت عمودی‌تر قرار گرفته که سبب افزایش فتوسنتز می‌شود که در این حالت تعداد پنجه‌های بارور و تعداد خوشه در متر مربع نیز افزایش می‌یابد (Musa et al., 2001). Ghassemi-Golezani و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان دادند پیش تیمار با آب در تیمارهای ناشی از تاخیر در کاشت به خوبی سبب افزایش تعداد غلاف در متر مربع در عدس^۱ شدند. بر اساس گزارش Clark و همکاران (۲۰۰۱) پیش تیمار با مواد اسمزی بذر کلزا^۲ سبب افزایش قابل ملاحظه تعداد خورجین در واحد سطح می‌گردد. هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین اثر پیش تیمار بر طول خوشه نشان داد که پیش تیمار با کلرید کلسیم، کلرید پتاسیم، آسکوربات و پیش تیمار با آب به ترتیب ۲۱، ۱۹، ۱۷ و ۲۳ درصد نسبت به تیمار افزایش داده است (جدول ۴).

تعداد دانه در خوشه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم بر تعداد دانه در خوشه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج نشان داد که تعداد دانه در خوشه در رقم شیروودی به میزان ۲۲/۵ عدد بیش‌تر از رقم طارم بود (جدول ۳). علت افزایش تعداد دانه در رقم شیروودی را می‌توان به پتانسیل ژنتیکی و کیفیت فیزیولوژیکی این رقم نسبت داد (دستان و همکاران، ۱۳۹۳). پتانسیل ژنتیکی ارقام در بهبود تعداد دانه توسط سایر پژوهشگران نیز ثابت شده است (طاهری و همکاران، ۱۳۹۷).

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس موید این مسئله بود که اثرهای اصلی رقم و پیش تیمار بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج نشان داد که وزن هزار دانه در ارقام شیروودی و طارم به ترتیب ۲۳/۵ و ۲۲/۳ گرم بود (جدول ۳). بالاترین وزن هزار دانه با ۲۴/۱ و ۲۳/۷ گرم به ترتیب تحت پیش تیمار با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم به دست آمد که از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند. هم‌چنین اثر پیش تیمار با آسکوربات و آب به ترتیب ۹ و ۱۴ درصد نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش وزن هزار دانه شد (جدول ۴). در پژوهشی ثابت شد پیش تیمار با مواد اسمزی و آب به ترتیب سبب افزایش ۱۱ و پنج درصد وزن هزار دانه نسبت به تیمار شاهد در گیاه زراعی برنج گردیدند. آن‌ها هم‌چنین افزایش وزن دانه به واسطه

1- *Lens culinaris*

2- *Brassica napus* L.

پیش‌تیمار را عمدتاً ناشی از افزایش طول دوره یا سرعت پر شدن نسبت دادند که در این مورد قدرت مخزن نقش کلیدی دارد (Nawaz *et al.*, 2016). Rehman و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی اثر پیش‌تیمار بر وزن هزار دانه ذرت بیان داشتند که پیش‌تیمار با آب و مواد اسمزی سبب افزایش به‌ترتیب دو و پنج درصدی در کاشت زود هنگام و هم‌چنین سبب افزایش دو و سه درصدی وزن هزار دانه در تاریخ کاشت مطلوب شدند. در پژوهشی دیگر نشان داده شد پیش‌تیمار با آب و مواد اسمزی سبب افزایش ۱۰ درصدی وزن هزار دانه نسبت به تیمار شاهد در گیاه دانه روغنی آفتابگردان^۱ گردید (Hussain *et al.*, 2006). در پژوهشی دلیل افزایش وزن دانه تحت پیش‌تیمار را به افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده نشاسته نسبت دادند (Kaur *et al.*, 2009).

عملکرد دانه و بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای اصلی رقم و پیش‌تیمار در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه و بیولوژیک معنی‌دار بود، اما برهم‌کنش آن‌ها اثر معنی‌دار بر این صفات نشان نداد (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین نشان داد عملکرد دانه در ارقام شیروودی و طارم به‌ترتیب ۵۵۱۳ و ۲۶۴۷ کیلوگرم در هکتار و عملکرد بیولوژیک نیز به‌ترتیب ۱۳۲۲۳ و ۹۱۵۳ کیلوگرم در هکتار بود. اثر پیش‌تیمار با کلرید کلسیم، کلرید پتاسیم، آسکورات و آب به‌ترتیب ۱۹، ۱۴، ۱۰ و ۱۴ درصد نسبت به تیمار شاهد سبب افزایش عملکرد دانه گردید (جدول ۷). این نتایج با یافته‌های Farooq و همکاران (۲۰۰۶) که بیان داشتند پیش‌تیمار با کلرید پتاسیم و کلرید کلسیم سبب افزایش به‌ترتیب ۱۸ و ۱۵ درصدی عملکرد دانه در برنج می‌شود نیز مطابقت دارد. آن‌ها هم‌چنین افزایش عملکرد دانه بذره‌ای پیش‌تیمار شده را به بهبود ویژگی گیاهچه‌ای ناشی از افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده مثل آلفا آمیلاز، افزایش سطح انرژی به‌دلیل افزایش ATP، سنتز DNA و RNA، افزایش و هم‌چنین ارتقاء عملکرد میتوکندری‌ها دانستند. در مطالعه‌ای گزارش شد که پیش‌تیمار با کلرید پتاسیم و آب به‌ترتیب سبب افزایش ۱۱ و ۲۲ درصدی عملکرد دانه در کشت مستقیم برنج گردید (Mahajan *et al.*, 2011). هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بالاترین عملکرد بیولوژیک در تیمارهای پیش‌تیمار شده مشاهده شد که از نظر آماری در یک گروه معنی‌دار قرار گرفتند (جدول ۷). در همین راستا Kant و همکاران (۲۰۰۴) طی پژوهشی اظهار داشتند که پیش‌تیمار با آب و مواد اسمزی به‌ترتیب عملکرد بیولوژیک را ۱۲ و ۸ درصد افزایش داد. Mahboob و همکاران (۲۰۱۵) نیز گزارش کردند که در کشت ذرت، پیش‌تیمار با اسید سالیسیلیک و آب سبب افزایش به‌ترتیب ۸ و ۱۱ درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به تیمار شاهد شدند. Hussain و همکاران (۲۰۰۶) اظهار داشتند پیش‌تیمار با نیترات پتاسیم، کلرید سدیم و آب سبب افزایش ۸ درصدی عملکرد بیولوژیک گیاه دانه روغنی

1- *Helianthus annuus* L.

آفتابگردان نسبت به تیمار شاهد شدند. به طور کلی افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به وسیله پیش تیمار بذر همچنان که محققین دیگر نیز گزارش کرده اند، می تواند به دلیل بهبود ویژگی های آنتی آکسیدانی، رشد سریع گیاهچه، استقرار مناسب و در نهایت استفاده مطلوب از عوامل محیطی نور، رطوبت خاک و عناصر غذایی باشد (عباس دخت و همکاران، ۱۳۹۵؛ صیامی و همکاران، ۱۳۹۶؛ Adornis *et al.*, 2020).

جدول ۷: مقایسه میانگین اثر ساده رقم و پیش تیمار بر عملکرد دانه،

عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت

رقم	عملکرد دانه		شاخص برداشت (درصد)
	(کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	
شیرودی	۵۵۱۳ a	۱۳۲۲۳ a	۴۳/۱۵ a
طارم	۲۶۴۷ b	۹۱۵۳ b	۴۱/۸۲ a
LSD _{0.05}	۱۹۹	۵۲۳	۱/۶۲
پیش تیمار			
شاهد (بدون پیش تیمار)	۳۶۵۹ c	۸۶۹۶ b	۳۸/۲۴ d
کلرید کلسیم	۴۳۴۷ a	۹۶۲۵ a	۴۷/۴۵ a
کلرید پتاسیم	۴۱۸۲ ab	۹۴۱۸ a	۴۴/۷۴ b
آسکوربات	۴۰۲۴ b	۹۱۹۵ a	۴۱/۸۶ c
آب	۴۱۸۸ ab	۹۳۲۱ a	۴۰/۱۱ cd
LSD _{0.05}	۳۱۵	۸۲۷	۲/۵۶

میانگین های در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی داری بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد ندارند.

نتیجه گیری

کشت مستقیم برنج می تواند به عنوان رویکردی مناسب برای کشاورزان قابل ترویج باشد، اما این سیستم کشت دارای محدودیت هایی است که موجب کاهش عملکرد در واحد سطح می شود. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که پیش تیمار بذر برنج با کلرید کلسیم، کلرید پتاسیم و آب با افزایش ۱۹-۱۴ درصدی عملکرد به عنوان بهترین تیمار بذر معرفی شد، به طوری که با بهبود ویژگی گیاهچه ای و فیزیولوژیکی موجب افزایش رشد، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه برنج گردید. این مسئله می تواند در بهبود کارکرد بذر و افزایش کیفیت بذر در شرایط کشت مستقیم بذر موثر باشد. لذا می توان به کشاورزان توصیه کرد که از روش مدیریت زراعی ساده و ارزان قیمت پیش تیمار بذر با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم (۲۲/۵ گرم کلرید کلسیم و ۲۰/۷۴ گرم کلرید پتاسیم در یک لیتر آب با پتانسیل اسمزی ۱/۲۵- مگاپاسکال در ۲۴ ساعت) استفاده نمایند.

منابع

- اخگری، ح.، اصفهانی، م.، محسن آبادی، غ.ر. و اعلمی، ع. ۱۳۹۶. اثر پرایمینگ بذر بر شاخص‌های خوابیدگی بوته دو رقم برنج (*Oryza sativa* L.) در روش کشت مستقیم. نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۷(۳): ۱۴۳-۱۲۹.
- تاج‌بخش، م.، حسن‌زاده قورت تپه، ع. و آقای اوچلار، ر. ۱۳۹۴. تاثیر تیمارهای مختلف پرایمینگ بر ویژگی‌های مرفوفیزیولوژیکی و عملکرد دو رقم گندم در شرایط مطلوب و قطع آبیاری. نشریه پژوهش‌های کاربردی زراعی. ۲۸(۴): ۷۴-۸۴.
- دستان، س.، نورمحمدی، ق. و مدنی، ح. ۱۳۹۳. مقایسه صفات زراعی چهار رقم برنج در نظام‌های کاشت در منطقه نکا. نشریه به‌زراعی کشاورزی. ۱۶(۲): ۲۴۶-۲۳۱.
- رزمی، ز. و حمیدی، ر. ۱۳۹۵. اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بذر و فواصل مختلف آبیاری بر ویژگی‌های بیوشیمیایی دو رقم گندم نان (*Triticum aestivum* L.). نشریه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۸(۲۹): ۷۳-۸۷.
- رئییسی‌ساداتی، س.ی.، جهانبخش گده کهریز، س.، عبادی، ع. و صدقی، م. ۱۳۹۹. اثر محلول‌پاشی نانو اکسید روی بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک گندم تحت تنش خشکی. نشریه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱۲(۴۶): ۶۴-۴۵.
- سوری، م.ک.، عرب، م.ا.، توحیدلو، ق. و کاشی، ع.ک. ۱۳۹۵. تاثیر برخی تیمارهای پرایمینگ بر کیفیت جوانه‌زنی بذر گیاه آرتیشو. نشریه علوم و فناوری بذر ایران. ۵(۲): ۹۴-۸۵.
- صیامی، ر.، میرشکاری، ب.، فرح‌وش، ف.، رشیدی، و. و تازی‌نژاد، ع.ر. ۱۳۹۶. اثر پرایمینگ بذر با سالیسیلیک اسید و تنش کم‌آبی بر فعالیت‌های آنزیمی و عملکرد ذرت دانه‌ای. نشریه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۹(۳۴): ۳۵-۲۳.
- طاهری، ش.، غلامی، ا.، عباس‌دخت، ح. و مکاریان، ح. ۱۳۹۷. پاسخ عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت دانه ارقام گلرنگ به تنش کم‌آبی و پرایمینگ بذر. نشریه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱۰(۳۸): ۵۸-۳۹.

عباس‌دخت، ح.، افشاری، ح.، اوجی، ا. و طاهری، ش. ۱۳۹۵. اثر پرایمینگ بذر و سطوح مختلف کاربرد نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی آفتابگردان رقم پروگرس. نشریه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۸ (۲۹): ۱۲۰-۱۰۵.

لطیفی، س.ع. و امید، ح. ۱۳۹۸. اثر پرایمینگ بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر و گیاهچه برنج رقم عنبربو، تحت تنش کم‌آبی. نشریه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱۱ (۴۴): ۲۱-۵.

مهدوی، ف. ۱۳۸۳. مطالعه شاخص‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی رشد در ارقام جدید و قدیم برنج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه مازندران. ۱۵۰ ص.

نصراله‌الحسینی، م.، رحمانی، ا. و خاوری خراسانی، س. ۱۳۹۲. بررسی شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و میزان جذب سدیم، کلر، کلسیم و پتاسیم بخش‌های مختلف گیاهچه ذرت شیرین هیبرید KSC 403 تحت تنش شوری و پرایمینگ. نشریه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۳ (۲۷): ۳۷۲-۳۵۷.

Adornis, D.N., Rapetsoa, M.C., Wakindiki, I.I. and Zerizghy, M.G. 2020. Micronutrient seed priming improves maize (*Zea mays*) early seedling growth in a micronutrient deficient soil. *Heliyon*. 6: 1-10.

Ahmad, R., Hussain, S., Farooq, M., Rehman, A.U. and Jabbar A. 2013. Improving the performance of direct-seeded system of rice intensification by seed priming. *International Journal of Agriculture and Biology*. 15: 791-794.

Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2005. Pre-sowing seed treatment– A shot-gun approach to improve germination, plant growth and crop yield under saline and non-saline conditions. *Advances in Agronomy*. 88: 223- 271.

Balasubr, V. and Hill, J. 2002. Direct seeding of rice in Asia: Emerging issues and strategic research needs for the 21st century. In: Pandey S, Mortimer M, Wade L, Tuong TP, Lopez K and Hardy, B, (eds) *Direct Seeding: Research Issues and Opportunities*. Proceeding of the International Workshop on Direct Seeding in Asia Rice Systems: Strategic Research Issues and Opportunities, 25-28 January. Bangkok, Thailand. Pp-15-39.

Clark, L.J., Whalley, W.R., Ellis-Jones, J., Dent, K., Rowse, H.R., Finch-Savage, W.E., Gatsai, T., Jasi, L., Kaseke, N.E., Murungu, F.S., Riches, C.R. and Chiduza, C. 2001. On-farm seed priming in maize: a physiological evaluation. In: proceeding of the Seventh Eastern and southern Africa Regional Maize Conference. 11-15th February. Nairobi, Kenya, pp. 268-273.

Ding, J., Hou, G.G., Dong, M., Xiong, S., Zhao, S. and Feng, H. 2018. Physicochemical properties of germinated dehulled rice flour and energy requirement in germination as affected by ultrasound treatment. *Ultrasonics Sonochemistry*. 41: 484-491.

Du, L.V. and Tuong, T.P. 2002. Enhancing the performance of dry-seeded rice: effects of seed priming, seedling rate, and time of seedling. In: Pandey, S., Mortimer, M., Wade, L., Tuong, T.P., Lopes, K. and Hardy B. (eds), Direct seeding: Research strategies and opportunities. International Research Institute, Manila, Philippines. 241-256.

Du, B., Luo, H., He, L., Zheng, L., Liu, Y., Mo, Z., Pan, S., Tian, H., Duan, M. and Tang, X. 2019. Rice seed priming with sodium selenate: Effects on germination, seedling growth, and biochemical attributes. *Scientific Reports*. 9 (1): 1-9.

El-Shafey, R.A.S., Rabab, M. and Elmawi, M. 2010. Effect of seed priming on infection with tip nematode, seed-borne fungi, rice yield and yield components in Egypt. *Journal of Plant Protection and Pathology*. 1(12): 991-1007.

Food and Agriculture Organization (FAO), 2018. Seed of rice, paddy in FAO. Retrieved March 4, 2020, from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.

Farooq, M., Basra, S.M.A. and Hafeez, K. 2006. Seed invigoration by osmohardening in coarse and fine rice. *Seed Science and Technology*. 34: 181-187.

Farooq, M., Basra, S.M.A. and Ahmad, N. 2007. Improving the performance of transplanted rice by seed priming. *Plant Growth Regulation*. 51: 129-137.

Farooq, M., Ullah, A., Rehman, A., Nawaz, A., Nadeem, A., Wakeel, A., Nadeem, F. and Siddique, K.H.M. 2018. Application of zinc improves the productivity and bio fortification of fine grain aromatic rice grown in dry seeded and puddled transplanted production systems. *Field Crops Research*. 216: 53-62.

Ghassemi-Golezani, K., Chadordooz-Jeddi, A., Nasrollahzadeh, S. and Moghaddam, M. 2010. Effect of hydropriming duration on seedling vigour and grain yield of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 38(1): 109-113.

Haider, M.U., Hussain, M., Farooq M. and Ahmad, N. 2020. Optimizing zinc seed priming for improving the growth, yield and grain biofortification of mungbean (*Vigna radiata* (L.) wilczek). *Journal of Plant Nutrition*. 43(10): 1438-1446.

Hussain, M., Frooq, M., Basra, S.M.A. and Ahmad, N. 2006. Influence of seed priming techniques on the seedling establishment yield and quality of hybrid sunflower. *International Journal of Agriculture and Biology*. 1: 14-18.

Hussain, S., Khan, F., Cao, W., Wu, L. and Geng, M. 2016. Seed priming alters the production and detoxification of reactive oxygen intermediates in rice seedlings grown under sub-optimal temperature and nutrient supply. *Frontiers in Plant Science*. 7: 1-14.

Hussain, S., Khaliq, A., Tanveer, M., Matloob, A. and Hussain, H.A. 2018. Aspirin priming circumvents the salinity-induced effects on wheat emergence and seedling growth by regulating starch metabolism and antioxidant enzyme activities. *Acta Physiologiae Plantarum*. 40(4): 1-12.

Imran, M., Mahmood, A., Romheldand, V. and Neuman, G. 2013. Nutrient seed priming improves seedling development of maize exposed to low root zone temperatures during early growth. *European Journal of Agronomy*. 49: 141-148.

International Rice Research Institute (IRRI), 2010. Rice almanac (4th). International Rice Research Institute, Los Banos (Philippines).

Iqbal, S., Khan, A.M., Dilshad, I., Moatter, K., Ahmad, T. and Gilani, S.A. 2020. Influence of seed priming with GuSO_4 and ZnSO_4 on germination and seedling growth of oat under NaCl stress. *Pure and Applied Biology*. 9: 897-912.

Kant, S., Pahuja, S.S. and Pannu, R.K. 2004. Effect of seed priming on growth and phenology of wheat under late-sown conditions. *Tropical Science*. 44: 9-15.

Kaur, S., Gupta, A.K., Kaur, N., Sandhu, J.S. and Gupta, S.K. 2009. Antioxidative enzymes and sucrose synthase contribute to cold stress tolerance in chickpea. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 195(5): 393-397.

Khaliq, A., Aslam, F., Matloob, A., Hussain, S., Geng, M., Wahid, A. and Rehman, H. 2015. Seed priming with selenium: consequences for emergence, seedling growth, and biochemical attributes of rice. *Biological Trace Element Research*. 166(2): 236-244.

Liu, L., Zhu, Y., Tang, L., Cao, W. and Wang, E. 2013. Impacts of climate changes, soil nutrients, variety type and management practices on rice yield in East China: A case study in the Taihu region. *Field Crops Research*. 149: 40-48.

Mahajan, G., Sarlach, R.S., Japinder, S. and Gill, M.S. 2011. Seed priming effects on germination, growth and yield of dry directed-seeded rice. *Journal of Crop Improvement*. 25(4): 409-417.

Mahboob, W., Rehman, H.R., Basra, S.M.A., Afzal, I., Abbas, M.A., Naeem, M. and Sarwar, M. 2015. Seed priming improves the performance of late sown spring maize (*Zea mays* L.) through better crop stand and physiological attributes. *International Journal of Agriculture and Biology*. 17: 491-498.

Mahboob, W., Khan, M.A., Shirazi, M.U., Faisal, S. and Asma, M. 2018. Seed priming induced high temperature tolerance in wheat by regulating germination metabolism and physiological-biochemical properties. *International Journal of Agriculture and Biology*. 20: 2140-2148.

Musa, A., Harris, D., Johansen, C. and Kumar, J. 2001. Short duration chick pea to replace fallow after a man-rice: the role of on farm seed priming in the High Barind Tract of Bangladesh. *Experimental Agriculture*. 37(4): 509-521.

Nawaz, A., Farooq, M., Ahmad, R., Basra, S.M.A. and Lal, R. 2016. Seed priming improves stand establishment and productivity of no till wheat grown after direct seeded aerobic and transplanted flooded rice. *European Journal of Agronomy*. 76: 130-137.

Rehman, H.U., Basra, S.M.A. and Farooq, M. 2011. Field appraisal of seed priming to improve the growth, yield, and quality of direct seeded rice. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 35: 357-365.

Rehman, H.U., Basra, S.M.A. and Wahid, A. 2013. Optimizing nitrogen split application time to improve dry matter accumulation and yield in dry direct seeded rice. *International Journal Agriculture and Biology*. 15(1): 41-47.

Rehman, H.U., Kamran, M., Basra, S.M.A., Afzal, I. and 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.

Ruttanaruangboworn, A., Chanprasert, W., Tobunluepop, P. and Onwimol, D. 2017. Effect of seed priming with different concentrations of potassium nitrate on the pattern of seed imbibition and germination of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Integrative Agriculture*. 16(3): 605-613.

Singh, B. and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Regulation*. 39: 137-141.

Slaton, N.A., Wilson, C.E., Ntamatungiro, S., Norman, R.J. and Boothe, D.L. 2001. Evaluation of zinc seed treatments for rice. *Agronomy Journal*. 93: 152-157.

Tajbakhsh, M., Hasanzadeh, A. and Aghaii, R. 2016. Effect of different priming treatments on morphophysiological characteristics and yield of two wheat cultivars under optimum and irrigation conditions. *Applied Field Crops Research*. 4: 74-84.

Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q. and Guo, S. 2013. The critical role of potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Sciences*. 14(4): 7370-7390.

Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. Los Banos, Philippine, International Rice Research Institute Press.

Zeb, T. and Arif, M. 2008. Effect of zinc application methods on yield and yield components of maize. *Australian Journal of Crop Science*. 3(2): 37-41.