تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد نهم، شماره اول، بهار ۱۳۹۵
۸۷-۹۷

مطالعه تأثیر پرایمینگ بذر بر رشد گیاهچه جو (*Hordeum vulgare* L.) تحت تنش شوری در محیط فیتوژل

حمیدرضا خزاعی[۱*]، احمد نظامی[۱]، بیژن سعادتیان[۲]، امید آرمند پیشه[۲]، ریحانه پردل[۲]
۱ .استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
۲. دانشجوی دکترای زراعت دانشگاه فردوسی مشهد.

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۹/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۰/۲۳

چکیده

پرایمینگ بذر یکی از راهکارهای مقابله با تنش‌های محیطی است. تنش شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی بشمار می‌رود. به‌منظور بررسی تأثیر پرایمینگ بذر بر رشد گیاهچه‌های جو تحت تنش شوری، دو آزمایش انجام شد. آزمایش اول به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارها شامل دو رقم جو (یوسف و ماکویی) و چهار سطح پرایمینگ با نیتروژن (۲، ۴، ۶ و ۸ گرم نیتروژن خالص بر لیتر از منبع اوره)، هیدروپرایمینگ و شاهد (بدون پرایم) بود. در آزمایش اصلی، پرایمینگ با نیتروژن ۲ در هزار به همراه تیمارهای هیدروپرایمینگ (بهترین تیمارها از آزمایش اولیه) و شاهد (بدون پرایم) مورداستفاده قرار گرفتند. سطوح تنش شوری صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی مولار حاصل از کلرید سدیم در مراحل تهیه فیتوژل اعمال شد و هر رقم در یک آزمایش فاکتوریل مجزا در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار بررسی گردید. نتایج آزمایش اول نشان داد که پرایمینگ بذر موجب افزایش معنی‌دار طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و شاخص ویگور گیاهچه شد و در مقابل مدت‌زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی را کاهش داد. با افزایش غلظت نیتروژن از ۲ در هزار، تفاوت آماری در اکثر صفات مشاهده نشد و در برخی موارد اثر منفی بر صفات اندازه‌گیری شده داشت. نتایج آزمایش دوم نشان داد که اثر مثبت و معنی‌دار دو تیمار پرایمینگ موردنظر بر صفات طول ساقه‌چه، وزن تر و خشک ساقه‌چه، سطح سبز، طول و حجم ریشه‌چه، وزن‌تر و خشک ریشه‌چه در سطوح مختلف تنش شوری در رقم ماکویی بود. در رقم یوسف، به‌جز حجم ریشه‌چه، پرایمینگ بذر به‌طور معنی‌داری سایر صفات موردبررسی را بهبود داد. دو رقم جو واکنش یکسانی به پرایمینگ بذر نشان ندادند. هیدروپرایمینگ و پرایمینگ با نیتروژن ۲ در هزار در رقم یوسف با افزایش شوری تا ۳۰۰ میلی مولار باعث افزایش معنی‌دار صفاتی همچون طول ساقه‌چه، سطح سبز، وزن تر و خشک ساقه‌چه و وزن تر ریشه‌چه نسبت به شاهد شد. درحالی‌که تأثیر مثبت و قابل‌توجه پرایمینگ بذر در رقم ماکویی تا سطح شوری ۲۰۰ میلی مولار و در صفات طول ساقه‌چه، وزن تر ساقه‌چه و وزن تر ریشه‌چه به ترتیب ۱۱، ۸ و ۱۹ درصد بود.

واژه‌های کلیدی: **اتاقک ژل، رقم، ، کلرید سدیم، نیتروژن، هیدروپرایمینگ.**

مقدمه

جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاهچه بخصوص در زمان مواجه با تنش‌های محیطی، یکی از بحرانی‌ترین مراحل زندگی گیاه به شمار می‌رود (Patade et al., 2009; Cavusoglu and Kabar, 2010). در شرایط تنش، در صورت عبور بذر از مرحله جوانه‌زنی، گیاهچه‌های حاصل شانس بیشتری برای ادامه رشد و توسعه داشته و توانایی بالاتری جهت تحمل و غلبه بر شرایط نامساعد محیطی خواهند یافت (Murunguet al., 2003; Casenave and Toselli, 2007; Ghassemi-Golezani et al., 2010).

تنش شوری با ایجاد پتانسیل منفی از جذب آب برای جوانه‌زنی بذور جلوگیری می‌کند (Soltani et al., 2006). از طرفی دیگر اثرات مخرب مستقیم یون‌های سدیم و پتاسیم نیز شرایط را برای رشد اولیه گیاه زراعی با مشکل مواجه می‌سازد (Murillo-Amador et al., 2002;

* نگارنده پاسخگو: حمید رضا خزاعی. پست الکترونیک:khazaie41@yahoo.com

(Khajeh-Hosseini et al., 2003)، آن‌چنان‌که ممکن است غلظت‌های بالای نمک باعث توقف کامل این مرحله از رشد شود (Guzman and Olave, 2006; Yagmur and Kaydan, 2008; Cavusoglu and Kabar, 2010). سطوح بالای تنش شوری باعث برهم زدن هموستازی در پتانسیل آب گیاه شده، توزیع یون در سطح سلول و کل گیاه را مختل کرده و درنهایت منجر به کاهش کمیت و کیفیت عملکرد خواهد شد (Patade et al., 2009). همچنین تنش شوری جذب و تجمع عناصر ضروری و موردنیاز گیاه را با ایجاد رقابت توسط یون‌های سدیم و کلر دچار مخاطره می‌نماید (Zhu, 2001). یکی از اولین اثرات تنش شوری کاهش آب قابل‌دسترس برای گیاه خواهد بود که این شرایط به علت اختلاف اسمزی ناشی از یون‌های نمک در خاک است (Srivastava et al., 2010). تحقیقات نشان داده که بیشترین تأثیر تنش شوری برریشه گیاه جو در مراحل رویشی بوده و در مراحل اولیه رشد گیاه شوری کاهش شدیدی در رشد و نفوذ ریشه در خاک داشت. همچنین، رشد اندام هوایی در مراحل مختلف و عملکرد جو وابسته به واکنش ریشه در خاک بود (Khafaf et al., 1990). به نظر می‌رسد بررسی خصوصیات ریشه و صفات آن راهگشای درک بهتر تغییرات به وجود آمده در قسمت‌های هوایی گیاه خواهد بود. از طرفی نتایج مبین تفاوت ارقام ازنظر صفات ریشه است (Bengough et al., 2004).

پرایمینگ بذر یکی از روش‌های کاهش اثرات منفی تنش‌ها ازجمله شوری است (Ashraf and Foolad, 2005; Yagmur and Kaydan, 2008; Chen et al., 2011; Jafar et al., 2011) که باعث القاء مقاومت اولیه به تنش‌های محیطی می‌شود. پرایمینگ بذر یک روش فیزیولوژیک پیش از جوانه‌زنی است که عملکرد بذر را بهبود بخشیده و منجر به جوانه‌زنی سریع‌تر و یکنواخت می‌گردد (Patade et al., 2009). اثرات مثبت پرایمینگ بذر با مواد مختلف، در گیاهانی ازجمله گندم (*Triticum aestivum* L.) (Jafar et al., 2011)، ذرت (*Zea mays* L.) (Murungu et al., 2003)، تریتیکاله (*Triticale*) (Yagmur and Kaydan, 2008)، پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) (Casenave and Toselli, 2007)، نخود (*Cicer arientum* L.) (Kaur et al., 2002)، لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) (Ghassemi-Golezani et al., 2010)، برنج (*Oryza sativa* L.) (Rehman et al., 2011)، سویا (*Glaycin max* L.) (Mohammadi, 2009)، آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) (Kaya et al., 2006) و جو (Cavusoglu and Kabar, 2010) گزارش شده است. هریس و همکاران (Harris et al., 2007) در مطالعات خود دریافتند که پرایمینگ با نمک سولفات روی موجب افزایش رشد گیاه ذرت شد. کایا و همکاران (Kaya et al., 2006) با هیدروپرایمینگ بذر باعث افزایش مقاومت آفتابگردان به تنش‌های شوری و خشکی شدند.

یکی از جدیدترین تکنیک‌های بررسی خصوصیات رشد ریشه توسط فاسائیدر و اوکسال (Futsaether and Oxaal, 2002) در محیط اتاقک ژل ارائه شد. این تکنیک مبتنی بر کشت گیاهان موردنظر در محیط شفاف آگار یا فیتوژل است که به‌خوبی اجازه توسعه ریشه را مانند خاک به گیاه می‌دهد و به‌عنوان یک بستر رشد و توسعه برای گیاهچه عمل می‌نماید. ازاین‌رو محققان توانایی شبیه‌سازی رشد اندام زیرزمینی و مطالعه آن را خواهند داشت. در ادامه بنگیوک و همکاران (Bengough et al., 2004) ضمن توسعه تکنیک اتاقک ژل، از آن به‌منظور بررسی خصوصیات ریشه و مقایسه ارقام جو وحشی و زراعی استفاده نمودند.

با توجه به اثرات منفی شوری در مناطق زیر کشت غلات در ایران (Farhoudi and Sharifzadeh, 2006)، توسعه روش‌های به زراعی در جهت افزایش توانایی گیاه در مقابله با تنش ضروری است. هرچند جو به دلیل مقاومت بالا از غلات مهم در مناطق شور بشمار می‌رود، اما توسعه شوری و افزایش روزافزون سطح آن در مزارع فاریاب، لزوم استفاده از تکنیک‌های به‌زراعی مانند پرایمینگ را برای توسعه مقاومت در گیاه بیش‌ازپیش آشکار ساخته است. همچنین شناخت میزان واکنش ارقام به تیمارهای پرایمینگ بذر در تنش شوری می‌تواند انتخاب مناسب‌تری را در پی داشته باشد. از طرفی به علت تماس مستقیم ریشه با شوری، مطالعه مستقیم آن همراه با اندام‌های هوایی شناخت بهتری از میزان تأثیر تیمارهای مختلف در اختیار محقق قرار می‌دهد. لذا با توجه به مطالب بیان شده، در این پژوهش پس از تعیین تیمارهای مطلوب پرایمینگ با آب (هیدروپرایمینگ) و پرایمینگ با غلظت‌های مختلف نیتروژن از منبع اوره بر روی دو رقم جو در آزمایش مقدماتی، از تکنیک اتاقک ژل جهت بررسی رشد اندام‌های هوایی و زیرزمینی در مراحل اولیه رشد و استقرار گیاه استفاده شد تا شرایط هرچه بیشتر

به محیط طبیعی بخصوص برای رشد ریشه نزدیک گردد. همچنین در این تحقیق برای نخستین بار از تکنیک اتاقک ژل جهت بررسی اثرات شوری استفاده شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش اولیه جهت آزمون تیمارهای مطلوب پرایمینگ بر پارامترهای جوانه‌زنی و رشد اولیه دو رقم جو یوسف و ماکویی، چهار سطح محلول اوره (N=۴۶٪) شامل غلظت‌های ۲، ۴، ۶ و ۸ گرم نیتروژن خالص بر لیتر و هیدروپرایمینگ به مدت‌زمان ۶ ساعت به همراه شاهد (بدون پرایم) مورداستفاده قرار گرفت.استفاده از تیمار هیدروپرایمینگ در آزمایش برای جدا کردن اثر آب در محلول نمک بود. برای تیمار شاهد تنها از بذور ضدعفونی شده استفاده شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه تحقیقات گیاهان زراعی ویژه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد.

ابتدا بذر دو رقم جو به مدت پنج دقیقه در محلول هیپوکلرید ۲/۵ درصد ضدعفونی شد، سپس با آب مقطر سه مرتبه شستشو گردید. در مرحله بعد، بذور در محلول‌های تهیه‌شده اوره با غلظت‌های موردنظر قرار گرفت و پس از ۶ ساعت، سه مرتبه با آب مقطر شستشو داده شد. سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه (۲۰ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شد تا رطوبت آن کاهش یابد. در ادامه، در هر پتری‌دیش استریل با قطر دهانه ۷/۵ سانتی‌متر، تعداد ۲۰ عدد بذر بسته به تیمار موردنظر بر روی کاغذ صافی واتمن شماره یک قرار گرفت و ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر نیز به هر واحد آزمایشی اضافه شد. در پایان، پتری‌دیش‌ها به ژرمیناتور با دمای ۲±۲۰ درجه سانتی‌گراد و تاریکی مطلق منتقل گردید (Cavusoglu and Kabar, 2010). شمارش روزانه بذور در ساعت معین (۱۲ ظهر) انجام گرفت. معیار جوانه‌زنی خروج ۱ میلی‌متر ریشه‌چه بود (ISTA, 2003). پس از جوانه‌زنی کامل بذور و ثابت شدن آن در طی دو روز متوالی، آزمایش در روز ششم به اتمام رسید و صفات درصد جوانه‌زنی، مدت‌زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی (T50[1]) و شاخص ویگور گیاهچه (SVI[2]) به‌وسیله معادلات زیر محاسبه شد.

$$FGP = \frac{S}{T} \times 100 \qquad [۱]$$

$$T_{50} = t_i + \frac{\left(\frac{N}{2} - n_i\right)(t_j - t_i)}{n_j - n_i} \qquad [۲]$$

SVI = درصد جوانه‌زنی × طول گیاهچه (سانتی‌متر) [۳]

در معادله‌های ۱، ۲ و ۳، FGP[3] درصد جوانه‌زنی نهایی، S تعداد بذر سبز شده در روز پایانی شمارش، T تعداد کل بذر هر پتری‌دیش، N تعداد بذور جوانه‌زده، n_i و n_j تعداد بذور جوانه‌زده در بازه‌های زمانی t_i و t_j است، هنگامی‌که تعداد ۵۰ درصد بذور جوانه‌زده نهایی بین n_i و n_j قرار دارند و SVI شاخص ویگور گیاهچه است.

پژوهش اصلی پس از تجزیه داده‌های قسمت اول آزمایش، تیمارهای پرایمینگ مطلوب (هیدروپرایمینگ و پرایمینگ با نیتروژن ۲ در هزار) برای دو رقم جو به دست آمد. تیمارهای پرایمینگ انتخاب‌شده بر روی بذور دو رقم جو مطابق با روش پژوهش اولیه اعمال گردید و پس از جوانه‌زنی بذر، گیاهچه‌های نرمال و نماینده جمعیت تیمار موردنظر به اتاقک‌های ژل حاوی محیط فیتوژل منتقل گردید. هر اتاقک دارای سه منفذ برای رشد گیاهچه بود که هر یک به‌عنوان یک تکرار برای تیمارهای موردنظر منظور شد (Bengough et al., 2004).

هر اتاقک ژل از دو صفحه سیاه و شفاف تشکیل‌شده است. هر یک از این واحدها به ترتیب دارای طول، عرض و ضخامت ۳، ۲۱۵ و ۳۰۰ میلی‌متر بوده و در بالای هر یک از اتاقک‌های ژل سه منفذ به طول ۶ میلی‌متر برای خروج گیاهچه و نفوذ هوا وجود داشت (شکل ۱). بر روی هر صفحه اتاقک ژل ۵۰ میلی‌لیتر از فیتوژل تهیه‌شده با غلظت ۱/۵ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب اضافه و در سطح صفحه باضخامت ۱/۵ میلی‌متر پخش شد. سپس بذرها در فاصله ۸ سانتی‌متری از دهانه هر یک از منفذها بر روی صفحه سیاه و روی ژل ثابت شدند. در ادامه دو صفحه بر روی یکدیگر قرارگرفته و به‌وسیله گیره به یکدیگر متصل گردیدند. تهیه محیط کشت بذر مطابق با روش بنگیوک و همکاران (Bengough et al., 2004) انجام شد. سطوح شوری صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار حاصل از کلرید سدیم در مراحل تهیه ژل اعمال گردید. واکنش صفات رشد گیاهچه-

[1]. The time to get 50% germination
[2]. Seedling Vigor Index
[3]. Final Germination Percentage

های هر رقم در یک آزمایش فاکتوریل دوعاملی مجزا و در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار بررسی شد. اتاقک‌ها ژل در دمای ۱±۱۲ درجه سانتی‌گراد به‌منظور حفظ ساختار فیزیکی فیتوژل و در تناوب ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی قرار گرفتند (Bengough et al., 2004). ۲۱ روز پس از شروع آزمایش، طول ریشه‌چه، وزن‌تر و خشک ریشه‌چه، حجم ریشه، وزن خشک، وزن‌تر و طول اندام هوایی و سطح سبز گیاهچه‌ها اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها جهت خشک‌کردن به آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت منتقل گردید. توزین نمونه‌ها با ترازوی با دقت یک‌هزارم گرم انجام شد. آنالیز داده‌های حاصل از کلیه مراحل آزمایش توسط نرم‌افزارSAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. در آزمایش اصلی (بررسی اثر پرایمینگ بذر در سطوح شوری) از برش دهی فیزیکی استفاده شد (Soltani, 2006) رسم نمودار با نرم‌افزارExcel صورت گرفت.

شکل ۱. نمایی از اتاقک ژل (نمونه حاضر تیمار شوری ۰/۲ مولار نمک است و از چپ به راست تیمارهای شاهد، هیدروپرایم و پرایمینگ با نیتروژن ۲ در هزار قرار دارند.)

Fig. 1. View of gel chamber (this type is 0.2 Molar salt and left to right: control, hydropriming and priming with 0.002 w/v nitrogen, respectively).

نتایج و بحث

آزمایش اولیه

بین دو رقم جو موردبررسی ازنظر صفات مدت‌زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی (T50)، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه و شاخص ویگور گیاهچه تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۱). جو رقم ماکویی به‌جز در صفت مدت‌زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی، در سایر صفات یادشده ازنظر آماری بر رقم یوسف برتری داشت (جدول ۲). لازم به ذکر است که کوتاه بودن زمان جوانه‌زنی بذر یکی از فاکتورهای مطلوب در استقرار گیاه است. لذا کمتر بودن T50 در رقم ماکویی نسبت به یوسف، نشان‌دهنده نیاز به مدت‌زمان کمتر برای ظهور گیاهچه است و به نظر می‌رسد که کوتاه بودن این فرایند خود عاملی مؤثر در افزایش صفات طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه و به‌تبع آن شاخص ویگور بوده است.

اثر ساده رقم و پرایمینگ بذر بر درصد جوانه‌زنی جو معنی‌دار نشد؛ اما سایر صفات موردبررسی در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر تیمارهای پرایمینگ قرار گرفتند (جدول ۱). هیدروپرایمینگ بذر، طول ساقه‌چه، طول ریشه-چه و شاخص ویگور گیاهچه جو را به‌طور معنی‌داری افزایش داد و در مقابل T50 را کمتر کرد (جدول ۳). پرایمینگ با

غلظت ۲ در هزار (وزنی/حجمی) نیتروژن علاوه بر کاهش T50، شاخص ویگور، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه جو را نیز به‌طور معنی‌داری در مقایسه با تیمار بدون پرایم افزایش داد، اما در تمامی صفات یادشده تفاوت معنی‌داری با تیمار هیدروپرایمینگ نداشت (جدول ۳). هرچند افزایش غلظت نیتروژن از ۲ در هزار به بالا تأثیر مثبت و معنی‌داری در اکثر صفات موردبررسی نسبت به شاهد نشان داد، اما مقادیر به‌دست‌آمده در صفات شاخص ویگور، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه روند نزولی داشت. به‌طوری‌که در غلظت‌های ۶ و ۸ در هزار نیتروژن، صفات یادشده تفاوت آماری با تیمار بدون پرایم نشان ندادند (جدول ۳). به‌طورکلی مقدار مدت‌زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی نیز از غلظت ۴ در هزار نیتروژن افزایش یافت در غالب موارد با تیمار نیتروژن ۲ در هزار تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد افزایش غلظت نیتروژن حاصل از منبع اوره بیش‌ازحد مطلوب، تأثیرات منفی بر بذر داشته است و حالت سمیت یونی نمک (اوره) بر اثرات مثبت آن غالب گردیده است (Patade et al., 2009).

جدول ۱. تجزیه واریانس مؤلفه‌های جوانه‌زنی دو رقم جو تحت تیمارهای مختلف پرایمینگ بذر

Table 1. Analysis of variance of the barley germination characters under different treatments of seed priming.

منابع تغییر Source of variance	درجه آزادی df	صفات Traits جوانه‌زنی Germination	زمان رسیدن به ۵۰٪ درصد جوانه‌زنی Time to get 50% germination (T50)	طول ساقه‌چه Plumule length	طول ریشه‌چه Radicle length	شاخص ویگور گیاهچه Seedling Vigor Index (SVI)
رقم Cultivar (C)	1	325^{ns}	1217^{**}	8.05^{**}	13.9^{**}	457631^{**}
پرایم Prim (P)	5	103^{ns}	76^{**}	0.45^{**}	2.1^{**}	47369^{**}
رقم × پرایم C×P	5	14^{ns}	111^{**}	0.09^{ns}	0.2^{ns}	3517^{ns}
خطا Error	36	91	20	0.08	0.3	8264
ضریب تغییرات (٪) CV (٪)	-	11.4	16.0	11.9	12.5	15.3

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

ns, * and **: non-significant and significant at the 0.05 and 0.01 level of probability, respectively.

.جدول ۲. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در دو رقم جو موردبررسی

Table 2. Mean comparison of measured traits in two studied barley cultivars.

رقم Cultivar	صفات Traits زمان رسیدن به ۵۰٪ درصد جوانه‌زنی (ساعت) Time to get 50% germination (T50) (hour)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) Plumule length (cm)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) Radicle length (cm)	شاخص ویگور گیاهچه Seedling Vigor Index (SVI)
یوسف Yusef	33	2.08	4.04	496
ماکوئی Maquie	23	2.91	5.11	691
$LSD_{5\%}$	2.6	0.17	0.33	53

تنها اثر متقابل رقم و پرایمینگ در صفت مدت‌زمان ۵۰ درصد جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۱). در تیمار بدون پرایم تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) بین دو رقم جو ازنظر صفت T50 مشاهده نشد؛ اما در سطوح دیگر، دو رقم موردبررسی واکنش‌های یکسانی به تیمارهای پرایمینگ نشان ندادند (شکل ۲). رقم یوسف ازنظر صفت T50 تحت تأثیر هیچ‌یک از تیمارهای پرایمینگ قرار نگرفت (شکل ۲). در مقابل صفت T50 رقم ماکویی در تمامی غلظت‌های نیتروژن و تیمار هیدروپرایمینگ به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمار بدون پرایم بود و پرایمینگ به‌طورکلی اثر مثبتی در کاهش مدت‌زمان جوانه‌زنی این رقم داشت (شکل ۲). هیدروپرایمینگ و پرایمینگ با نیتروژن ۲ در هزار در مقایسه با دیگر تیمارهای اوره در غالب موارد اثرات معنی‌دار آماری بیشتر و یا مشابه بر صفت T50 رقم ماکویی داشتند (شکل ۲).

کاهش مدت‌زمان جوانه‌زنی در تیمار پرایمینگ بذر آفتابگردان توسط کایا و همکاران (Kaya et al., 2006) گزارش شده است. مطالعات جعفر و همکاران (Jafar et al., 2011) نیز حاکی از اثر مثبت هیدروپرایمینگ و پرایمینگ با نمک در کاهش معنی‌دار میانگین مدت‌زمان سبز شدن گندم تحت شرایط تنش و عدم تنش بود. تسریع جوانه‌زنی در بذور پرایم شده و افزایش طول اندام‌های گیاهچه را می‌توان به افزایش سرعت تقسیم سلولی در بذور پرایم شده نسبت داد (Kaur et al., 2002).

به‌طورکلی نتایج آزمایش مقدماتی حاکی از اثر مثبت هیدروپرایمینگ و پرایمینگ با غلظت‌های نیتروژن حاصل از منبع اوره بود؛ اما دراین‌بین، هیدروپرایمینگ و پرایمینگ با غلظت ۲ در هزار توانست در تمامی صفات اثر مثبت داشته باشد؛ و با افزایش غلظت نیتروژن از سطح یادشده، اثرات مشابه یا حتی کاهشی به دست آمد. لذا در مرحله بعد پژوهش، دو تیمار یادشده به همراه تیمار بدون پرایم برای بررسی اثر پرایمینگ بذر در سطوح شوری اعمال‌شده در محیط فیتوژل و اتاقک‌های ژل برای هر دو رقم مورداستفاده قرار گرفت.

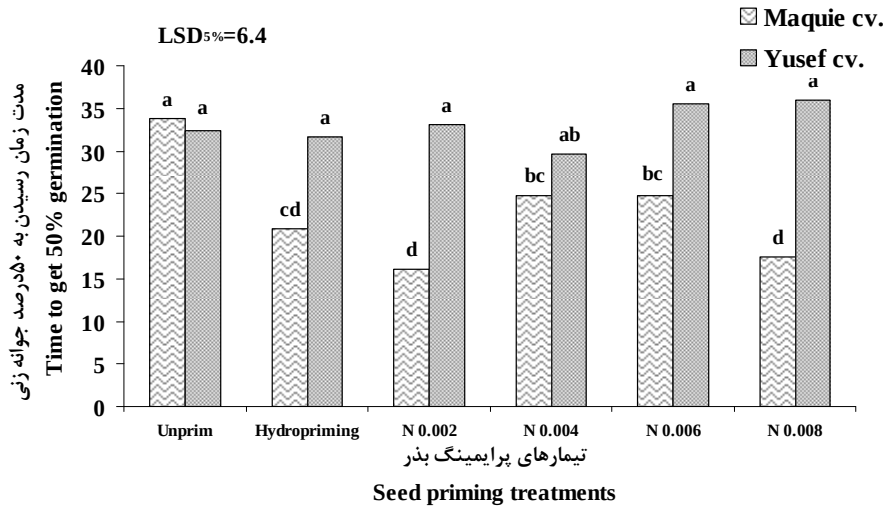
جدول ۳. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده جو در تیمارهای مختلف پرایمینگ بذر.

Table 3. Mean comparison of measured traits of barley in different treatments of seed priming.

پرایمینگ Priming	صفات Traits: زمان رسیدن به ۵۰٪ درصد جوانه‌زنی (ساعت) Time to get 50% germination (T50) (hour)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) Plumule length (cm)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) Radicle length (cm)	شاخص ویگور گیاهچه Seedling Vigor Index (SVI)
بدون پرایم Unprime	33.1a	2.2c	3.9c	518c
هیدروپرایمینگ Hydropriming	26.2bc	2.6ab	5.0a	645ab
نیتروژن ۰/۰۰۲ Nitrogen (0.002w/v)	24.6c	2.8a	5.3a	697a
نیتروژن ۰/۰۰۴ Nitrogen (0.004w/v)	27.2bc	2.7ab	4.7ab	627ab
نیتروژن ۰/۰۰۶ Nitrogen (0.006w/v)	30.1ab	2.4bc	4.3bc	556bc
نیتروژن ۰/۰۰۸ Nitrogen (0.008w/v)	26.7bc	2.3c	4.3bc	508c
$LSD_{5\%}$	4.5	0.3	0.6	92

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون LSD ندارند.

Means within the same column followed by the same letter are not significantly different at $LSD_{5\%}$



شکل ۲. مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و پرایمینگ بر صفت زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی (T50) با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد. سطوح نیتروژن (N) برحسب کیلوگرم بر لیتر است.

Fig. 2. Mean comparison of interaction effects of cultivars and priming on the time to get 50% germination (T50) with $LSD_{5\%}$. Nitrogen levels (N) at Kilogram per liter.

آزمایش اصلی

رقم یوسف اثر ساده پرایمینگ و سطوح شوری و همچنین اثرات متقابل آن‌ها به‌غیراز حجم ریشه در رقم یوسف در سایر صفات اندازه‌گیری شده در هر دو رقم جو معنی‌دار شد (نتایج نشان داده نشده است). تمامی صفات اندازه‌گیری شده در هر دو رقم جو با افزایش سطح شوری حاصل از نمک کلرید سدیم کاهش نشان داد (جداول ۴ و ۵). نتایج یاگمور و کایدان (Yagmur and Kaydan, 2008) نیز مبین اثر منفی تنش‌های اسمزی و شوری بر صفات جوانه‌زنی در بذر تریتیکاله بود. اثرات منفی شوری بر رشد اولیه بذور گیاهان مختلف توسط محققان دیگر گزارش شده است (Ashraf and Foolad, 2005; Soltani et al., 2006; Afzal et al., 2010; Jafar et al., 2011).

در شرایط عدم تنش (سطح صفر)، تیمار هیدروپرایمینگ طول ساقه‌چه، وزن تر و خشک ریشه‌چه جو رقم یوسف را نسبت به شاهد به ترتیب ۱۴، ۴۲ و ۵۱ درصد افزایش داد. در سایر صفات تفاوت آماری بین دو تیمار یادشده وجود نداشت (جدول ۴). پرایمینگ با نیتروژن حاصل از منبع اوره در صفات طول ساقه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه علیرغم برتری آماری نسبت شاهد، با تیمار هیدروپرایمینگ تفاوت معنی‌داری نشان نداد؛ اما صفات سطح سبز و وزن تر ریشه‌چه بذور رقم یوسف تحت تأثیر پرایمینگ با نیتروژن، برتری معنی‌داری نسبت به دو تیمار دیگر داشت (جدول ۴). در هر یک از سطوح تنش شوری، بین تیمارهای پرایمینگ اختلاف آماری ازنظر صفت حجم ریشه‌چه در رقم یوسف وجود نداشت (جدول ۴).

در سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار، اختلاف آماری بین تیمارهای پرایمینگ در صفات طول و وزن‌تر ساقه‌چه جو رقم یوسف مشاهده شد و پرایمینگ با نیتروژن بیشترین تأثیر مثبت و معنی‌دار را بر صفات یادشده داشت (جدول ۴). برخلاف سطح شوری صفر، هیدروپرایمینگ اثر مثبتی بر صفات وزن تر و خشک ریشه‌چه نداشت و از این نظر با تیمار بدون پرایم تفاوت آماری نشان نداد (جدول ۴). با افزایش سطح شوری تا ۲۰۰ میلی‌مولار، اثرات مثبت پرایمینگ با نیتروژن بر صفات اندازه‌گیری شده در رقم یوسف بهتر نمایان گردید و در تمامی صفات، بیشترین مقادیر مربوط به تیمار یادشده بود (جدول ۴). هرچند در بالاترین سطح تنش شوری اعمال‌شده علاوه بر حجم ریشه-چه، صفات وزن تر و طول ریشه‌چه رقم یوسف نیز در بین تیمارهای پرایمینگ تفاوت آماری نشان ندادند اما پرایمینگ با نیتروژن تأثیر مثبت بیشتری بر دیگر صفات موردبررسی در رقم یوسف داشت (جدول ۴).

جدول ۴. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده دو رقم جو در تیمارهای مختلف پرایمینگ و سطوح مختلف تنش شوری

Table 4.Mean comparison of measured traits of two barley cultivar in different treatments of priming and salinity stress levels.

رقم Cultivar	شوری (میلی مولار) Salinity (mM)	پرایم Prime	صفات Traits							
			ساقه‌چه Plumule				ریشه‌چه Radicle			
			طول (میلی‌متر) Length (mm	وزن تر (میلی‌گرم) Fresh weight (mg)	وزن خشک (میلی‌گرم) Dry weight (mg)	سطح سبز (سانتی‌متر مربع) Green area (Cm^2)	طول (میلی‌متر) Length (mm)	وزن تر (میلی‌گرم) Fresh weight (mg)	وزن خشک (میلی‌گرم) Dry weight (mg)	حجم (سانتی‌متر مکعب) Volume (Cm^3)
یوسف Yusef	0	Un	139b	98a	12.0b	3.0b	134b	145c	9.7b	2.0a
		H	158a	112a	12.3ab	3.1b	137b	207b	14.7a	2.3a
		N	167a	113a	15.7a	4.9a	154a	318a	16.3a	2.3a
	100	Un	104c	78c	8.3b	2.7b	53a	63b	5.7b	1.0a
		H	128b	91b	10.7b	4.1a	58a	78b	6.3b	1.0a
		N	166a	142a	20.7a	4.7a	63a	114a	10.3a	1.3a
	200	Un	81b	57b	6.7c	1.9b	26b	53b	4.0b	0.9a
		H	92ab	68b	9.3b	2.2b	27b	52b	6.0a	0.9a
		N	97a	82a	14.5a	2.6a	32a	72a	7.0a	1.0a
	300	Un	45c	34b	2.7b	0.5b	20a	18c	1.0a	0.3a
		H	56b	67a	7.0a	1.4a	19a	32b	1.7a	0.4a
		N	82a	79a	6.3a	1.5a	21a	43a	1.3a	0.7a
ماکوئی Maquie	0	Un	123b	97a	10.3b	1.9c	127c	118b	8.0b	0.8b
		H	157a	123b	14.3a	3.0b	150b	116b	11.7b	1.7ab
		N	169a	133a	14.0a	4.5a	214a	288a	17.7a	3.0a
	100	Un	118b	77c	10.0b	2.4b	61c	77c	4.7b	1.0b
		H	136b	96b	15.0a	3.9a	82b	107b	9.0a	1.7b
		N	157a	127a	15.3a	4.3a	103a	141a	9.7a	2.7a
	200	Un	110a	77a	9.7a	1.7b	28a	48b	2.3b	1.0a
		H	121a	82a	10.7a	2.4b	30a	55ab	3.6b	1.1a
		N	123a	85a	11.7a	3.4b	31a	60a	7.3a	1.1a
	300	Un	86b	53b	9.7a	1.7a	21b	32b	2.7a	0.8a
		H	102a	80a	11.0a	1.8a	24ab	49a	2.7a	0.8a
		N	103a	87a	11.7a	1.9a	26a	51a	3.7a	0.9a

در هر سطح تنش مربوط به یک رقم، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک هر صفت، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون LSD ندارند. Un، H و N به ترتیب بدون پرایم، هیدروپرایمینگ و پرایمینگ با نیتروژن ۲ در هزار از منبع اوره است.

At each stress levels related with one cultivar, means followed by the same letter are not significantly different at $LSD_{5\%}$. Un, H and N are Un-prim, Hydropriming and priming with N 0.002 of urea, respectively.

رقم ماکوئی در شرایط عدم تنش، تیمارهای هیدروپرایمینگ و پرایمینگ با نیتروژن در صفات طول ساقه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه رقم ماکویی با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان ندادند؛ اما نسبت به شاهد تأثیر مثبت و آماری بر صفات یادشده داشتند (جدول ۴). در صفات سطح سبز و طول ریشه‌چه رقم ماکوئی بین هر سه تیمار پرایمینگ تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۴). وزن تر ساقه‌چه، وزن‌تر و وزن خشک ریشه‌چه و حجم آن در تیمار هیدروپرایمینگ در مقایسه با تیمار بدون پرایم افزایش معنی‌داری نداشت؛ اما پرایمینگ با نیتروژن در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری صفات یادشده را افزایش داد (جدول ۵). در شرایط تنش شوری در اکثر صفات موردبررسی بیشترین مقادیر به‌دست‌آمده مربوط به تیمار پرایمینگ با نیتروژن بود. در سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار، تیمارهای

هیدروپرایمینگ و پرایمینگ با نیتروژن تنها در صفات وزن خشک ساقه‌چه، سطح سبز و وزن خشک ریشه‌چه با یکدیگر تفاوت آماری نداشتند؛ اما در سایر صفات، تیمار پرایمینگ با نیتروژن بیشترین اثر مثبت و آماری را دارا بود (جدول ۴). در سطوح تنش ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار نمک، تیمارهای پرایمینگ تأثیر معنی‌داری بر اکثر صفات جو رقم ماکویی نداشتند و تنها برخی صفات مانند طول و وزن تر ریشه‌چه واکنش مثبت و معنی‌داری به تیمار پرایمینگ با نیتروژن نشان دادند (جدول ۴).

سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2006) در بررسی اثر تنش بر رشد اولیه گیاهچه‌های ارقام گندم، کاهش وزن خشک گیاهچه در تنش خشکی و شوری را ناشی از کاهش در انتقال و تحرک ذخایر غذایی بذر به علت کاهش جذب آب در مرحله جوانه‌زنی دانسته و عنوان داشتند که تأخیر و نقصان فرایندهای اولیه جوانه‌زنی عامل اصلی در کاهش رشد اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاهچه است.در پژوهش حاضر نیز به نظر می‌رسد که اثر اسمزی و سمی نمک در محیط کشت موجب کاهش دسترسی جوانه‌های نوظهور به منابع موجود و بخصوص آب شده است.

گزارش‌های مورونگا و همکاران (Murungu et al., 2003) نشان داد که کاهش پتانسیل ماتریک خاک طول ریشه بذور پنبه را کاهش داد.به‌طوری‌که این صفت از ۱۱۲ میلی‌متر در پتانسیل ۰/۰۱- مگاپاسکال به ۱ میلی‌متر در ۰/۲- مگاپاسکال رسید؛ اما پرایمینگ بذر موجب افزایش ۰/۲ و ۹ برابری صفت مزبور در سطوح تنش یادشده گردید. همچنین نتایج آن‌ها مبین افزایش تأثیر مثبت پرایمینگ همراه با کاهش پتانسیل خاک بود. یافته‌های به‌دست‌آمده برای جو رقم یوسف در آزمایش حاضر نیز مبین نتایج فوق‌الذکر است. مطالعات کایا و همکاران (Kaya et al., 2006) حاکی از اثر مثبت هیدروپرایمینگ بر رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه آفتابگردان تحت تنش شوری و خشکی بود. کاتیمانی و همکاران (Kattimani et al., 1999) گزارش کرده‌اند که بذور پرایم شده با محلول نیترات باعث افزایش قدرت جوانه‌زنی، تجمع بیشتر ماده خشک و افزایش طول ریشه گیاهچه‌ها نسبت به تیمار بدون پرایم شد.نتایج بررسی‌های یاگمور و کایدان (Yagmur and Kaydan, 2008) نیز نشان داد که پرایمینگ بذور تریتیکاله با آب و نمک علاوه بر بهبود جوانه‌زنی بذر در تنش شوری، رشد گیاهچه حاصل از بذور پرایم شده را افزایش داد. جعفر و همکاران (Jafar et al., 2011) با بررسی اثر پرایمینگ بذر دو رقم گندم در یک خاک شور، دریافتند که هیدروپرایمینگ و پرایمینگ با غلظت ۰/۰۵ گرم نمک کلرید کلسیم در لیتر نسبت به تیمار بدون پرایم، شاخص سطح برگ گندم را در طی فصل رشد افزایش داد.همچنین نتایج آنان نشان داد که تأثیر مثبت نمک کلرید کلسیم در تنش شوری شدید بیشتر از هیدروپرایمینگ بود، که با نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش و بخصوص در رقم یوسف مطابقت داشت. محمدی (Mohammadi, 2009) با بررسی تأثیر پرایمینگ بذر سویا نشان داد که اسموپرایمینگ با نیترات پتاسیم در مقایسه با شاهد بیشترین اثر مثبت معنی‌دار را بر سطح برگ و ارتفاع گیاه داشت. نتایج هریس و همکاران (Harris et al., 2007) نیز حاکی از اثر مثبت پرایمینگ با سولفات روی بر وزن خشک اندام هوایی بوته-های ذرت بود. رحمان و همکاران (Rehman et al., 2011) افزایش معنی‌داری را در عملکرد ساقه بذور پرایم شده با نمک‌های کلرید پتاسیم و کلرید کلسیم نسبت به شاهد مشاهده کردند. همچنین مطالعات مزرعه‌ای حاکی از اثر مثبت و معنی‌دار هیدروپرایمینگ بذر لوبیا بر تولید وزن خشک در واحد سطح بود (Ghassemi-Golezani et al., 2010).

به نظر می‌رسد که در تیمار پرایمینگ به دلیل طی شدن مراحل آبنوشی و فعالیت‌های متابولیکی لازم برای تکمیل جوانه‌زنی، تکمیل جوانه‌زنی و خروج ریشه‌چه در شرایط تنش نسبت به بذرهای پرایم نشده سریع‌تر انجام گیرد. همچنین قرارگیری در محلول اوره که یک نمک آلی به شمار می‌رود، سبب شده تا سیستم آنتی‌اکسیدانی بذر در طی پرایمینگ فعال شود. احتمالاً تأثیر توأم عوامل اشاره‌شده موجب برتری بذرهای پرایم شده با نیترات پتاسیم در اکثر صفات موردبررسی دو رقم جو در شرایط تنش شوری شده است؛ به‌عبارت‌دیگر، جوانه‌زنی سریع‌تر بذر پرایم شده امکان استفاده بیشتر از منابع موجود را در بازه آزمایش فراهم آورده است. ازاین‌رو، صفات طول، وزن تر و خشک به همراه حجم ریشه‌چه دو رقم جو نسبت به تیمار بدون پرایم در شرایط تنش افزایش نشان داده است. به دلیل وابستگی اندام هوایی به بخش زیرزمینی، احتمالاً افزایش صفات مرتبط با ریشه در بذرهای پرایم شده دلیل موجهی برای بهبود صفات طول، سطح سبز، وزن تر و خشک دو رقم جو باشد. یک عامل مهم در تأثیر بیشتر پرایمینگ با اوره نسبت

به آب (هیدروپرایمینگ) می‌تواند به دلیل مواجه بذرها با تنش شوری در مرحله پرایمینگ با اوره باشد که سیگنال-های مقابله با تنش شوری را در ساختار بذر فعال نموده، به‌طوری‌که در شرایط حاصل از نمک کلرید سدیم بذرهای پرایم شده با اوره در مقایسه با بذرهای هیدروپرایم از قابلیت درونی بیشتری برای رشد برخوردار بوده‌اند و همین مورد می‌تواند نقش مهمی در برتری صفات بذرهای پرایم شده با اوره در مقایسه با تیمار هیدروپرایمینگ باشد.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج این پژوهش حاکی از اثر مثبت تیمار هیدروپرایمینگ و پرایمینگ با نیتروژن حاصل از منبع اوره بود. همچنین در آزمایش مقدماتی افزایش غلظت نیتروژن از یک حد معین (دو در هزار) نه‌تنها افزایش معنی‌داری در صفات جوانه‌زنی بذور ارقام جو نداشت بلکه اثرات سمی آن سبب کاهش معنی‌دار برخی صفات گردید؛ که احتمالاً سمیت نمک اوره سبب این پدیده شده است. مقایسه نتایج به‌دست‌آمده برای دو رقم جو نشان داد که هرچند هیدروپرایمینگ و پرایمینگ با نیتروژن ۲ در هزار موجب افزایش معنی‌دار در صفات اندازه‌گیری شده در هر دو شرایط بدون تنش و تنش شد؛ اما دو رقم واکنش یکسانی نشان ندادند. به‌طوری‌که در رقم یوسف با افزایش شوری، هیدروپرایمینگ و پرایمینگ با نیتروژن سبب افزایش معنی-داری در غالب صفات نسبت به شاهد شدند. درحالی‌که تأثیر مثبت و قابل‌توجه پرایمینگ در رقم ماکویی تا سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار بود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در شرایط شبیه‌سازی‌شده رشد گیاه جو، می‌توان از تیمارهای هیدروپرایمینگ و پرایمینگ با نیتروژن ۲ در هزار جهت بهبود پارامترهای مؤثر در رشد و استقرار گیاه تحت تنش شوری استفاده کرد. از طرفی تأثیر پرایمینگ با نیتروژن حاصل از منبع اوره در اکثر موارد در هر دو رقم بیشتر از هیدروپرایمینگ بود. لذا در صورت وجود امکانات لازم، پرایمینگ با غلظت مناسب اوره گزینه مطلوب‌تری بشمار خواهد رفت.

منابع

Afzal, I., Rauf, S., Basra, S.M.A., Murtaza, G., 2008. Halopriming improves vigor, metabolism of reserves and ionic contents in wheat seedlings under salt stress. Plant, Soil and Environment. 54(9), 382-388.

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

Bengough, A.G., Gordon, D.C., Al-Menaie, H., Ellis, R.P., Allan, D., Keith, R., Thomas, W.T.B., Forster, B.P., 2004. Gel observation chamber for rapid screening of root traits in cereal seedlings. Plant and Soil. 262, 63–70.

Casenave, E.C., Toselli, M.E., 2007. Hydro priming as a pre-treatment for cotton germination under thermal and water stress conditions. Seed Science and Technology. 35, 88-98.

Cavusoglu, K., Kabar, K., 2010. Effects of hydrogen peroxide on the germination and early seedling growth of barley under NaCland high temperature stresses. EurAsian Journal of Bioscience. 4, 70-79.

Chen, K., Fessehaie, A., Arora, R., 2011. Dehydrin metabolism is altered during seed osmopriming and subsequent germination under chilling and desiccation in Spinaciaoleracea L. cv. Bloomsdale: Possible role in stress tolerance. Plant Science. 48, 1-11.

Farhoudi, R., Sharifzadeh, F., 2006.The effects of NaCl priming on salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.) seedlings grown under saline conditions.Indian Journal of Crop Science. 1 (1–2), 74-78.

Futsaether, C.M., Oxaal, U., 2002. A growth chamber for idealized studies of seedling root growth dynamics and structure.Plant and Soil. 246, 221–230.

Ghassemi-Golezani, K., Chadordooz-Jeddi, A., Nasrullahzadeh, S., Moghaddam, M. Influence of hydro-priming duration on field performance of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars .2010.African Journal of Agricultural Research. 5(9), 893-897.

Guzman, M., Olave, J., 2006. Response of growth and biomass production of primed melon seed (*Cucumis melon* L. Cv. Primal) to germination salinity level and N-forms in nursery. Journal of Food Agriculture and Environment. 4, 163-165 .

Harris, D., Rashid, A., Miraj, G., Arif, M., Shah, H., 2007. 'On-farm' seed priming with zinc sulphate solution—A cost-effective way to increase the maize yields of resource-poor farmers. Field Crops Research. 102, 119–127.

ISTA, 2003.International Seed Testing Association. ISTA Handbook on Seedling Evaluation, 3rd ed. Published by International Seed Testing Association in Zurich.

Jafar, M.Z., Farooq, M., Cheema, M.A., Afzal, I., Basra, S. M.A., Wahid, M. A., Aziz, T., Shahid, M., 2011. Improving the performance of wheat by seed priming under saline conditions. Journal of Agronomy and Crop Science. 4, 1-8.

Kattimani, K. N., Y. N. Reddy and B. RajeswarRao., 1999.Effect of pre-sowing seed treatment on germination, seedling emergence, seedling vigor and root yield of ashwagandha (*Withanias omnifera* Daunal.). Seed Science and Technology. 27, 483-488.

Kaur, S., Gupta, A.K., Kaur, N., 2002.Effect of osmo- and hydropriming of chickpea seeds on seedling growth and carbohydrate metabolism under water deficit stress. Plant Growth Regulation. 37, 17-22.

Kaya, M. D. Okçu, G. Atak, M. Cıkılı, Y. Kolsarıcı, Ö., 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annus* L.). European Journal of Agronomy. 24, 291–295.

Khafaf, S., Adnan, A., Al-Asadi, N.M. 1990. Dynamics of root and shoot growth of barley under variation levels of salinity and water stress. Agricultural Water Managment. 18, 63-73 .

Khajeh-Hosseini, M., Powell, A.A., Bingham, I.J., 2003.The interaction between salinity stress and seed vigor during germination of soybean seeds. Seed Science and Technology. 31, 715–725.

Mohammadi, G.R., 2009. The effect of seed priming on plant traits of late-spring seeded soybean (*Glycine max* L.). American-Eurasian Journal of Agricultural &Environmental Science. 5(3), 322-326.

Murillo-Amador, B., Lopez-Aguilar, R., Kaya, C., Larrinaga-Mayoral, J., Flores-Hernandez, A., 2002.Comparative effects of NaCl and polyethylene glycol on germination, emergence and seedling growth of cowpea.Journal of Agronomy and Crop Science. 188, 235–247.

Murungu, F.S., Nyamugafata, P., Chiduza, C., Clark, L.J., Whalley, W.R., 2003. Effects of seed priming, aggregate size and soil matric potential on emergence of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and maize (*Zea mays* L.). Soil and Tillage Ressearch. 74, 161–168.

Patade, V.Y, Bhargava, S., Suprasanna, P., 2009. Halopriming imparts tolerance to salt and PEG induced drought stress in Sugarcane. Agriculture, Ecosystems and Environment. 134, 24-28.

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

Soltani, A., 2006. Re-consideration of Application of Statistical Methods in Agricultural Researches. Jahaddaneshgahi Mashhad Press.74p. [In Persian].

Soltani, A., Gholipoor, M., Zeinali, M.E., 2006. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Environmental and Experimental Botany. 55, 195-200.

Srivastava, A.K., Suprasanna, P., Srivastava, S., D'Souza, S.F. 2010. Thiourea mediated regulation in the expression profile of aquaporins and its impact on water homeostasis under salinity stress in Brassica juncea roots. Plant Science. 178, 517–522.

Yagmur, M., Kaydan, D., 2008.Alleviation of osmotic stress of water and salt in germination and seedling growth of triticale with seed priming treatments. African Journal of Biotechnology. 7 (13), 2156-2162.

Zhu, J.K., 2001. Plant salt tolerance trends. Plant Science. 6, 66-72.