علوم و تحقیقات بذر ایران
سال پنجم/ شماره اول/ ۱۳۹۷ (۱۰۷ - ۹۵)

DOI: 10.22124/jms.2018.2903

تأثیر هالوپرایمینگ بذر بر جوانه‌زنی و خصوصیات فیزیولوژیک گیاهچه ارقام گندم (*Triticum aestivum*) قدس و نیک‌نژاد در شرایط تنش شوری

روزبه فرهودی*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۲۳

چکیده

آزمایش به منظور تأثیر پرایمینگ بذر گندم با محلول نمکی بر جوانه‌زنی، محتوی برخی هورمون‌ها و پایداری غشای سلولی در شرایط تنش شوری انجام شد. آزمایش بر اساس آزمایش فاکتوریل با سه فاکتور در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام شد. فاکتور اول سطوح تنش شوری (۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار نمک کلرید سدیم)، فاکتور دوم سطوح پرایمینگ بذر (صفر، ۱ درصد، ۲ درصد و ۳ درصد نیترات پتاسیم) و فاکتور سوم ارقام گندم شامل رقم نیک‌نژاد (متحمل به شوری) و رقم قدس (حساس به شوری) بود. پرایمینگ بذر گندم با نمک نیترات پتاسیم سبب افزایش جوانه‌زنی بذر، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز و محتوی اسید جیبرلیک گیاهچه شد در حالی که غلظت مالون دی آلدهید و محتوی اسید آبسیزیک گیاهچه را کاهش داد. در شرایط تنش شوری بیشترین درصد جوانه‌زنی بذر رقم نیک‌نژاد تحت تأثیر تیمارهای پرایمینگ با محلول ۲ درصد و ۳ درصد نیترات پتاسیم به میزان ۸۷/۱ درصد و ۸۷/۹ درصد مشاهده شد در حالی که بیشترین جوانه‌زنی بذر رقم قدس در تیمار ۳ درصد نیترات پتاسیم به میزان ۷۵ درصد مشاهده شد. در شرایط تنش شوری تمام تیمارهای پرایمینگ بذر موجب کاهش محتوی اسید آبسیزیک گیاهچه رقم نیک‌نژاد شد اما در رقم قدس پرایمینگ بذر با محلول ۲ و ۳ درصد نیترات پتاسیم محتوی اسید آبسیزیک گیاهچه را در مقایسه با شاهد کاهش داد. پرایمینگ بذر سبب افزایش پایداری غشای سلولی هر دو رقم گندم شد و کمترین میزان مالون دی آلدهید هر دو رقم گندم در گیاهچه حاصل از بذرهای پرایم شده با پرایمینگ با محلول ۲ درصد و ۳ درصد نیترات پتاسیم مشاهده شد. نتایج نشان داد پرایمینگ بذر گندم با نمک نیترات پتاسیم یک روش مؤثر جهت تقویت جوانه‌زنی بذر و غلبه بر شرایط نامساعد ناشی از تنش شوری در دوره رشد گیاهچه گندم است.

واژه‌های کلیدی: اسید جیبرلیک، آلفاآمیلاز، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، اسید آبسیزیک، مالون‌دی‌آلدهید

دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر، شوشتر، ایران
*نویسنده مسئول: rfarhoudi@gmail.com

مقدمه

شوری آب و خاک زراعی از جمله عوامل محیطی هستند که مانع از رشد مناسب و حصول عملکرد کافی در گیاهان زراعی از جمله غلات می‌گردند. بر اساس آمار موجود بیش از ۵۰ درصد اراضی زراعی در دنیا با مشکل شوری مواجه می‌باشند (Ashraf and Ali, 2008). محققین تنش شوری را تجمع یون‌هایی نظیر سدیم، سولفات و کلر در محیط ریزوسفر بیان نموده‌اند به نحوی که رشد و نمو طبیعی گیاه را به دلیل اختلال در جذب آب و املاح و همچنین مسمومیت یونی مختل سازد (Wu *et al*., 2013; Cavalanti *et al*., 2007). تنش شوری با تأثیر منفی بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه (Farhoudi and Lee, 2014)، فتوسنتز و توزیع یون‌ها (Munns and James, 2003)، تعادل تنظیم کنندگان رشد گیاهی (Javid *et al*., 2011)، فعالیت آنزیم‌های حیاتی نظیر آلفا آمیلاز و ساکاروز سنتتاز (Ashraf and Ali, 2008) و سلامت غشاهای سلولی (Chen *et al*., 2009) موجب اختلال در رشد گیاهان می‌گردد.

جوانه‌زنی بذر حاصل مجموعه‌ای از فرآیندهای فیزیولوژیک شامل جذب آب، فعال شدن رونویسی از ژن‌ها، ایجاد توازن در غلظت و کارکرد هورمون‌ها و فعال شدن آنزیم‌هایی نظیر آلفا آمیلاز است (Demir and Mavi, 2004). آلفا آمیلاز یک آنزیم مهم در جوانه‌زنی بذر است که نشاسته را به قندهای ساده و قابل استفاده برای جنین بذر تبدیل می‌کند و میزان فعالیت آن تحت تأثیر شرایط محیطی از جمله تنش شوری قرار می‌گیرد (Kato-Noguchi and Macias, 2008; Munns, 2002).

مرحله جوانه‌زنی یکی از مراحل حساس به تنش شوری در گیاهان زراعی است. تحقیقات نشان داد تنش شوری سبب تخریب غشاهای سلولی و در نتیجه کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارقام گندم شد (Munns and James, 2003). یکی از اثرات منفی تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری بر گیاهان، تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن و تخریب غشاهای سلولی است. رادیکال‌های آزاد اکسیژن مانند آب اکسیژنه، یون هیدروکسیل و سوپراکسید با حمله به ذخایر ژنتیکی، آنزیم‌ها، غشای سلولی و اندامک‌های سلولی نظیر کلروفیل و میتوکندری سبب اختلال در عملکرد سلول و در نهایت مرگ آن می‌شوند که این خسارت را تنش اکسیداتیو گویند (Islam *et al*., 2015). محققان با بررسی واکنش گیاهچه برنج و گندم به تنش شوری مشاهده نمودند تنش شوری سبب افزایش غلظت مالون دی آلدهید و تخریب غشاهای سلولی گیاهچه گیاهان مورد مطالعه شد (Bhattacharjee and Mukherjee, 2002; Shirazi *et al*., 2005). گیاهان قادرند با تولید انواع ترکیبات آنزیمی آنتی‌اکسیدان نظیر سوپر اکسید دیسموتاز، کاتالاز، گلوتاتیون ردکتاز و آسکوربات پراکسیداز و ترکیبات آنتی‌اکسیدان غیر آنزیمی نظیر کارتنویید و آلفا توکوفرول رادیکال‌های آزاد اکسیژن و اثرات مضر آنها را کم کنند. پژوهشگران گزارش نمودند تنش شوری سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی-اکسیدانت پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز در برگ گیاهچه کلزا و کاهش اثرات نامطلوب تنش شوری در مرحله رشد گیاهچه شد (Ashraf and Ali, 2008).

پرایمینگ بذر یک روش فیزیولوژیکی در راستای افزایش توانایی جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه در شرایط نامساعد محیطی به کمک خیساندن بذر در محلول‌های اسمزی یا هورمونی است. در شرایط پرایمینگ بذر، فعالیت آنزیم‌های بذری و رونویسی از ماده وراثتی سلول در مقایسه با بذرهای پرایم نشده افزایش می‌یابد که منجر به بهبود شرایط جوانه-زنی بذر می‌شود (Mukhtar *et al.,* 2013). محلول‌های نمکی نظیر محلول نیترات پتاسیم، کلرید پتاسیم و کلرید سدیم نیز از جمله ترکیباتی هستند که جهت پرایمینگ بذر استفاده می‌شوند. گزارش شده است پرایمینگ بذر ذرت توسط محلول‌های نمکی سبب بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ذرت تحت تأثیر تنش شوری شد زیرا در بذرهای پرایم شده میزان خسارت غشای سلولی کاهش و متابولیسم قندهای ذخیره‌ای افزایش یافت (Farhoudi and Lee, 2014). تحقیقات نشان داد تنش شوری سبب کاهش شدید فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز بذر گوجه فرنگی شد در حالی که پرایمینگ بذر گوجه فرنگی توسط محلول کلرید سدیم و محلول کلرید پتاسیم سبب بهبود فعالیت این آنزیم در شرایط تنش شوری شد (Nawaz *et al*., 2011). یکی از

عوامل کنترل کننده فرآیندهای فیزیولوژیک در بذر در حال جوانه‌زنی، غلظت درونی هورمون‌های گیاهی از جمله اسید جیبرلیک و اسید آبسیزیک و تعادل آنها است. در شرایط تنش شوری غلظت هورمون اسید آبسیزیک افزایش و غلظت هورمون اسید جیبرلیک کاهش می‌یابد که تشدید تخریب غشاهای سلولی و کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و جوانه-زنی بذر را در پی داشت (Farhoudi and Lee, 2014). پرایمینگ بذر در شرایط تنش با کاهش غلظت اسید آبسیزیک تبعات منفی ناشی از افزایش غلظت این هورمون را به کاهش می‌دهد که از این میان می‌توان به بهبود عملکرد آنزیم آلفا آمیلاز (Mukhtar *et al*., 2013) و افزایش پایداری غشای سلولی (Khan *et al*., 2009) در شرایط تنش اشاره نمود.

با توجه به اهمیت پرایمینگ بذر در استقرار گیاهچه تحت تأثیر شرایط تنش‌های محیطی، این پژوهش به منظور بررسی تأثیر پرایمینگ بذر بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه دو رقم گندم در شرایط تنش شوری انجام شد

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۲ در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر و آزمایشگاه مرکزی دانشگاه شهید چمران اهواز به صورت آزمایش فاکتوریل سه عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. عامل اول ارقام گندم نیک‌نژاد (متحمل به شوری) و قدس (حساس به شوری)، عامل دوم سطوح تنش شوری ناشی از نمک کلرید سدیم (صفر و ۱۰۰ میلی‌مولار) و عامل سوم پرایمینگ بذر با محلول نیترات پتاسیم (۱ درصد، ۲ درصد و ۳ درصد) به مدت ۱۲ ساعت بود. بذور گندم مورد مطالعه متعلق به طبقه ششم بذری و گواهی شده می‌باشند. بذر ارقام گندم از کلکسیون بذر مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر ایران واقع در کرج در سال ۱۳۹۱ تهیه و در آبان ماه ۱۳۹۱ بر اساس اصول زراعت گندم در منطقه در مزرعه آزمایشی در کرت‌هایی به مساحت چهار مترمربع کشت شد. بذور گندم در تاریخ ۱۸ اردیبهشت ۱۳۹۲ برداشت شد. آزمایش در مهر ماه ۱۳۹۲ در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر انجام شد. قبل از شروع آزمایش پتری‌ها و کاغذهای صافی در اتوکلاو با دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه ضدعفونی شده و میز کار و ابزار مورد استفاده نیز توسط الکل طبی کاملاً ضدعفونی شد. در تیمار شاهد، پرایمینگ بذر انجام نشد. پس از عملیات پرایمینگ، بذرها به مدت ۷۲ ساعت در دمای اتاق و در سایه خشک شدند. جهت انجام آزمایش هر کرت آزمایشی از سه پتری شیشه‌ای با قطر ۹ سانتی‌متر تشکیل می‌شد که در هر پتری ۲۰ عدد بذر گندم روی ۲ لایه کاغذ صافی قرار گرفت. به منظور اعمال تنش شوری ۷ میلی‌لیتر از محلول شوری مورد نظر به محیط رشد بذر اضافه شد. در طول دوره آزمایش پتری‌ها در دستگاه جوانه‌زنی با رطوبت ۵۰ درصد، دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد و تاریکی نگهداری می‌شدند. یادداشت برداری‌ها هر روز رأس ساعت ۱۱ و به مدت ۸ روز انجام شد. جهت جلوگیری از تجمع نمک در محیط آزمایش قبل از هر بار آبیاری، کاغذ صافی‌ها تجدید می‌شد.

یک بذر وقتی جوانه‌زده محسوب شد که طول ریشه‌چه آن به حدود دو تا سه میلی‌متر رسید. به منظور بررسی طول گیاهچه از نوک ریشه‌چه تا نوک ساقه‌چه از کولیس با دقت یک دهم میلی‌متر استفاده شد. درصد جوانه‌زنی بر اساس رابطه زیر محاسبه گردید (Scott *et al*., 1984):

رابطه (۱) $$\text{درصد جوانه‌زنی} = \frac{\text{تعداد بذرهای جوانه‌زده}}{\text{کل بذرهای کاشته شده}} \times ۱۰۰$$

جهت بررسی فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، سه روز پس از آغاز آزمایش، از ۰/۲ گرم بافت بذر استفاده شد. در ابتدا پنج میلی‌لیتر محلول ۶۰ میلی‌مولار بافر فسفات (pH=6.8) به بافت گیاهی اضافه و سپس به مدت ۱۵ دقیقه با دور۱۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. جهت اندازه‌گیری آنزیم آلفا آمیلاز ابتدا ۰/۵ میلی‌لیتر محلول نشاسته به داخل لوله آزمایش منتقل شد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره تهیه شده به آن اضافه و بعد از ۳۰ دقیقه انکوباسیون در ۳۷ درجه سانتی‌گراد بوسیله ۱ میلی‌لیتر اسید هیدروکلریدریک ۰/۱ نرمال واکنش را متوقف کرده و در ادامه یک میلی‌لیتر از معرف ید به آن اضافه شد. پس از آن حجم محتوی لوله را با آب مقطر به حدود ۱۰ میلی‌لیتر رسانده و میزان جذب رنگ را با استفاده از اسپکتروفتومتر (مدل DR 6000) در

طول موج ۶۲۰ نانومتر خوانده و با نمونه شاهد مقایسه شد (Kato-Noguchi and Macias, 2008).

جهت بررسی فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز ابتدا پروتئین گیاهچه استخراج شد (Agrawal *et al.*, 2005). برای بررسی فعالیت آنزیم پراکسیداز مخلوط واکنش شامل بافرفسفات ۱۰ میلی‌مولار، ۸ میلی‌مولار گویاکول، ۲/۷۵ میلی‌مولار پراکسید هیدروژن و ۵۰ میکرولیتر محلول پروتئینی گیاهچه بود. پس از اضافه کردن پراکسید هیدروژن بلافاصله میزان جذب با استفاده از اسپکتروفتومتر (مدل DR 6000) در طول موج ۴۷۰ نانومتر به مدت ۶۰ ثانیه قرائت شد. برای بررسی فعالیت آنزیم کاتالاز نیز ۵۰ میکرومول از محلول پروتئینی استخراج شده از گیاهچه به ۱۰۰ میلی‌مول بافر فسفات اضافه و سپس ۳۰ میکرولیتر پراکسید هیدروژن نیز به مخلوط افزوده شد. در نهایت این مخلوط در کووت اسپکتروفتومتر (مدل DR 6000) ریخته شد و در طول موج ۲۴۰ نانومتر فعالیت آنزیمی بر اساس تغییرات جذب در ۶۰ ثانیه به ازای هر میلی‌گرم پروتئین قرائت شد (Chance and Maehly, 1995). برای بررسی فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردکتاز ۸۰۰ میکرولیتر محلول بافر فسفات ۱۰ میلی‌مولار به همراه ۵۰ میکرومول محلول پروتینی استخراج شده از گیاهچه، نیم میلی‌مول NADPH-2 و ۱۰ میلی‌مول گلوتاتیون با هم مخلوط شد و میزان جذب نور با استفاده از اسپکتروفتومتر (مدل DR 6000) در طول موج ۳۴۰ نانومتر به مدت ۶ دقیقه هر ۳۰ ثانیه یک بار بررسی شد (Oracz *et al.*, 2007).

برای بررسی غلظت درونی هورمون‌های گیاهی یک گرم بافت بذر با اضافه کردن ۴۰ میلی‌لیتر متانول در هاون چینی خرد گردید. نمونه‌های خرد شده در تاریکی و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۶ ساعت نگهداری شد تا عمل انحلال هورمونها به خوبی صورت گیرد. نمونه‌های خرد شده را توسط کاغذ صافی واتمن شماره ۱ فیلتر نموده و بافت‌های باقی‌مانده بر روی فیلتر سه بار توسط متانول شستشو گردید. متانول اضافی توسط دستگاه Freeze Dryer در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد زیر صفر تبخیر شد. سپس با اضافه کردن پتاس ۰/۲ نرمال، اسیدیته محلول به ۸/۵ رسانیده شد. به محلول به دست آمده به میزان برابر اتیل استات اضافه شد تا بخشی از ناخالصی‌ها در آن حل شود. در این مرحله محلول دو فازی گردید. فاز بالایی دور ریخته شد و pH فاز پایینی توسط اسید هیدروکلریک ۰/۲ نرمال به حدود ۲/۵ رسانده شد. نمونه را از فیلتر پلیتترافلوئورواتیلن ۰/۴۵ عبور داده و سپس به ستون دستگاه HPLC (مدل KNAUER) تزریق گردید. اجزای محلول به دست آمده توسط دستگاه HPLC با ستون C18، شدت جریان ml/min ۷/۰ و حلال اسید استیک ۰/۲ درصد و متانول ۱۰۰ درصد به نسبت ۵۰:۵۰ در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد جدا گردیدند (Kamal, 2011).

به منظور تعیین غلظت مالون‌دی‌آلدهید در بافت گیاهچه، ابتدا ۰/۱ گرم گیاهچه را در محلول ۲۰ درصد اسید تیوکلرو استیک که حاوی ۰/۵ درصد اسید تیو باربیتوریک بود کاملاً پودر کرده و آنگاه این مخلوط به مدت ۲۵ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد در حمام بن ماری حرارت داده شد. سپس این مخلوط را در حمام یخ سرد کرده و غلظت مالون دی آلدئید با استفاده از اسپکتروفتومتر (مدل DR 6000) در طول موج ۵۳۲ نانومتر اندازه‌گیری شد (Valentovic *et al.*, 2006). جهت بررسی درصد اسید چرب آزاد بافت گیاهچه نیز ۰/۱ گرم بافت گیاهچه درون ارلن مایر قرار داده شد و ۵ میلی‌لیتر الکل اتانول به آن اضافه شد و با افزودن ۱ قطره فنل فتالئین آن را با سود ۰/۱ درصد تیتر کرده تا رنگ صورتی کم رنگ حاصل شد پس از ۳۰ ثانیه بر اساس فرمول‌های مربوط درصد اسید چرب آزاد بررسی شد (Valentovic *et al.*, 2006).

محاسبات آماری داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار MSTATC انجام شد. برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد آماری استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد کلیه صفات مورد بررسی تحت تأثیر شوری، پرایمینگ بذر، رقم و برهمکنش این فاکتورها قرار گرفت (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر تنش شوری و پرایمینگ بذر بر جوانه‌زنی و خصوصیات گیاهچه گندم

Table 1. Analysis of variance the effect of salt stress and seed priming on germination of wheat seedlings

منابع تغییرات Source of variation	df	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	طول گیاهچه Seedling lenght	فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز α-amylase activity	غلظت مالون دی آلدهید MDA concentration	درصد اسید چرب آزاد Fatty acid percentage	فعالیت آنزیم پراکسیداز POX activity	فعالیت آنزیم کاتالاز CAT activity	فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردکتاز GR activity	غلظت اسید جیبرلیک GA concentration	غلظت اسید آبسیزیک ABA concentration
پرایمینگ Priming (P)	3	894.2**	109.0**	3.1**	0.00121**	18.2**	31.8**	5.2**	1.4**	62.1**	13.9**
شوری Salinity (S)	1	1012.3**	118.3**	1.9**	0.00184**	36.1**	10.2**	8.6**	1.2**	26.6**	43.1**
رقم Cultivar(C)	1	698.2**	161.0**	3.9**	0.00114**	11.2*	29.4**	5.0**	0.81*	57.0**	25.1**
S x P	3	469.1 **	11.9*	2.1**	0.00012**	35.1**	33.2**	2.1**	0.73*	21.0**	18.1**
P x C	3	310.0 **	96.2**	2.4**	0.00119**	17.3*	21.1**	7.1*	0.92**	19.1*	29.2**
S x C	1	898.2 **	106.3**	1.5**	0.00101**	29.0**	16.8**	2.0**	1.07**	17.0**	37.0**
S x P xC	3	769.2 **	48.2**	1.7**	0.00171**	21.1**	27.0**	3.1**	1.19**	19.2**	24.2**
خطای آزمایش Error	48	103.0	11.6	0.29	0.00001	10.1	2.1	0.081	0.69	8.07	3.51
CV (%)		9.3	11.7	5.9	3.9	12.2	8.4	10.6	7.1	2.7	6.8

** و *: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد آماری

*, **Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه

تنش شوری سبب کاهش درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه هر دو رقم گندم شد (جدول ۲). در رقم نیک‌نژاد بیشترین درصد جوانه‌زنی بذر تحت تأثیر تیمار عدم شوری و پرایمینگ بذر با محلول نیترات پتاسیم ۱ درصد مشاهده شد (۹۶/۸ درصد) که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارهای پرایمینگ بذر در شرایط عدم تنش شوری نداشت. تنش شوری درصد جوانه‌زنی بذر رقم نیک‌نژاد را به ۷۷/۲ درصد کاهش داد در حالی که پرایمینگ بذر با محلول نیترات پتاسیم ۲ و ۳ درصد، جوانه‌زنی رقم نیک‌نژاد را به میزان معنی‌داری نسبت به بذور پرایم نشده افزایش داد (جدول ۲). در شرایط عدم پرایمینگ بذر، تنش شوری درصد جوانه‌زنی بذر رقم قدس را به ۵۲ درصد کاهش داد اما میزان جوانه‌زنی بذرهای تیمار شده با نمک نیترات پتاسیم ۳ درصد در شرایط تنش شوری ۷۵ درصد بود که بیانگر نقش مثبت پرایمینگ بذر با نیترات پتاسیم بر افزایش جوانه‌زنی بذر در شرایط تنش شوری است. فرآیند جوانه‌زنی گندم حساس به تنش شوری است و در شرایط تنش شوری درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بذر گندم به دلیل کاهش فعالیت آنزیم‌های بذری و تخریب غشاهای سلولی کاهش می‌یابد (Munns and James, 2003; Shirazi *et al*., 2005). در تنش شوری تجمع املاح مضر نظیر کلر در گیاهچه گندم موجب کاهش رشد گیاهچه می‌گردد و در این شرایط یون پتاسیم می‌تواند اثرات منفی این یون‌های مضر را کاهش دهد (Wu *et al*., 2013). پرایمینگ بذر یک روش مناسب برای حفظ پایداری جوانه‌زنی بذر گیاهان زراعی در شرایط تنش‌های محیطی مانند شوری است زیرا به کمک فرآیند پرایمینگ، از شدت بسیاری از عوامل مخرب ناشی از تنش نظیر تخریب غشاهای سلولی و کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاسته می‌شود (Khan *et al*., 2009). نمک‌های دارای پتاسیم یک ترکیب مناسب برای پرایمینگ

بذر و آماده‌سازی گیاهچه برای تحمل شرایط تنش شوری هستند زیرا نمک‌های مانند نیترات پتاسیم اثرات منفی نمک‌هایی مانند کلرید سدیم را ندارند (Kaya *et al*., 2006). در تحقیق حاضر نیز پرایمینگ بذر در هر دو بذر حساس و متحمل به شوری گندم سبب بهبود درصد جوانه-زنی بذر شد به طوری که در رقم حساس به شوری قدس پرایمینگ بذر با محلول نیترات پتاسیم ۳ درصد، درصد جوانه‌زنی بذر را به حدود ۷۵ درصد رساند (جدول ۲). تحقیقات نشان داد پرایمینگ بذر کلزا (Farhoudi *et al*., 2007) و ماش (Jisha and Puthur, 2013) با محلول‌های نمکی نقش مؤثری بر حفظ توانایی جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه در شرایط تنش داشت زیرا در بذور پرایم شده میزان تخریب غشا سلولی بسیار کمتر از بذور پرایم نشده بود.

در شرایط عدم تنش شوری طول گیاهچه گندم رقم نیک‌نژاد تحت تأثیر تیمار پرایمینگ با محلول نیترات پتاسیم ۳ درصد افزایش یافت. در رقم نیک‌نژاد در شرایط تنش شوری کمترین طول گیاهچه گندم در شرایط عدم پرایمینگ بذر به میزان ۳/۲ سانتی‌متر مشاهده شد در حالی که پرایمینگ بذر با محلول ۳ درصد نیترات پتاسیم، طول گیاهچه را به ۵/۷ سانتی‌متر افزایش داد که بیانگر تأثیر مثبت پرایمینگ بذر بر رشد گیاهچه در شرایط تنش شوری است. همچنین در شرایط تنش شوری، تیمارهای پرایمینگ بذر رقم نیک‌نژاد با محلول نیترات پتاسیم ۱ و ۲ درصد نیز طول گیاهچه را در مقایسه با شرایط عدم پرایمینگ افزایش داد. در رقم قدس، تنش شوری سبب کاهش شدید طول گیاهچه گندم شد اما پرایمینگ بذر با تیمار ۲ و ۳ درصد نیترات پتاسیم در شرایط تنش شوری، طول گیاهچه را به ۳/۹ و ۴/۱ سانتی‌متر افزایش داد (جدول ۲). تنش شوری سبب کاهش رشد گیاهچه ارقام گندم شد. تجمع یون سدیم در گیاهچه، تخریب غشای سلولی و کاهش آب قابل دسترس گیاهچه‌های گندم از دلایل کاهش رشد گیاهچه‌های گندم بود (Poustini and Siosemardeh, 2004; Shirazi *et al*., 2005). تحقیقات نشان داد پرایمینگ بذر ذرت با محلول‌های نمکی سبب افزایش رشد و استقرار گیاهچه ذرت در مقایسه با بذرهای پرایم نشده گردید زیرا تحت تأثیر پرایمینگ بذر، فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و استفاده از ذخایر بذر برای رشد گیاهچه افزایش یافت (Farhoudi and Lee, 2014). پرایمینگ بذر یک روش مطمئن برای افزایش رشد گیاهچه گیاهان زراعی در شرایط نامساعد محیطی مانند تنش شوری و خشکی است زیرا در شرایط پرایمینگ بذر، آنزیم‌های بذری نسبت به شرایط عدم پرایمینگ بیشتر فعال شده و میزان تخریب غشاهای سلولی نیز کاهش می‌یابد (Iqbal *et al*., 2006; Bajehbaj, 2010; Mukhtar *et al*., 2013). در پژوهش حاضر نیز پرایمینگ بذر هر دو رقم گندم در شرایط تنش شوری، افزایش درصد جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گندم را در پی داشت که بیانگر بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاهچه به کمک پرایمینگ بذر است.

فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز

در شرایط عدم تنش شوری، پرایمینگ بذر رقم نیک‌نژاد با محلول نیترات پتاسیم ۳ درصد سبب افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز شد (۱۱/۳ نانومول بر بذر در دقیقه) (جدول ۲). تحت تأثیر تنش شوری، کمترین میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در بذر رقم حساس به شوری قدس پرایم نشده (۲/۱ نانومول بر بذر در دقیقه) مشاهده شد در حالی که در همین شرایط میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز بذر رقم متحمل به شوری نیک‌نژاد ۴/۹ نانومول بر بذر در دقیقه بود (جدول ۲). در شرایط تنش شوری بیشترین فعالیت آنزیم به میزان ۶/۹ و ۷/۱ نانومول بر بذر در دقیقه در تیمار پرایمینگ بذر رقم نیک‌نژاد با محلول نیترات پتاسیم ۲ و ۳ درصد مشاهده شد. در رقم قدس نیز بیشترین فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در شرایط تنش شوری تحت تأثیر تیمارهای پرایمینگ بذر با محلول نیترات پتاسیم ۳ درصد به میزان ۴/۵ نانومول بر بذر در دقیقه مشاهده شد (جدول ۲). آنزیم آلفا آمیلاز یک آنزیم حیاتی در متابولیسم کربوهیدرات‌ها و تبدیل نشاسته به قندهای ساده قابل استفاده جنین می‌باشد. این آنزیم در تأمین انرژی مورد نیاز برای مرحله جوانه‌زنی بذر و ریزوم گیاهان نقش اساسی دارد (Kato-Noguchi and Macias, 2008). تحقیقات نشان داد فعالیت این آنزیم تحت تأثیر تنش‌های محیطی از جمله شوری قرار می-گیرد و کاهش فعالیت آلفا آمیلاز تحت تأثیر تنش شوری منجر به کاهش درصد جوانه‌زنی و رشد گیاهچه می‌شود (Munns, 2002). پرایمینگ بذر موجب حفظ کارآیی آنزیم

جدول ۲- مقایسه میانگین تأثیر تنش شوری، رقم و پرایمینگ بذر بر جوانه‌زنی، فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و غلظت تنظیم‌کنندگان رشد گیاهی

Table 2. Means comparison of salt stress, priming and wheat cultivar on germination, α-amylase activity and plant growth regulation content of wheat seedlings

تنش شوری Salt stress (mmol NaCl)	پرایمینگ بذر Seed priming (KNo_3%)	درصد جوانه‌زنی Germination percentage		طول گیاهچه Seedling length (mm)		فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز α-amylase activity (nmol seed^{-1}minute^{-2})		غلظت اسید آبسیزیک ABA concentration (µg g^{-1})		غلظت اسید جیبرلیک GA concentration (µg g^{-1})	
		رقم نیک نژاد Niknejad cultivar	رقم قدس Qods cultivar	رقم نیک نژاد Niknejad cultivar	رقم قدس Qods cultivar	رقم نیک نژاد Niknejad cultivar	رقم قدس Qods cultivar	رقم نیک نژاد Niknejad cultivar	رقم قدس Qods cultivar	رقم نیک نژاد Niknejad cultivar	رقم قدس Qods cultivar
0	0	96a	97.1a	7.1b	6.9b	9.4b	9.7b	43.8e	41.8e	171.2b	171.3b
	1%	96.8a	95.1a	6.9b	7.2b	9.1b	10.1b	37.2e	35.2e	168.2b	167.2b
	2%	95.3a	96.2a	7.2b	7b	9.4b	9.4b	33.1e	39.3e	189.3a	172.2b
	3%	95.1a	94a	8.8a	7.1a	11.3a	9.7b	23.4f	28.2f	191.2a	189.2a
100	0	77.2c	53e	3.2e	2.1f	4.9d	2.1f	95.8b	165.2a	122.6d	97.8e
	1%	73.5c	55.8e	4.5d	2f	4.6d	3.4e	71.2c	153.5a	142.3c	123.3d
	2%	87.1b	64.4d	4.3 d	3.9d	6.9c	3.1e	75c	113.5b	168.2b	120.2d
	3%	87.9b	75c	5.7c	4.1d	7.2c	4.5d	63.2d	101.2b	161.5b	131.2d

داده های هر صفت با حروف مشابه، در سطح احتمال آماری ۱ درصد تفاوت معنی داری ندارند

Means followed by the same letter(s) in each trait are not significantly different at P = 0.01 according to Duncan multiple test.

آلفا آمیلاز در شرایط تنش شوری می‌گردد. به عنوان مثال بررسی تأثیر هالوپرایمینگ بر فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و رشد گیاهچه گوجه فرنگی تحت تأثیر تنش شوری نشان داد که پرایمینگ بذر موجب بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گوجه فرنگی در مقایسه با بذور پرایم نشده شد زیرا بذرهای پرایم شده از فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز بیشتری در شرایط تنش شوری برخوردار بودند (Nawaz *et al*., 2011). پژوهش حاضر نیز نشان داد علی‌رغم کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز تحت تأثیر تنش شوری در هر دو رقم گندم مورد مطالعه، پرایمینگ بذر موجب بهبود فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و در نتیجه افزایش درصد جوانه‌زنی بذر گندم در شرایط تنش شد (جدول ۲).

غلظت هورمون اسید آبسیزیک و اسید جیبرلیک

در شرایط عدم تنش شوری، پرایمینگ بذر هر دو رقم با محلول نیترات پتاسیم ۳ درصد غلظت اسید آبسیزیک گیاهچه را به میزان معنی‌داری کاهش داد. تنش شوری سبب افزایش غلظت هورمون اسید آبسیزیک در گیاهچه هر دو رقم گندم مورد مطالعه شد و بیشترین میزان غلظت این هورمون در رقم قدس تحت تأثیر عدم پرایمینگ و پرایمینگ بذر با محلول ۱ درصد نیترات پتاسیم به میزان ۱۶۵/۲ و ۱۵۳/۵ میکروگرم بر گرم بافت گیاهچه مشاهده شد. پرایمینگ بذر رقم قدس با محلول ۳ درصد نیترات پتاسیم غلظت درونی اسید آبسیزیک را به ۱۰۱/۲ میکروگرم بر گرم بافت گیاهچه کاهش داد که بیانگر تأثیر مثبت پرایمینگ بذر بر کاهش غلظت اسید آبسیزیک است. در رقم نیک‌نژاد نیز بیشترین غلظت اسید آبسیزیک در شرایط تنش شوری در عدم پرایمینگ بذر به میزان ۹۵/۸ میکروگرم بر گرم بافت گیاهچه مشاهده شد در حالی که پرایمینگ بذر با نیترات پتاسیم غلظت درونی این هورمون را در مقایسه با شرایط عدم پرایمینگ کاهش معنی‌داری داد. کمترین غلظت

درونی این هورمون متعلق به تیمار پرایمینگ با محلول نیترات پتاسیم ۳ درصد بود (۶۳/۲ میکروگرم بر گرم بافت گیاهچه). تنظیم کننده‌های رشد گیاهی نظیر اسید جیبرلیک، اسید آبسیزیک و اکسین و تعادل میان این تنظیم کنندگان، نقش مهمی در فیزیولوژی گیاهان و پاسخ آنها به شرایط محیطی دارند (Kamal, 2011). هورمون اسید آبسیزیک یک هورمون کلیدی در تنظیم واکنش گیاهان به تنش‌های محیطی است که با القای شرایط بازدارنده موجب کاهش رشد گیاه در شرایط تنش می‌گردد لذا آن را هورمون تنش نیز می‌گویند (Javid *et al.*, 2011). تنش شوری مانند سایر عوامل محیطی یکی از عوامل اثر گذار بر غلظت درونی آبسیزیک اسید است و افزایش غلظت آن سبب بروز تغییراتی نظیر کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، کاهش جوانه‌زنی، تغییر در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و تشدید تخریب غشاهای سلولی گیاه می‌شود (Munns and James, 2003; Qasim *et al.*, 2012). تحقیقات نشان داد پرایمینگ بذر یک روش مؤثر جهش کاهش میزان اسید آبسیزیک و اثرات منفی ناشی از تجمع این هورمون ناشی از تنش در بافت‌های گیاهی است (Mukhtar *et al.*, 2013) که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد.

در شرایط نرمال پرایمینگ بذر گندم با نیترات پتاسیم ۲ درصد و ۳ درصد، غلظت اسید جیبرلیک در گیاهچه رقم نیک‌نژاد را افزایش داد اما در رقم قدس تنها محلول نیترات پتاسیم ۳ درصد غلظت اسید جیبرلیک را افزایش داد. تنش شوری سبب کاهش غلظت اسید جیبرلیک در گیاهچه ارقام گندم مورد مطالعه شد. کمترین غلظت اسید جیبرلیک در گیاهچه رقم قدس در شرایط عدم پرایمینگ بذر مشاهده شد (۹۷/۸ میکروگرم بر گرم بافت گیاهچه) در حالی که پرایمینگ بذر با محلول‌های نیترات پتاسیم غلظت این هورمون را به میزان معنی‌داری افزایش داد (جدول ۲). پرایمینگ بذر گندم رقم نیک‌نژاد در شرایط تنش شوری غلظت اسید جیبرلیک را افزایش داد و بیشترین غلظت این هورمون تحت تأثیر پرایمینگ بذر با محلول‌های ۲ و ۳ درصد نیترات پتاسیم مشاهده شد. (جدول ۲). اسید جیبرلیک یک تنظیم کننده رشد مؤثر در مراحل مختلف رشد گیاه از جمله جوانه‌زنی است که با فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز ارتباط مستقیم و مثبتی دارد (Javid *et al.*, 2011). تنش شوری سبب کاهش غلظت اسید جیبرلیک و در نتیجه کاهش جوانه‌زنی بذر ذرت تحت تأثیر تنش شوری شد اما پرایمینگ بذر ذرت با محلول‌های نمکی سبب ایجاد تعادل در غلظت اسید جیبرلیک، افزایش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و بهبود جوانه‌زنی بذر ذرت شد (Farhoudi and Lee, 2014) که با تحقیق حاضر همخوانی دارد.

غلظت مالون دی آلدهید و اسید چرب آزاد

بررسی غلظت مالون دی آلدهید به عنوان یک شاخص در شرایط تنش محیطی، بیانگر میزان پایداری غشای سلولی است زیرا تولید مالون دی آلدهید ناشی از تخریب غشاهای سلولی است (Chen *et al.*, 2009; Asch *et al.*, 2013). تنش شوری غلظت مالون دی آلدهید در بافت گیاهچه هر دو رقم گندم را افزایش داد. بیشترین غلظت مالون دی آلدهید در رقم قدس در شرایط تنش شوری و عدم پرایمینگ بذر به میزان ۰/۷۱ نانومول بر گرم بافت گیاهچه بود در حالی که پرایمینگ بذر رقم قدس با محلول نیترات پتاسیم ۱ درصد، ۲ درصد و ۳ درصد غلظت مالون دی آلدهید گیاهچه را به ترتیب به ۰/۵۷، ۰/۳۷ و ۰/۳۴ نانومول بر گرم بافت گیاهچه کاهش داد. در رقم نیک‌نژاد نیز در شرایط عدم پرایمینگ بذر، تنش شوری میزان مالون دی آلدهید گیاهچه را به ۰/۳۹ نانومول بر گرم بافت گیاهچه افزایش داد در حالی که پرایمینگ بذر با محلول نیترات پتاسیم ۲ و ۳ درصد غلظت مالون دی آلدهید بافت گیاهچه را کاهش داد (جدول ۳). بررسی درصد اسید چرب آزاد بافت گیاهچه گندم نیز بیانگر افزایش تخریب غشاء سلولی و افزایش اسید چرب آزاد بافت گیاهچه هر دو رقم گندم به‌ویژه رقم حساس به شوری قدس تحت تأثیر تنش است در حالی که پرایمینگ بذر در هر دو رقم اسید چرب آزاد گیاهچه را کاهش داد (جدول ۳). تحقیقات نشان داد تنش شوری سبب تخریب غشاء سلولی و افزایش غلظت مالون دی آلدهید گیاهچه کلزا شد در حالی که پرایمینگ بذر کلزا با محلول‌های نمکی غلظت مالون دی آلدهید و تخریب غشاهای سلولی را کاهش داد (Farhoudi *et al.*, 2007) که با نتایج آزمایش حاضر همخوانی دارد. پرایمینگ بذر موجب فعال شدن آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و افزایش کارایی

سلول‌ها در حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن در شرایط تنش شوری می‌گردد لذا در گیاهچه‌های حاصل از پرایمینگ بذر غلظت مالون دی آلدهید و تخریب غشاهای سلولی در مقایسه با بذور پرایم نشده، کمتر است (Khan *et al*., 2009, Jisha *et al*., 2013).

فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان

تنش اکسیداتیو یک عامل ثانویه ناشی از تنش‌های محیطی مانند شوری است که ناشی از تجمع رادیکال‌های آزاد اکسیژن در محیط سلول و تخریب زیرساخت‌های سلولی رخ می‌دهد. گیاهان جهت رفع اثرات ناشی از تنش اکسیداتیو از فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان بهره می‌برند (Munns, 2000). بررسی فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان کاتالاز و گوایکول پراکسیداز نشان داد در شرایط عدم تنش شوری تفاوت معنی‌داری میان فعالیت این دو آنزیم در شرایط پرایمینگ و عدم پرایمینگ بذر گندم مشاهده نشد (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین تأثیر تنش شوری، رقم و پرایمینگ بذر بر تخریب غشاء سلولی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان گیاهچه‌های گندم

Table 2. Means comparison of salt stress, priming and wheat cultivar on cell membrane damage and antioxidants enzymes activities of wheat seedlings

تنش شوری Salt stress (mmol NaCl)	پرایمینگ بذر Seed priming (KNo_3%)	درصد اسید چرب Fatty acid percentage		غلظت مالون دی آلدهید MDA concentration (nmol g^{-1}FW)		فعالیت آنزیم کاتالاز CAT activity (unit mg^{-1} pro)		فعالیت آنزیم گوایکول پراکسیداز POD activity (unit mg^{-1} pro)		فعالیت آنزیم گلاتیتیون ردکتاز (nmol NAPDH mg^{-1} protein min^{-2})	
		رقم نیک نژاد Niknejad cultivar	رقم قدس Qods cultivar	رقم نیک نژاد Niknejad cultivar	رقم قدس Qods cultivar	رقم نیک نژاد Niknejad cultivar	رقم قدس Qods cultivar	رقم نیک نژاد Niknejad cultivar	رقم قدس Qods cultivar	رقم نیک نژاد Niknejad cultivar	رقم قدس Qods cultivar
0	0	4.2e	3.8e	0.0061e	0.0068e	1.3d	1.5d	12.2d	10.4d	0.95e	0.88e
	1%	3.9e	4.2e	0.0052e	0.0073e	1.5d	1.5d	10.8d	10.9d	0.83e	0.87e
	2%	5.5e	4.6e	0.0069e	0.0052e	1.3d	1.3d	11.6d	11d	0.92e	0.96e
	3%	4.9e	5.1e	0.0049e	0.0064e	1.4d	1.6d	11.9d	11.1d	1.34d	1.48d
100	0	28.2c	46.5a	0.39c	0.71a	3.4b	2.4c	18b	13.7c	3.25b	2.22c
	1%	24.2c	47.2a	0.41c	0.57b	5.5a	2.6c	19b	14.2c	3.86b	2.18c
	2%	12.8d	34.7b	0.21d	0.37c	5.1a	2.4c	27a	13.9c	5.61a	3.87b
	3%	13.5d	23.8c	0.26d	0.34c	5.5a	3.9b	29.1a	13.4c	5.81a	3.86b

داده های هر صفت با حروف مشابه، در سطح احتمال آماری ۱ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means followed by the same letter(s) in each trait are not significantly different at P = 0.01 according to Duncan multiple test.

تنش شوری فعالیت آنزیم کاتالاز گیاهچه ارقام قدس و نیک‌نژاد را به ۲/۴ و ۳/۴ میلی‌گرم جذب در دقیقه تحت تأثیر عدم پرایمینگ بذر افزایش داد که بیانگر فعالیت بیشتر این آنزیم در گیاهچه رقم نیک‌نژاد است. در رقم حساس به شوری قدس تنها تیمار پرایمینگ با محلول نیترات پتاسیم ۳ درصد، فعالیت آنزیم کاتالاز را نسبت به سایر تیمارها تحت تأثیر تنش شوری افزایش داد (۳/۹ میلی‌گرم جذب در دقیقه) در حالی که در گیاهچه رقم متحمل به شوری نیک-نژاد بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز در شرایط تنش شوری تحت تأثیر تیمارهای پرایمینگ نیترات پتاسیم ۱ درصد، ۲ درصد و ۳ درصد به میزان ۵/۵، ۵/۱ و ۵/۵ میلی‌گرم جذب در دقیقه مشاهده شد (جدول ۳). بررسی فعالیت آنزیم گوایکول پراکسیداز نیز نشان داد علی‌رغم افزایش فعالیت این آنزیم تحت تأثیر تنش شوری در ارقام قدس و نیک‌نژاد،

تفاوت معنی‌داری بین فعالیت آنزیم در بذرهای پرایم شده و پرایم نشده رقم قدس در شرایط تنش شوری مشاهده نشد. در رقم نیک‌نژاد تیمارهای پرایمینگ بذر با محلول نیترات پتاسیم ۲ و ۳ درصد فعالیت آنزیم گوایکول پراکسیداز را به ۲۷ و ۲۹/۱ میلی‌گرم جذب در دقیقه افزایش داد (جدول ۳).

بررسی فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردکتاز نشان داد پرایمینگ بذر با محلول نیترات پتاسیم ۳ درصد در شرایط عدم تنش شوری، فعالیت این آنزیم در هر دو رقم گندم را افزایش داد (جدول ۳). تنش شوری فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردکتاز گیاهچه رقم نیک‌نژاد و قدس را به ترتیب به ۳/۲۵ و ۲/۲۲ نانومول NADPH بر میلی‌گرم پروتین بر دقیقه افزایش داد که بیانگر القای تنش اکسیداتیو و تحریک فعالیت این آنزیم آنتی‌اکسیدان تحت تأثیر تنش شوری است. در هر دو رقم گندم، پرایمینگ بذر با محلول نیترات پتاسیم ۲ و ۳ درصد سبب افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم نسبت به شرایط عدم پرایمینگ بذر تحت تأثیر تنش شوری شد و بیشترین میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون ردکتاز در تیمار پرایمینگ بذر رقم نیک‌نژاد با محلول نیترات پتاسیم ۲ و ۳ درصد تحت تأثیر شرایط تنش شوری تعلق داشت (به ترتیب ۵/۸۱ و ۵/۶۱ نانومول NADPH بر میلی‌گرم پروتین بر دقیقه) (جدول۳).

پرایمینگ بذر گیاهان زراعی موجب تحریک فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و افزایش توانایی گیاهان در پاک-سازی محیط سلول از رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌گردد (Varier *et al*., 2010). پرایمینگ بذر با محلول‌های نمکی یک روش مؤثر جهت افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و کاهش اثرات منفی ناشی از تنش اکسیداتیو در بذر گندم است (Islam *et al*., 2015). پرایمینگ بذر ماش با محلول‌های نمکی در شرایط تنش شوری سبب تغییر در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان گیاهچه ماش شد و تحمل گیاهچه ماش به تنش شوری را افزایش داد (Saha *et al*., 2010). پرایمینگ بذر یک روش مؤثر جهت فعال‌سازی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و کاهش اثر منفی رادیکال‌های آزاد اکسیژن در گیاهچه‌های در معرض تنش می‌باشد (Jisha *et al*., 2013). تحقیقات نشان داد پرایمینگ بذر ذرت با محلول‌های نمکی موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاهچه ذرت شد (Farhoudi and Lee, 2014). تحقیق حاضر نیز نشان داد فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاهچه هر دو رقم گندم تحت تأثیر پرایمینگ بذر افزایش یافت که بهبود پایداری غشاء سلولی و کاهش غلظت مالون دی آلدهید گیاهچه را در پی داشت.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد تنش شوری در هر دو رقم گندم به‌ویژه رقم حساس به شوری قدس موجب کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه، کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و کاهش غلظت اسید جیبرلیک شد در حالی که تخریب غشاهای سلولی و افزایش غلظت درونی اسید آبسیزیک را در پی داشت. پرایمینگ بذر با محلول نیترات پتاسیم (به‌ویژه محلول نیترات پتاسیم ۲ و ۳ درصد) یک روش مؤثر جهت کاهش اثرات منفی تنش شوری بود. بذرهای پرایم شده با محلول‌های نیترات پتاسیم در شرایط تنش شوری از فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و غلظت اسید جیبرلیک بیشتری برخوردار بودند که در نهایت منجر به بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاهچه هر دو رقم گندم به‌ویژه رقم حساس به شوری قدس در شرایط تنش شد. نکته قابل توجه آن است که حتی در شرایط نرمال نیز پرایمینگ بذر هر دو رقم گندم با محلول نیترات پتاسیم ۳ درصد موجب کاهش غلظت اسید آبسیزیک، افزایش غلظت اسید جیبرلیک و افزایش رشد گیاهچه شد. با توجه به این نتایج می‌توان بیان داشت پرایمینگ بذر گندم با نمک نیترات پتاسیم می-تواند به عنوان یک روش مؤثر جهت کاهش اثرات تنش شوری در گندم و کمک به استقرار گیاهچه مورد بررسی بیشتر قرار گیرد.

سپاس‌گزاری

بخشی از این پژوهش در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه شهید چمران انجام شد که به این وسیله از کارشناسان محترم این مجموعه سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Agrawal, S., Sairam, R. K., Srivasta, G. C., Tyagi, A. and Meena, R. C. 2005. Role of ABA, Salicylic acid, Calcium and Hydrogen peroxide on antioxidant enzymes induction in wheat seedling. Plant Science, 169: 559-570. (**Journal**)

Asch, F., Ding Kuhn, M., Dorffling, K. and Miezan, K. 2013. Leaf K/Na ratio predicts salinity induced yield loss in irrigated rice. Euphytica, 113: 109-118. (**Journal**)

Ashraf, M. and Ali, Q. 2008. Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes as the key determinants of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.). Environmental and Experimental Botany, 63 :266–273. (**Journal**)

Bajehbaj, A. A. 2010. The effects of NaCl priming on salt tolerance in sunflower germination and seedling grown under salinity conditions. African Journal of Biotechnology, 9: 1764–1770. (**Journal**)

Bhattacharjee, S. and Mukherjee, A. K. 2002. Salt stress induced cytosolute accumulation, antioxidant response and membrane deterioration in three rice cultivars during early germination. Seed Science and Technology, 30: 279-287. (**Journal**)

Cavalanti, F. R., Lima, J. P. M. S., Silva, S. L. F., Viegas, R. A. and Silveira, J. A. G. 2007. Roots and leaves display contrasting Oxidative response during salt stress and recovery in cowpea. Journal of Plant Physiology, 164: 591-600. (**Journal**)

Chance, B. and Maehly, A. C. 1995. Assay of catalase and peroxidases. Method of Enzymology, 2: 764-775. (**Journal**)

Chen, X., Wang, Y., Li, J., Jiang, A., Cheng, Y. and Zhang, W. 2009. Mitochondrial proteome during salt stress-induced programmed cell death in rice. Plant Physiology and Biochemistry, 9: 407-417. (**Journal**)

Demir, I. and Mavi, K. 2004. The effect of priming on seedling emergence of differentially matured watermelon (*Citrullus lanatus*) seeds. Scientia Horticulturae, 102: 467-473. (**Journal**)

Farhoudi, R., Sharifzadeh, F., Poustini, K., Makkizadeh, M. T. and Kochakpor, M. 2007. The effects of NaCl priming on salt tolerance in canola (*Brassica napus*) seedlings grown under saline conditions. Seed Science and Technology, 35: 754-759. (In Persian)(**Journal**)

Farhoudi, R. and Lee, D. J. 2014. Halopriming corn seeds improve seed emergence and carbohydrates metabolism under salinity stress. Seed Science and Technology, 42:1-5. (**Journal**)

Iqbal, M., Ashraf, M., Jamil, A. and Ur-Rehman, S. 2006. Does seed priming induce changes in the levels of some endogenous plant hormones in hexaploid wheat plants under salt stress? Journal of Integrative Plant Biology, 48: 181-189. (**Journal**)

Islam, F., Yasmeen, T., Ali, S., Ali, B., Farooq, M. and Gill, R. 2015. Priming-induced antioxidative responses in two wheat cultivars under saline stress. Acta Physiologiae Plantarum, 37:153-163. (**Journal**)

Javid, M. G., Sorooshzadeh, A., Moradi, F., Modarres Sanavy, M. A. and Allahdadi, I. 2011. The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants. Australian Journal of Crop Science, 5: 726-734. (In Persian)**(Journal)**

Jisha, K. C. and Puthur, J. 2014. Halopriming of seeds imparts tolerance to NaCl and PEG induced stress in *Vigna radiata* (L.) Wilczek varieties. Physiology and Mulecular Biology of Plants, 20(3): 303–312. **(Journal)**

Jisha, K. C., Vijayakumari, K. and Puthur, J. T. 2013. Seed priming for abiotic stress tolerance: an overview. Acta Physiology Plantarum, 35: 1381–1396. (**Journal**)

Kamal, J. 2010. Impact of allelopathy of sunflower (*Helianthus annuus* L.) roots extract on physiology of wheat (*Triticum aestivum* L.). African Journal of Biotechnology, 10: 14465-14477. (**Journal**)

Kato-Noguchi, H. and Macias, F. A. 2008. Inhibition of germination and α-amylase induction by 6-methoxy- 2-benzoxazolinone in twelve plant species. Biological Plantaum, 52: 351-354. (**Journal**)

Kaya, M. D., Gamze, O., Atal, M., Yakup, M. and Ozer, K. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). European Journal of Agronomy, 24: 291-295. (**Journal**)

Khan, H. A, Ayub, C. M, Pervez, M. A, Bilal, R. M, Shahid, M. A. and Ziaf, K. 2009. Effect of seed priming with NaCl on salinity tolerance of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) at seedling stage. Soil Environment, 28: 81–87. (**Journal**)

Mukhtar, K., Afzal, I., Qasim, M., Maqsood, S., Basra, A. and Shahid Muntz, M. 2013. Dose priming promote germination and early stand establishment of French marigold (*Tagetes patula* L.) seeds by inducing physiological and biochemical changes? Acta Scientiarum Polonorum Hortorumcultus, 12: 13-21. (**Journal**)

Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment, 25: 239-250. (**Journal**)

Munns, R. and James, R. A. 2003. Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. Plant and Soil, 253: 201-218. (**Journal**)

Nawaz, A., Amjad, M., Pervez, M. A. and Afzal, I. 2011. Effect of halopriming on germination and seedling vigor of tomato. African Journal of Agricultural Research, 6: 3551-3559. (**Journal**)

Oracz, K., Bailly, C., Gniazdowska, A., Côme, D., Corbineau, D. and Bogatek, R. 2007. Induction of oxidative stress by sunflower phytotoxins in germinating mustard seeds. Journal of Chemistry Ecology, 33: 251–264. (**Journal**)

Poustini, K. and Siosemardeh, A. 2004. Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress. Field Crops Research, 55: 125-133. (In Persian)(**Journal**)

Qasim, M., Ashraf, M. M., Jamil, A. M., Rehman, Y. S. U. and Rha, E. S. 2012. Water relations and gas exchange properties in some elite canola (*Brassica napus* L.) lines under salt stress. Annual Application of Biology, 142: 307-316. (**Journal**)

Saha, P., Chatterjee, P. and Biswas, A. K. 2010. NaCl pretreatment alleviates salt stress by enhancement of antioxidant defense system and osmolyte accumulation in mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek). Indian Journal of Expriment Biology, 48: 593–600. (**Journal**)

Scott, S. J., Jones, R. A. and Williams, W. A.1984. Review of data analysis methods for seed germination. Crop Science, 24: 1192-1199. (**Journal**)

Shirazi, M. U., Ashraf, M. Y., Khan, M. A. and Nagvi, M. H. 2005. Potassium induced salinity tolerance in wheat. International Journal of Environment Science Technology, 2(3): 233-236. (**Journal**)

Valentovic, P., Luxova, M., Kolarovi, L. and Gasparikora, O. 2006. Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relation in two maize cultivars. Plant Soil Environment, 52: 186-191.

Varier, A., Vari, A. K. and Dadlani, M. 2010. The sub cellular basis of seed priming. Crop and Biology Science, 99: 450–456. (**Journal**)

Wu, H., Shabala, L., Barry, K., Zhou, M. and Shabala, S. 2013. Ability of leaf mesophyll to retain potassium correlates with salinity tolerance in wheat and barley. Physiology Plantarum, 149: 515–727. (**Journal**)

Effect of seed halopriming on germination and seedling physiological characteristics of wheat (*Triticum aestivum*) cultivars Niknijad and Qods under salt stress condition

Rozbeh Farhoudi

Received: August 16, 2016 Accepted: March 13, 2017

Abstract

Halopriming involves pre-sowing soaking of seeds in salt solutions, which enhances germination and seedling emergence uniformity under adverse environmental conditions. An experiment was conducted to evaluate the effects of halopriming on the germination, malondialdehyde concentration and some hormones contents of wheat seeds under salinity stress. The experimental design was three factors factorial arranged in a completely randomized design (CRD), with four replications. The first factor was salinity stress (0 and 100 mmol NaCl solution), the second factor was priming concentration (1, 2 and 3% concentration of KNO_3) and third factor was two wheat cultivars including Niknijad (salt tolerance) and Qods (salt sensitive). Remarkable decreases were observed in seed germination, seedling lenght, α-amylase activity and GA_3 content of both wheat cultivars, especially in Qods under salinity stress condition. Wheat seed piming with KNO_3 increased seed germination, antioxidants enzymes activities, α-amylase activity, GA_3 concentration and reduced lipid peroxidation and ABA compared with other priming treatments in both wheat cultivars. Under salinity condition maximum Niknejad seed germination was observed in seeds primed with 2% and 3% KNO_3 solutions (87.1% and 87.9 % respectively) and maximum seed germination in Qods seedling obtained in seed treated with 3% KNO_3 solutions (75%). All KNO_3 seed priming treatments decreased ABA content in Niknejad seeling but Qods seed priming with 2% ans 3% KNO_3 solutions decreased ABA content compared non-primed seeds (113 and 101 µg g^{-1} respectively). Seed priming improved cell membrane stability in both wheat cultivars and the lowest malondialdehyde concentration under salinity stress obtained from seeds primed with 2% ans 3% KNO_3 solutions in both wheat cultivars. In conclusion, KNO3 seed priming appears to be an appropriate treatment to improve wheat emergence and overall seedling establishment under salinity conditions.

Key words: ABA; α-Amylase activity; Antioxidants enzymes; GA_3; KNO_3; Malondialdehyde

How to cite this article

Farhoudi, R. 2018. Effect of seed halopriming on germination and seedling physiological characteristics of wheat (*Triticum aestivum*) cultivars Niknijad and Qods under salt stress condition. Iranian Journal of Seed Science and Research, 5(1): 95-107. (In Persian)**(Journal)**

DOI: 10.22124/jms.2018.2903

COPYRIGHTS

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research

The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit http://jms.guilan.ac.ir/

Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Islamic Azad University, Shoushtar branch, Shoushtar, Iran

*Corresponding author: rfarhoudi@gmail.com