نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال یازدهم، شماره ۴۴، زمستان ۱۳۹۵ / صفحات: ۵۴-۴۴

مقایسه روش‌های مختلف پرایمینگ بذر برای بهبود رشد و عملکرد جو (*Hordeum vulgare* L.) در شرایط شوری

علی رضا صفاهانی*، قربان شهریاری

گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۵/۸/۲۸ تاریخ پذیرش:۹۵/۱۲/۱۳

چکیده

در این مطالعه، روش‌های پرایمینگ بذر برای بهبود عملکرد گیاه جو (ارقام صحرا و خرم) در شرایط یک مزرعه شور واقع در سیمین شهر، شهرستان گمیشان مورد آزمایش قرار گرفتند. به منظور اجرای پرایمینگ، بذرهای جو در آب مقطر (هیدروپرایمینگ)، محلول هوادهی شده اسید سالیسیلیک (۵۰ میلی‌گرم در لیتر؛ سالسیلیک پرایمینگ)، جیبرلین (۵۰ ppm؛ جیبرلین پرایمینگ)، کلرید کلسیم (۵۰ میلی‌گرم در لیتر؛ هالو پرایمینگ) و پلی اتیلن گلیکول (PEG-6000، ۱۳/۵ درصد، اسموپرایمینگ) به مدت ۱۲ ساعت خیس شدند. بعلاوه، بذرهای تیمار نشده نیز به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که تیمارهای پرایمینگ بذر بطور معنی‌داری، سبز شدن و استقرار بوته‌ها را بهبود بخشید، از این نظر اسموپرایمینگ بالاترین مقدار را دارا بود. حداکثر پنجه‌های بارور، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت در گیاهانی که از بذرهای اسموپرایمینگ و پس از آن‌هالوپرایمینگ رشد نمودند، مشاهده شد. پرایمینگ بذرها میزان پتاسیم برگ را همزمان با کاهش غلظت سدیم بهبود داد و اسموپرایمنیگ بهترین تیمار بود. همچنین حداکثر مقدار فنل، پروتئین‌های محلول، کلروفیل، فعالیت آلفا آمیلاز و پروتئاز در بذرهای اسموپرایم شده پس ازهالو پرایمینگ مشاهده شدند. به‌طور کلی از نتایج این تحقیق می‌توان دریافت که روش‌های پرایمینگ مختلف در بذرهای جو، تحمل به شوری را بهبود بخشید، با این وجود، اسموپرایمینگ (با پلی اتیلن گلیکول) اثربخش‌ترین تیمار برای رسیدن به عملکرد بالای دانه در هر دو رقم جو بود در حالی که جیبرلین حداقل اثربخشی را داشت.

واژه‌های کلیدی: اسید سالسیلیک، جیبرلین، شوری، عملکرد، فنل، کلرید کلسیم.

مقدمه

شوری یکی از تنش‌های غیرزنده می‌باشد که به شدت مانع بهره‌وری گیاهان زراعی در سراسر جهان است. تاثیر شوری بر استقرار و سبز شدن گیاهان زراعی یکی از مسائل مورد اهمیت است (Wahid et al., 2010). شوری ممکن است جوانه‌زنی دانه‌ها را از طریق ایجاد تنش اسمزی تحت تاثیر قرار دهد که این مشکل از اثر گذاری در جذب آب توسط دانه یا تاثیرات سمی یون‌های سدیم و کلر، ایجاد می‌شود (Hosseini et al., 2003). فعل و انفعالات نمک‌ها با مواد مغذی معدنی ممکن است منجر به عدم تعادل و کمبود این مواد مغذی در گیاه شود. نمک و تنش‌های اسمزی می‌توانند باعث تاخیر جوانه‌زنی دانه‌ها و استقرار گیاهچه شوند (Almansouri et al., 2001; Farooq et al., 2010a; Wahid et al., 2010). تحقیقات نشان داده است غلظت بالای نمک‌های محلول در خاک باعث کاهش درصد جوانه‌زنی و تاخیر در

*نویسنده مسئول: safahani.ali@gmail.com

جوانه‌زنی دانه‌های تعداد زیادی از گونه‌های گیاهی می‌شود (Greenway and Munns, 1980). تاخیر و جوانه‌زنی نامنظم و استقرار ضعیف، دلایل اصلی عملکرد ضعیف گیاه زراعی در زمین‌های شور می‌باشد. از این رو، بهبود جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاه می‌تواند به حفظ عملکرد خوب محصول در خاک‌های تحت تاثیر نمک کمک کند. پرایمینگ بذر یکی از مناسب‌ترین روش‌ها در این وضعیت است. این فرایند هیدراتاسیون کنترل شده و پس از آن خشک کردن مجدد می‌باشد که به فعالیت‌های متابولیک قبل از جوانه‌زنی اجازه می‌دهد تا به سرعت پیش روند (Farooq et al., 2005). تحمل به شوری گیاهان را می‌توان از طریق خیس کردن دانه‌ها در محلول‌های نمکی مختلف قبل از کاشت بهبود داد، بطوری که گیاهان حاصل از چنین دانه‌های تیمار شده، سازگاری بهتری به شرایط شوری نسبت به دانه‌های تیمار نشده نشان می‌دهند (Henkel and Strogonov, 1961). تکنیک‌های پرایمینگ بذر برای افزایش استقرار دانه در مناطق غیرشور استفاده شده است (Farooq et al., 2006a, b) و همچنین دارای توانایی بالقوه در مناطق شور هستند (Ashraf and Rauf, 2001; Farooq et al., 2010a). در سال‌های اخیر، تحقیقات زیادی برای بکارگیری روش‌های پرایمینگ دانه‌ها برای بهبود سرعت جوانه‌زنی و یکنواختی رشد محصولات زراعی انجام شده است (Basra et al., 2005; Farooq et al., 2006b, 2010b). در مطالعه دیگر،هالوپرایمینگ و هیدروپرایمینگ در رفع اثرات مخرب شوری بوسیله بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گیاهان زراعی موثر بودند (Afzal et al., 2005). همچنین پرایمینگ بذر، فعالیت آنزیم کاتالاز و آلفا آمیلاز و مجموع پروتئین محلول در بذر را بهبود بخشید (Afzal et al., 2006).

تا به امروز، اطلاعات محدودی در مورد اثر متقابل بین پرایمینگ و تنش شوری در جو در دسترس است. علاوه براین، کاربردی بودن این روش‌ها هنوز تحت شرایط مزرعه‌ای برای جو بررسی نشده است. لذا این مطالعه در زمین‌های شور یک کشاورز انجام شد تا احتمال بهبود عملکرد جو را از طریق بکارگیری روش‌های مختلف پرایمینگ بذر بررسی گردد.

مواد و روش‌ها

بذرهای جو (*Hordeum vulgare* L.) رقم صحرا و رقم خرم از موسسه تحقیقات و آموزش کشاورزی منابع طبیعی گلستان بدست آمد. رطوبت اولیه دانه‌ها، که براساس وزن خشک محاسبه شد، به‌ترتیب ۹/۸۴ و ۹/۱۲ درصد در رقم صحرا و خرم بود. درصد جوانه‌زنی اولیه ارقام صحرا و خرم به‌ترتیب ۹۴/۶۶ و ۹۲ درصد بود. مطالعه در زمین‌های کشاورزی در منطقه سیمین شهر در منطقه بالادست شهرستان گمیشان، استان گلستان (عرض جغرافیایی ′۵۳°۳۷ و طول جغرافیایی ′۱۴°۵۴) در دو سال زراعی ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ به‌صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و با اندازه کرتهای فرعی ۲×۳ متر انجام شد (ارقام در کرت اصلی و روش‌های مختلف پرایمینگ دانه در کرت‌های فرعی). خاک مورد آزمایش، رسی شنی بود و هدایت الکتریکی عصاره خاک (EC) ۱۰/۶۵ دسی‌زیمنس بر متر؛ اسیدیته ۸/۵، مقدار مجموع نمک‌های محلول ۱۳۲ میلی‌مول در لیتر و نسبت جذب سدیم ۲۸ بود.

نسبت وزن دانه‌ها به حجم محلول ۱ به ۵ (گرم بر میلی‌لیتر) بود (Farooq et al., 2006a). برای هر تیمار پرایمینگ بذر، مقدار ۲۵۰ گرم بذر جو در ۱/۲۵ لیتر آب مقطر و محلول‌های مورد نظر به مدت ۱۲ ساعت خیس شدند. برای هیدروپرایمینگ، بذرها در آب مقطر، برای‌هالوپرایمینگ، اسموپرایمینگ، سالسیلیک پرایمینگ و جیبرلین پرایمینگ به ترتیب در ۵۰ میلی-گرم بر لیتر کلرید کلسیم، پلی‌اتیلن گلیکول-۶۰۰۰ (۱۳/۵ درصد)، اسیدسالیسیلیک و جیبرلین ۵۰ ppm،

خیس شدند. در طول دوره خیساندن، هوادهی همچنان توسط پمپ آکورایوم، ادامه داشت. پس از خیساندن، بذرها سه بار با آب مقطر شستشوی سطحی شدند و سپس برای رسیدن به وزن اولیه خود در سایه با هوای دمنده در دمای ۲۷ درجه سانتیگراد دوباره خشک شدند، سپس در کیسه‌های پلی اتیلنی مهر و موم شده و در یک یخچال تا زمان استفاده ذخیره گردیدند. بذرهای خشک تیمار نشده به‌عنوان گروه شاهد در نظر گرفته شدند. بذرهای تیمار شده و تیمار نشده در ۱۵ و ۱۸ آبان ماه ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ با ردیفکار دستی در ردیف‌های با فاصله ۲۵ سانتی‌متر با استفاده بر پایه ۱۶۰ کیلوگرم بذر در هکتار کاشته شدند. قبل از کاشت ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر و ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم به خاک اضافه شد. کود نیتروژن، از ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار به شرح زیر توزیع شد: ۵۰ درصد در مرحله کاشت نشاء به شکل اوره (۴۶ N درصد) و ۵۰ درصد دیگر در دو مرحله (ابتدا و انتهای پنجه‌زنی). علاوه بر آبیاری غوطه‌وری، دو آبیاری به‌ترتیب در طول فصل رشد در مراحل پنجه‌زنی و خوشه‌دهی انجام شد. وجین برای از بین بردن علف‌های هرز یکبار انجام گردید. محصول به‌صورت دستی در هفته دوم اردیبهشت ماه در هر دو سال زراعی برداشت شدند و هر پلات به‌طور جداگانه خرمن کوبی شد.

اندازه‌گیری صفات زراعی: تعداد گیاهچه‌های سبز شده به‌طور روزانه با توجه به کتابچه ارزیابی گیاهچه‌ها انجمن تجزیه و تحلیل دانه‌ها (AOSA, 1983) ثبت شد. ضریب یکنواختی سبز شدن با استفاده از فرمول Bewley و Black (۱۹۸۵) محاسبه شد:

$$CUE = \frac{\sum n}{\sum[(\bar{t} - t)^2 n]}$$

که t زمان در واحد روز است، که شروع از روز ۰، n تعداد گیاهچه‌های کامل سبز شده در روز t می‌باشد و $\bar{t}$ برابر با متوسط زمان سبز شدن می‌باشد.

در برداشت، صفات زراعی و اجزای عملکردی براساس روش‌های استاندارد بررسی شدند. شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول بر اساس روش Hunt (۱۹۷۸) محاسبه شدند. زمانی که محصول به‌طور کامل رسید، برای تعیین عملکرد دانه، عملکرد کاه و کلش و شاخص برداشت، درو شدند.

اندازه گیری صفات شیمیایی: نمونه‌های برگ برای تجزیه و تحلیل یونی (Na^+ و K^+) در مرحله خوشه‌دهی جمع‌آوری و سپس خشک شدند. نمونه‌های آسیاب شده برگ (۰/۵ گرم) در ۱۵ میلی‌لیتر ترکیب دی اسید (اسیدنیتریک و اسید پرکلریک، به نسبت ۲ :۱) هضم شدند و Na^+ و K^+ با فلیم فتومتر (JENWAY, PFP-7, England) تعیین شدند.

نمونه‌های برگ برای تجزیه و تحلیل سنجش‌های بیوشیمیایی (پروتئین محلول، مقدار فنل کل، فعالیت آلفا آمیلاز و پروتئاز) در مرحله خوشه‌دهی جمع‌آوری شدند.

سنجش پروتئین محلول: جهت اندازه‌گیری کمی پروتئین بر اساس روش Bradford (۱۹۷۶) عمل شد. مقدار ۰/۲ گرم از بافت برگ درهاون چینی سرد و در ظرف یخ با ۲ میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار با اسیدیته ۶/۸ هموژن و سانتریفیوژ گردید. سوپرنانت بدست آمده برای اندازه‌گیری مقدار پروتئین محلول مورد استفاده قرار گرفت و جذب نمونه در طول موج ۵۹۵ با دستگاه اسپکتروفتومتری قرائت گردید.

فعالیت آلفا آمیلاز: دو گرم نمونه برگی جهت اندازه گیری فعالیت آلفا آمیلاز استفاده شد. برای تهیه عصاره ابتدا پنج میلی‌لیتر محلول ۶۰ میلی‌مولار بافر فسفات pH ۶/۸، به نمونه اضافه شد و سپس نمونه به‌مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند (۱۲۰۰۰ دور در دقیقه). جهت اندازه گیری فعالیت آلفا آمیلاز ابتدا ۰/۵ میلی‌لیتر محلول نشاسته به داخل لوله آزمایش منتقل شد سپس ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره تهیه شده در بالا به آن اضافه شد و بعد از ۳۰ دقیقه انکوباسیون در ۳۷

درجه سانتیگراد بوسیله اسید هیدروکلریدریک ۰/۱ نرمال واکنش متوقف گردید و در ادامه یک میلی‌لیتر از معرف ید به آن اضافه شد. پس از آن حجم محتوی لوله با آب مقطر به حدود ۱۰ میلی‌لیتر رسانده و و جذب نمونه در طول موج ۶۲۰ با دستگاه اسپکتروفتومتری قرائت و با نمونه شاهد مقایسه گردید (Varavinit et al., 2002).

سنجش میزان فنل: ۰/۱ گرم نمونه تر به‌مدت ۱۵ دقیقه در ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد جوشانده و سپس به‌مدت ۱۵ دقیقه با ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. ۵ میلی‌لیتر محلول فوقانی جدا شد. به ۲/۵ میلی‌لیتر از این محلول ۲/۵ میلی‌لیتر فولن رقیق شده با آب (۳:۱) و ۵ میلی‌لیتر کربنات سدیم اشباع افزوده شد به‌مدت ۱۰ دقیقه در شرایط آزمایشگاهی نگه داشته شد. پس از آن به‌مدت ۱۵ دقیقه با ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. میزان جذب محلول نمونه در طول موج ۶۴۰ نانومتر در مقابل شاهد خوانده شد (Chaovanalikit and Wrolstad, 2004).

سنجش کلروفیل: برای این منظور از اروش Moran (۱۹۸۲) استفاده شد. بدین‌منظور ۰/۵ گرم از هر نمونه برگ را در ۵ میلی‌لیتر استن ۸۰ درصد هموژن گردید و بعد از انجام سانتریفیوژ با ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه و دمای ۴ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ دقیقه مایع روئی برداشته شد. سپس میزان جذب نور با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر و در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر تعیین گردید.

فعالیت پروتئاز: ۰/۵ میلی‌لیتر کازئین هیدرولیز شده (۱ درصد با pH ۶) و ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره آنزیمی به مدت یک ساعت در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری و سپس برای توقف واکنش ۰/۱ میلی‌لیتر تری کلرواستیک اسید ۴۰ درصد به آن اضافه گردید. سپس جذب آنها در طول موج ۲۸۰ نانومتر بررسی شد (افزایش میزان جذب در پایان دور خوابانیدن نسبت به شروع آن نشان دهنده میزان فعالیت پروتئازی می‌باشد (Drapeau, 1974).

عملکرد و سایر صفات زراعی و شیمیایی مورد تجزیه و تحلیل واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS قرار گرفتند. از آنجا که پاسخ به تیمارها در دو سال، نسبتاً مشابه بود. علاوه بر این آزمون بارتلت و تجزیه و تحلیل ترکیبی از دو فصل رشد استفاده شد. آزمون X2 بارتلت نشان داد که ترکیب داده‌های هر دو سال قابل قبول است. بنابراین در نتایجی که در ادامه اشاره شده، تمام مقادیر، میانگین داده‌های ترکیب شده برای ۲ سال آزمایش است. میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج

صفات زراعی: تیمار پرایمینگ بذرها بطور قابل توجهی تعداد گیاهچه سبز شده و ضریب یکنواخت سبز شدن، را بهبود بخشید. با این‌حال، تفاوت ارقام و همچنین تعامل بین تیمار پرایمینگ و ارقام معنی‌دار نبود (جدول ۱). حداکثر گیاهچه سبز شده و ضریب یکنواخت سبز شدن از اسموپرایمینگ و به دنبال آن‌هالوپرایمینگ ثبت شدند (جدول ۱). به همین ترتیب تیمار پرایمنیگ بذرها به‌طور قابل توجهی تعداد کل پنجه‌ها، تعداد پنجه‌های بارور، ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و بیولوژیک و شاخص برداشت را بهبود بخشید. با این حال، تعامل بین تیمار پرایمینگ بذرها و ارقام تنها برای تعداد کل پنجه‌ها، پنجه‌های بارور، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی معنی‌دار بود (جدول ۱ و ۲). با این حال هیچ تفاوت ارقام برای تمامی صفات زراعی و صفات عملکردی مطالعه شده وجود نداشت (جدول ۱ و ۲). حداکثر تعداد پنجه‌ها، تعداد پنجه‌های بارور، عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه از اسموپرایمینگ در هر دو رقم مشاهده شد. به همین

ترتیب، حداکثر ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و شاخص برداشت از اسموپرایمینگ و به دنبال آن‌هالو پرایمینگ ثبت شدند. به‌طور مشابه، حداکثر تعداد دانه در هر سنبله از اسموپرایمینگ مشاهده شد که مشابه با سالسیلیک پرایمینگ بود.

جدول ۱: مقایسه میانگین اثر تیمار پرایمینگ بذر بر سبز شدن و خصوصیات زراعی ارقام جو در شرایط شوری.

پرایمینگ	رقم	تعداد بوته سبز (درمترمربع)	ضریب یکنواختی سبز شدن	تعداد کل پنجه (درمترمربع)	تعداد پنجه بارور (در مترمربع)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)
شاهد		۹۶c	۰/۰۲c	۲۷۸d	۲۵۵d	۵۳/۷d
هیدروپرایم		۱۱۷b	۰/۰۲۸bc	۳۰۴/۳b	۲۸۴/۱b	۵۸/۰۵bc
هالوپرایم		۱۳۳a	۰/۰۴۲a	۳۲۱/۱a	۳۰۵/۸a	۵۹/۳۲ab
اسمو پرایم		۱۴۳a	۰/۰۳۹a	۳۲۵/۳a	۳۰۸/۸a	۶۱/۰۲a
سالسیلیک پرایم		۱۱۸b	۰/۰۳۲ab	۲۹۷/۳bc	۲۷۶/۵bc	۵۷/۷bc
جیبرلین پرایم		۱۱۲b	۰/۰۳۱ab	۲۸۷/۵cd	۲۶۵/۶cd	۵۶/۷۸c
LSD		۱۲	۰/۰۱۱	۱۴/۴	۱۵/۱۸	۲/۰۷
	صحرا	۱۲۴	۰/۰۳۲	۳۰۴/۸۳	۲۸۴/۸	۵۶/۳۸
	خرم	۱۱۶	۰/۰۳۳	۲۹۹/۷۲	۲۸۰/۶	۵۹/۱۶
LSD						
شاهد	صحرا	۱۰۳	۰/۰۱۹	۲۸۴/۶de	۲۵۶/۳e	۵۲/۳۷
	خرم	۸۹	۰/۰۲۱	۲۷۱/۳e	۲۵۴/۶e	۵۵/۰۳
هیدروپرایم	صحرا	۱۱۴	۰/۰۲۹	۲۹۲/۳cde	۲۷۰/۶de	۵۵
	خرم	۱۲۰	۰/۰۲۷	۳۱۶/۳ab	۲۹۷/۶abc	۶۱/۰۳
هالوپرایم	صحرا	۱۳۵	۰/۰۳۶	۳۲۰/۶a	۳۰۵/۳ab	۵۸/۶
	خرم	۱۳۲	۰/۰۴۸	۳۲۱/۶a	۳۰۶/۳ab	۶۰/۰۳
اسموپرایم	صحرا	۱۴۵	۰/۰۴۰	۳۲۱/۳a	۳۱۰/۳a	۵۹/۹
	خرم	۱۴۱	۰/۰۳۸	۳۲۹/۳a	۳۰۷/۳ab	۶۲/۱۳
سالسیلیک پرایم	صحرا	۱۲۶	۰/۰۳۴	۳۱۰/۳abc	۲۸۸/۶bcd	۵۷/۲
	خرم	۱۰۹	۰/۰۳۱	۲۸۴/۳d	۲۶۴/۳e	۵۸/۲
جیبرلین پرایم	صحرا	۱۲۱	۰/۰۳۳	۲۹۹/۶bcd	۲۷۷/۶cde	۵۵/۰۷
	خرم	۱۰۴	۰/۰۳	۲۷۵/۳e	۲۵۳/۶e	۵۸/۵
LSD				۲۰/۴۳	۲۱/۴۷	

ANOVA	تعداد بوته سبز	ضریب یکنواختی سبز شدن	تعداد کل پنجه	تعداد پنجه بارور (در مترمربع)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)
پرایم	*	*	*	*	*
رقم	ns	ns	ns	ns	ns
پرایم × رقم	ns	ns	**	*	ns

اعداد با حروف متفاوت در یک ستون دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD، ns غیر معنی‌دار، *معنی‌دار در سطح ۵ درصد؛ **معنی‌دار در سطح ۱ درصد.

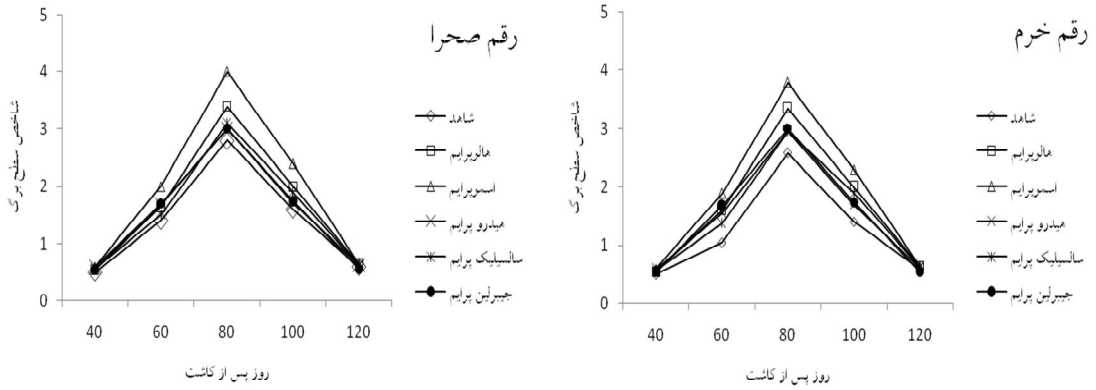
در تمامی تیمارهای پرایمینگ بذر شاخص سطح برگ (شکل ۱) و سرعت رشد محصول (شکل ۲) نسبت به شاهد برای هر دو رقم آزمایش شده، بهبود بخشید. با این حال، اسموپرایمینگ بهترین روش برای بهبود شاخص سطح برگ در هر دو رقم و به دنبالش‌هالوپرایمینگ (شکل ۱) بود. بطور مشابه حداکثر سرعت رشد محصول از اسموپرایمینگ پس از آن‌هالو پرایمینگ در رقم صحرا و هیدروپرایمینگ در خرم (شکل ۲) ثبت شد.

جدول ۲: مقایسه میانگین اثر تیمار پرایمینگ بذر بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام جو در شرایط شوری.

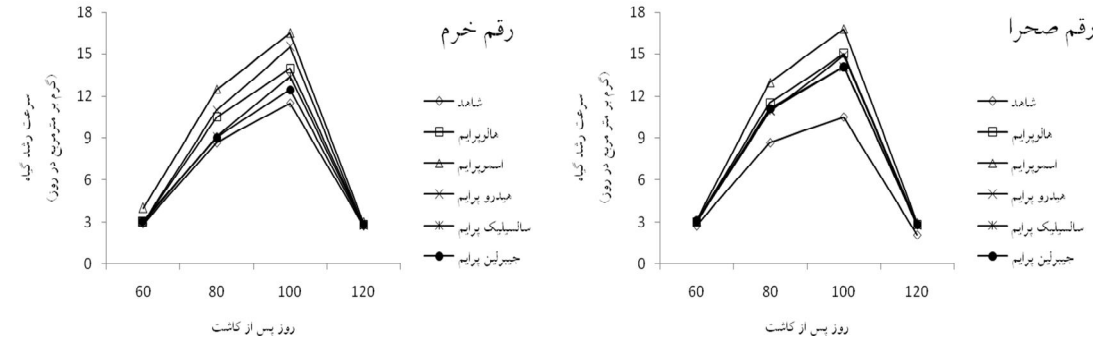
پرایمینگ	رقم	تعداد دانه در هر سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار)	عملکرد دانه (تن در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
شاهد		۲۴/۷d	۲۸/۱c	۵/۷f	۲e	۳۵/۳e
هیدروپرایم		۲۷/۳bcd	۲۹/۷bc	۶/۲d	۲/۴c	۳۹/۲bc
هالوپرایم		۲۷/۹bc	۳۱/۳ab	۶/۸b	۲/۸b	۴۱ab
اسمو پرایم		۳۰/۷a	۳۲/۹a	۷/۲a	۳/۱a	۴۲/۸a
سالسیلیک پرایم		۲۸/۹ab	۲۹/۵a	۶/۵c	۲/۵c	۳۸/۳cd
جیبرلین پرایم		۲۶/۰۷cd	۲۹/۱bc	۶e	۲/۲d	۳۶/۳de
LSD		۲/۶۹	۲/۱۱	۰/۱۸	۰/۱۲	۲/۳
	صحرا	۲۸	۳۰/۳	۶/۵	۲/۶	۳۹/۳
	خرم	۲۷/۲	۲۹/۹	۶/۳	۲/۴	۳۸/۴
LSD						
شاهد	صحرا	۲۵/۵	۲۸/۸	۵/۷f	۲/۱gh	۳۶/۳
	خرم	۲۳/۹	۲۷/۵	۵/۷f	۹/۱h	۳۴/۴
هیدروپرایم	صحرا	۲۸/۱	۲۹	۶/۱de	۲/۳ef	۳۸/۶
	خرم	۲۶/۵	۳۰/۳	۶/۳d	۲/۵de	۳۹/۸
هالوپرایم	صحرا	۲۸/۱	۳۱/۳	۶/۹bc	۲/۸bc	۴۱/۶
	خرم	۲۷/۸	۳۱/۴	۶/۸c	۲/۷cd	۴۰/۳
اسموپرایم	صحرا	۳۱/۶	۳۳/۳	۷/۴a	۳/۲۱a	۴۳/۲
	خرم	۲۹/۷	۳۲/۶	۷/۱ab	۳ab	۴۲/۵
سالسیلیک پرایم	صحرا	۲۸/۲	۳۰/۶	۶/۹bc	۲/۷۵cd	۳۹/۶
	خرم	۲۹/۶	۲۸/۵	۶/۲d	۲/۳fg	۳۷
جیبرلین پرایم	صحرا	۲۶/۳	۲۸/۹	۶/۲de	۲/۲۶fg	۳۹/۳
	خرم	۲۵/۸	۲۹/۳	۵/۹ef	۲/۱fgh	۳۶/۴
LSD				۰/۲۶	۰/۱۹	

ANOVA	تعداد دانه در هر سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار)	عملکرد دانه (تن در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
پرایم	*	*	*	*	*
رقم	ns	ns	ns	ns	ns
پرایم × رقم	ns	ns	*	**	ns

اعداد با حروف متفاوت در یک ستون دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD. ns غیر معنی‌دار، *معنی‌دار در سطح ۵ درصد و **معنی‌دار در سطح ۱ درصد.



شکل ۱: اثر تیمارهای پرایمینگ بذر بر ش حص سطح برگ ارقام جو در شرایط شوری.



شکل ۲: اثر تیمارهای پرایمینگ بذر بر سرعت رشد گیاه در ارقام جو در شرایط شوری.

صفات شیمیایی: تیمار پرایمینگ بذرها بطورقابل توجهی غلظت Na^+ و K^+ در برگ‌های هر دو رقم جو تحت تاثیر قرار دادند. تعامل بین تیمار پرایمینگ دانه‌ها و ارقام نیز برای غلظت‌های Na^+و K^+ معنی‌دار بود. با این حال، هیچ تفاوت معنی‌داری بین ارقام برای غلظت Na^+ وجود نداشت اگرچه محتویات K^+ در رقم صحرا بیشتر از خرم بود (جدول ۳). حداقل غلظت Na^+ و حداکثر غلظت K^+ در برگ‌های جو رقم صحرا رشد یافته از دانه‌های اسموپرایم شده مشاهده گردید در حالی که حداکثر غلظت K^+ ازهالوپرایمینگ پس از آن اسموپرایمینگ و هیدروپرایمینگ (جدول ۳) بدست آمد. عمل پرایمینگ بذرها بطورقابل توجهی پروتئین محلول، میزان فنل کل، مقدار کلروفیل و فعالیت‌های آلفا-آمیلاز و پروتئاز هر دو رقم جو را تحت تاثیر قرار داد. تعامل بین تیمار پرایمینگ بذرها و ارقام نیز برای پروتئین محلول، فعالیت آنزیم‌های آلفاآمیلاز و پروتئاز معنی‌دار بود در حالی که برای میزان فنل کل و کلروفیل معنی‌دار نبود (جدول ۳). اگرچه هیچ تفاوتی بین ارقام برای فعالیت پروتئاز وجود نداشت، پروتئین محلول، مقدار کلروفیل، میزان فنل کل و فعالیت آلفا-آمیلاز در رقم صحرا بالاتر بود (جدول ۳). پروتئین محلول حداکثر در رقم صحرا اسموپرایم شده و بعد از آن هالوپرایمینگ بود. در مورد رقم خرم، حداکثر پروتئین محلول از هالوپرایمینگ و بعد از اسموپرامینگ ثبت شد (جدول ۳). حداکثر میزان فنل کل و کلروفیل از اسموپرایمینگ پس از هالوپرایمینگ ثبت شد (جدول ۳). حداکثر فعالیت آلفا آمیلاز در رقم خرم رشد یافته از بذور اسموپرایم شده و پس ازآن هالوپرایمینگ در همین رقم مشاهده شد. با این حال، حداکثر فعالیت پروتئاز گیاه جو در رقم خرم از بذور هیدروپرایمینگ و به دنبال‌هالوپرایمینگ در ارقام بدست آمد (جدول ۳).

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر تیمار پرایمینگ بذر بر تجزیه معدنی و بیوشیمیایی ارقام جو در شرایط شوری.

پرایمینگ	رقم	غلظت سدیم (قسمت در میلیون)	غلظت پتاسیم (قسمت در میلیون)	مجموع پروتئین محلول (میلی‌گرم در میلی‌لیتر)	فعالیت آلفا آمیلاز (میلی گرم پروتئین)	فعالیت پروتئاز (میلی گرم پروتئین)	مجموع محتوی فنولیک (میلی‌گرم در میلی لیتر)	مجموع کلروفیل (٪)
شاهد		۱۴۳a	۹۱/۱c	۰/۸۱d	۳۴/۱e	۰/۳۳e	۰/۳۶f	۹/۶d
هیدروپرایم		۱۲۷c	۱۲۰a	۰/۸۷c	۴۲/۶c	۰/۴۷۸a	۰/۶۲c	۱۶/۹b
هالوپرایم		۱۱۸d	۱۲۱a	۰/۹۶a	۵۲/۴b	۰/۴۸۱a	۰/۶۸b	۲۱/۵a
اسمو پرایم		۱۱۰e	۱۱۹a	۰/۹۴b	۵۷/۹a	۰/۴۵۱b	۰/۸۱a	۲۳/۵a
سالسیلیک پرایم		۱۱۹d	۱۰۸b	۰/۸۷c	۳۸/۸d	۰/۳۹۴d	۰/۵۳d	۱۸/۴b
جیبرلین پرایم		۱۳۵b	۱۰۷b	۰/۸۶c	۳۸d	۰/۴۲۵c	۰/۴۸f	۱۲/۱c
LSD		۶/۱۴	۵/۸۷	۰/۰۱۶	۱/۵۲	۰/۰۱۶	۰/۰۳۶	۲/۳
	صحرا	۱۲۸	۱۱۹a	۰/۸۹a	۴۴/۴a	۰/۴۲۶	۰/۶۱a	۱۸/۱a
	خرم	۱۲۲	۱۰۳b	۰/۸۷b	۴۳/۵b	۰/۴۳	۰/۵۶b	۱۵/۹b
LSD			۱۲/۲۷	۰/۰۱۷	۰/۴۱		۰/۰۱۳	۲/۱
شاهد	صحرا	۱۵۳a	۱۰۴bc	۰/۸g	۳۲/۹۹f	۰/۳f	۰/۳۳	۱۰/۶۰
	خرم	۱۳۲bc	۷۸d	۰/۸۲g	۳۵/۴e	۰/۳۷e	۰/۴	۸/۹
هیدروپرایم	صحرا	۱۳۴bc	۱۲۷ab	۰/۸۶ef	۴۶/۷۶b	۰/۴۹a	۰/۵۹	۱۷/۵
	خرم	۱۲۱de	۱۱۲abc	۰/۸۸de	۳۸/۴d	۰/۴۸ab	۰/۶۴	۱۶/۱
هالوپرایم	صحرا	۱۱۹def	۱۲۱abc	۰/۹۸a	۴۶/۵b	۰/۴۸ab	۰/۶۵	۲۳
	خرم	۱۱۷efg	۱۲۲abc	۰/۹۳b	۵۸/۳a	۰/۴۶bc	۰/۷	۲۰/۳
اسموپرایم	صحرا	۱۰۸g	۱۳۰a	۰/۹۹a	۵۷a	۰/۴۵c	۰/۸۲	۲۵
	خرم	۱۱۱efg	۱۰۸abc	۰/۹۱c	۵۸/۸a	۰/۴۴c	۰/۸۱	۲۲/۹
سالسیلیک پرایم	صحرا	۱۱۵efg	۱۱۹abc	۰/۹cd	۴۲/۲c	۰/۳۷e	۰/۴۹	۱۹
	خرم	۱۲۴cde	۹۸cd	۰/۸۵f	۳۵/۵e	۰/۴۱d	۰/۵۶	۱۷/۹
جیبرلین پرایم	صحرا	۱۴۲b	۱۱۲abc	۰/۸۵f	۴۱/۲c	۰/۴۵c	۰/۴۵	۱۳/۹
	خرم	۱۲۸cd	۱۰۳bcd	۰/۸۸de	۳۴/۸ef	۰/۳۹d	۰/۵۲	۱۳/۷
LSD		۸/۶	۲۵/۴	۰/۰۲۲	۲/۱۵	۰/۰۲۲		

ANOVA	غلظت سدیم (قسمت در میلیون)	غلظت پتاسیم (قسمت در میلیون)	مجموع پروتئین محلول (میلی‌گرم در میلی لیتر)	فعالیت آلفا آمیلاز (میلی‌گرم پروتئین)	فعالیت پروتئاز (میلی گرم پروتئین)	مجموع محتوی فنولیک(میلی گرم در میلی لیتر)	مجموع کلروفیل (٪)
پرایم	*	**	**	*	*	*	*
رقم	ns	*	*	*	ns	*	*
پرایم * رقم	*	*	*	*	*	ns	ns

اعداد با حروف متفاوت در یک ستون دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD. ns غیر معنی‌دار، * معنی‌دار در سطح ۵ درصد و **معنی دار در سطح ۱ درصد.

بحث

این تحقیق نشان داد که تیمار پرایمینگ بذر نه تنها سبز شدن گیاه را بهبود بخشید بلکه رشد اولیه مطلوبی را در گیاهچه‌های جو در شرایط شور فراهم نمود. افزایش ضریب یکنواختی در زمان سبز شدن و افزایش در تعداد نهایی گیاهچه‌های سبز شده می‌تواند

بر اساس این واقعیت باشدکه پرایمینگ دانه‌ها طیف وسیعی از تغییرات بیوشیمیایی مانند هیدرولیز، فعال شدن آنزیم‌ها و شکستن خواب بذر در دانه‌ها را که برای شروع فرایند جوانه‌زنی، مورد نیازاست، تحریک می‌کند (Aziza et al., 2004; Farooq et al., 2010b). این برتری بذرهای پرایم شده نسبت به بذرهای پرایم نشده (شاهد) منجر به بهبود در پدید آمدن گیاهچه‌ها و در نهایت منجر به توسعه بهتر کانوپی و سرعت رشد گیاه شد. تمامی این بهبودها در قالب عملکرد بهتر دانه‌ها نمایان شدند. بهبود در محتوای K^+ برگ با کاهش همزمان در Na^+، ازطریق تیمار پرایمینگ، بویژه با $CaCl_2$ یافته مهم دیگری از این مطالعه است. گزارش‌های قبلی نشان می دهد که Ca^{2+} در حفظ سلامت غشای سلولی کمک می‌کند در حالی که جذب Na^+ را کاهش و جذب K^+ را افزایش می‌دهد (Ashraf et al., 2003).کاهش در Na^+ جذب شده و جذب K^+ بهبود یافته، در میان مهمترین شاخص‌های تحمل به شوری هستند (Hu and Schmidhalter, 1997). قابلیت گیاهان برای محدود کردن حمل Na^+ به اندام هوایی در حفظ سرعت رشد و حفاظت از روند سوخت و ساز در سلول‌های در حال رشد از اثرات سمی Na^+ ضروری است (Razmjoo et al., 2008). اثربخشی اسموپرایمینگ در حال حاضر برای بهبود عملکرد در محصولات مختلف شامل گندم (Farooq et al., 2008)، ذرت (Ashraf and Rauf, 2001) و برنج (Farooq et al., 2006b) گزارش شده است.

تیمار پرایمینگ بذور نیز فعالیت آلفاآمیلاز و پروتئاز (جدول ۳) را بهبود بخشید. بهبود در فعالیت آلفاآمیلاز از طریق تیمار پرایمینگ بذر به بهبود متابولیسم کربوهیدرات‌ها کمک می‌کند که منجر به جذب بهتر می‌شود. اسموپرایمینگ وهالوپرایمینگ در افزایش فعالیت‌های آلفاآمیلاز و پروتئاز بالاترین بودند. در مطالعه‌ای، Farooq و همکاران (۲۰۱۰b) شواهدی از نقش خاص Ca^{2+} در متابولیسم کربوهیدرات در فاصله زمانی استقرار و دوره اولیه توسعه گیاه برنج داشتند.

تحقیقات نشان داده است گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) تولید شده تحت شرایط شوری دلیل دیگری از آسیب‌های ناشی از شوری است (Zhu, 2001). با این حال، اسمولیت‌های خاص، پروتئین‌های تنش (Zhu, 2001) و ترکیبات فنولیک گیاهان را (Parida et al., 2004) از طریق مهار این گونه‌های اکسیژن یا جلوگیری از تخریب ساختارهای سلولی، سم زدایی می‌کند (Zhu, 2001). در این مطالعه، تیمار پرایمینگ بذر، پروتئین محلول، فنولیک‌ها و کلروفیل در هر دو رقم جو را بهبود بخشید (جدول ۳). مشخص شده که فنولیک‌ها نقشی ضروری در دفاع گیاه در برابر تنش‌های زیستی و غیر زیستی ایفا می‌کنند (Pardia et al., 2004). فنولیک‌ها مجهز به قابلیت اهداکننده هیدروژن، عامل کاهنده اکسیژن فعال، می‌توانند در سم زدایی واکنش‌های ROS کمک کننده باشند (Rice-Evans et al., 1997).

به نظر می‌رسد، که کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش به علت تجزیه کلروفیل باشد، کاهش در پروتئین‌های غشایی خاص در شرایط تنش و فعالیت آنزیم کلروفیلاز و پراکسیداز از عوامل مؤثر در کاهش کلروفیل در شرایط تنش ذکر شده است (Schutzz and Fangmeier, 2001). Singh و Usha (۲۰۰۳) بیان کردند که خیساندن بذرهای گندم در محلول کلرید کلسیم منجر به تولید گیاهچه‌هایی با کلروفیل کل بالاتری در مقایسه با گیاهچه‌های تیمار نشده در شرایط نرمال و تنش گردید.

نتیجه‌گیری نهایی

از عوامل مختلف پرایمینگ استفاده شده در این مطالعه، اسموپرایمنیگ وهالو پرایمینگ اثربخش‌ترین مورد در کاهش اثرات تنش شوری بر عملکرد دانه بدون توجه به ارقام جو بودند. به‌طور فیزیولوژیکی، اثرات مفید این عمل پرایمینگ را می‌توان به افزایش تجمع پروتئین‌های محلول، فنولیک‌ها، کلروفیل و K^+ با کاهش همزمان جذب Na^+ نسبت داد. بنابراین، این تیمارها را می‌توان برای بهبود عملکرد جو تحت شرایط شوری بکار برد. اسوپرایمینگ وهالوپرایمینگ نه تیمار بهتری برای بهبود استقرار محصول و عملکرد دانه‌ها در هر دو رقم بودند. همچنین در هالوپرایمینگ با کلرید کلسیم با توجه به دسترس بودن و ماهیت غیرسمی کلرید کلسیم می‌تواند منجر به اتخاذ گسترده‌تر این عامل پرایم شود و آن را به کشاورزان برای استفاده توصیه کرد.

References

Afzal, I., Basra, S.M.A., Ahmad, N. and Farooq, M. (2005). Optimization of hormonal priming techniques for alleviation of salinity stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). Caderno de Pesquisa se´rie Biologia. 17: 95-109.

Afzal, I., Basra, S.M.A., Hameed, A. and Farooq, M. (2006). Physiological enhancements for alleviation of salt tolerance in spring wheat. Pakistan Journal of Botany. 38: 1649-1659.

Almansouri, M., Kinet, J. M. and Lutts, S. (2001). Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum*). Plant and Soil. 231: 243-254.

Ashraf, M. and Rauf, H. (2001). Inducing salt tolerance in maize through seed priming with chlorides salts: growth and ion transport at early growth stages. Acta Physiologiae Plantarum. 23: 407-414.

Ashraf, M., Kausar, A. and Ashraf, M. Y. (2003). Alleviation of salt stress in pearl millet through seed treatments. Agronomie. 23: 227-234.

Association of Official Seed Analysis (AOSA). (1983). Seed vigor testing Handbook. Contribution No. 32 to the Handbook on Seed Testing. Association of Official Seed Analysis, Springfield, IL.

Aziza, A., Haben, A. and Becker, M. (2004). Seed priming enhances germination and seedling growth of barley under condition of P and Zn deficiency. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 167: 630-636.

Basra, S.M.A., Farooq, M., Tabassum, R. and Ahmad, N. (2005). Physiological and biochemical aspects of seed vigor enhancement treatments in fine rice. Seed Science and Technology. 33: 623-628.

Bewley, J. D. and Black, M. (1985). Seeds physiology of development and germination. Plenum Press, New York, USA.

Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry. 72: 248-254.

Chaovanalikit, A. and Wrolstad, R.E. (2004). Total anthocyanins and total phenolics of fresh and processed cherries and their antioxidant properties. Food and Chemical Toxicology. 69: 67-72.

Drapeau, G. (1974). Protease from Staphylococcus aureus. In: L. Lorand, ed. Methods in Enzymology. pp. 469. Academic Press, New York, USA.

Farooq, M., Basra, S.M.A., Saleem, B.A., Nafees, M. and Chishti, S.A. (2005). Enhancement of tomato seed germination and seedling vigor by osmopriming. Pakistan Journal of Agricultural Science. 42: 36-41.

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

Farooq, M., Basra, S.M.A., Tabassum, R. and Afzal, I. (2006b). Enhancing the performance of direct seeded fine rice by seed priming. Plant Production Science. 9: 446-456.

Farooq, M., Basra, S.M.A., Rehman, H. and Saleem, B.A. (2008). Seed priming enhances the performance of late sown wheat (*Triticum aestivum* L.) by improving the chilling tolerance. Journal of Agronomy and Crop Science. 194: 55-60.

Farooq, M., Wahid, A., Basra, S.M.A. and Siddique, K.H.M. (2010a). Improving crop resistance to abiotic stresses through seed invigoration. In: M. Pessarakli, ed. Handbook of Plant and Crop Stress, 3rd edn. pp. 1031–1050. Taylor and Francis, Boca Raton, FL.

Farooq, M., Basra, S.M.A., Wahid, A. and Ahmad, N. (2010b). Changes in nutrient-homeostasis and reserves metabolism during rice seed priming: Consequences for germination and seedling growth. Agricultural Sciences in China. 9: 101-108.

Greenway, H. and Munns, R. (1980). Mechanism of salt tolerance in non-halophytes. Annual Review of Plant Physiology. 31: 149-190.

Henkel, P.A. and Strogonov, B.P. (1961). Physiology of plants consuming saline water, in: Proceeding of Tehran UNESCO symposium on salinity problem in the arid zones. Arid Zone Research. 14: 145-151.

Hosseini, M.K., Powell, A.A. and Bingham, I.J. (2003). The interaction between salinity stress and seed vigor during germination of soyabeen seeds. Seed Science and Technology. 31: 715-725.

Hu, Y. and Schmidhalter, U. (1997). Interactive effects of salinity and macronutrient level on wheat. Journal of Plant Nutrition. 20: 1169-1182.

Hunt, R. (1978). Plant growth analysis. Studies in biology No. 96. pp. 8–38. Edward Arnlod, London, UK.

Moran, R. (1982). Formula for determination of chlorophyllous pigments extracted with N.N. dimethylformamide. Plant Physiology. 69: 1371-1381.

Parida, A., Das, A. B., Sanada, Y. and Mohanty, P. (2004). Effects of salinity on biochemical components of the mangrove *Aegiceras corniculatum*. Aquatic Botany. 80: 77-87.

Razmjoo, K., Heydarizadeh, P. and Sabzalian, M.R. (2008). Effect of salinity and drought stresses on growth parameters and essential oil content of *Matricaria chamomile*. International Journal of Agriculture and Biology. 10: 451-454.

Rice-Evans, C., Miller, N. J. and Paganga, G. (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. Trends in Plant Science. 2: 152- 159.

Schutzz, M. and Fangmeier, A. (2001). Growth and yield responses of spring wheat (*Triticum aestivum* L. CV. Minaret). Pollution 114: 187- 189.

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.

Varavinit, S., Chaokasem, N. and Shobsngob, S. (2002). Immobilization of a thermostable alpha-amylase. Science Asia. 28: 247-251.

Wahid, A., Farooq, M., Rasul, E., Basra, S.M.A. and Siddique, K.H.M. (2010). Germination of seeds and porpagules under salt stress. In: M. Pessarakli, ed. Handbook of Plant and Crop Stress, 3rd edn. pp. 321–337. Taylor and Francis, Boca Raton, FL.

Zhu, J.K. (2001). Plant salt tolerance. Trends in Plant Science. 6: 66-71.