

اثر پرایمینگ هورمون اکسین بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه تربتی‌کاله (رقم سناباد) تحت تنش شوری

امین حقیقی^۱، سید عطااله سیادت^۲، علی مشتقی^{۳*}، سیدامیر موسوی^۴

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملائانی، ایران
 ۲. استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملائانی، ایران
 ۳. استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملائانی، ایران
 ۴. استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملائانی، ایران
- (تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۱۵)

چکیده

به منظور بررسی واکنش شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه تربتی‌کاله به پرایمینگ هورمون اکسین تحت تنش شوری، پژوهشی به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار در آزمایشگاه تکنولوژی بذر گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در سال ۱۳۹۷ انجام شد. در این آزمایش، اثر دو عامل آزمایشی شامل ۹ سطح پرایمینگ هورمون اکسین (شاهد عدم پرایم، ۵ میکرومولار اکسین به مدت ۳ ساعت، ۱۰ میکرومولار اکسین به مدت ۳ ساعت، ۲۰ میکرومولار اکسین به مدت ۳ ساعت، ۴۰ میکرومولار اکسین به مدت ۳ ساعت، ۵ میکرومولار اکسین به مدت ۶ ساعت، ۱۰ میکرومولار اکسین به مدت ۶ ساعت، ۲۰ میکرومولار اکسین به مدت ۶ ساعت و ۴۰ میکرومولار اکسین به مدت ۶ ساعت) و شش سطح تنش شوری (صفر، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر) بود. تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده نشان داد که اثر پرایمینگ، تنش شوری و برهمکنش آنها بر تمام صفات اندازه‌گیری شده بجز صفت درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار شدند. مقایسه میانگین نشان داد که تنش شوری باعث کاهش صفات جوانه‌زنی بذر شد اما پرایمینگ با هورمون اکسین باعث تعدیل اثر منفی ناشی از تنش شوری و بهبود صفات مختلف جوانه‌زنی بذر تربتی‌کاله شد. همچنین در این آزمایش غلظت ۲۰ میکرومولار در مدت زمان ۳ ساعت، بهترین غلظت پرایمینگ با هورمون اکسین بود.

واژه‌های کلیدی: غلات، خوزستان، سرعت جوانه‌زنی، ریشه‌چه، ساقه‌چه

The Effect of Auxin Hormone Priming on Seed Germination Indices and Seedling Growth of Triticale (Sanabad Cultivar) under Salt Stress

The Effect of Auxin Hormone Priming on Seed Germination and Vigor of Triticale under Salt Stress

A. Haghghi¹, S.A. Siadat², A. Moshatati^{3*}, S.A. Mousavi⁴

1. MSc. graduated, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
 2. Professor of Plant Production and Genetics Department, Agriculture Faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
 3. Assistant professor of Plant Production and Genetics Department, Agriculture Faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
 4. Assistant Professor of Plant Production and Genetics Department, Agriculture Faculty, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran
- (Received: Sept. 24, 2022 – Accepted: Nov. 06, 2022)

Abstract

In order to study the effect of auxin hormone priming on seed germination indices and seedling growth of triticale under salt stress, an experiment was carried out as a factorial experiment in a completely randomized design with four replications in seed science and technology laboratory of plant production and genetics engineering department of Agriculture Sciences and Natural Resources University of Khuzestan in 2018. Experimental factors were auxin hormone priming (control (no priming), 5 μ M auxin in 3 hours, 10 μ M auxin in 3 hours, 20 μ M auxin in 3 hours, 40 μ M auxin in 3 hours, 5 μ M auxin in 6 hours, 10 μ M auxin in 6 hours, 20 μ M auxin in 6 hours and 40 μ M auxin in 6 hours) and different salinity levels (include 0, 4, 8, 12, 16 and 20 dS/m). The analysis of variance showed that the effect of priming, salinity stress and the interaction effect of them were significant on all measured traits (except germination percentage) in 1 percent probability level. The comparison of means showed that salinity stress decreased germination traits but hormone priming reduced the negative effect of salinity stress and improved different germination indices. Also, the best concentration of Auxin hormone priming was at 20 μ M for 3 hours.

* Email: a.moshatati@asnrkh.ac.ir

Keywords: Cereals, Khuzestan, Germination rate, Root, Shoot.
(Bradford, 1986).

مقدمه

تریتیکاله یا چاودم (*Triticum secale*) یک گیاه زراعی ساخته دست انسان است که از دو رگ‌گیری چاودار (به‌عنوان والد پدری) و گندم نان (به‌عنوان والد مادری) بدست آمده و دامنه سازگاری بیشتری نسبت به هر یک از والدین خود دارد. این گیاه به‌عنوان غذای انسان و طیور، چرای مستقیم، علوفه خشک و تازه مصرف می‌شود (Siadat et al. 2013). طبق آخرین آمار در سال ۲۰۲۰، مساحت زیر کشت تریتیکاله حدود ۳/۸ میلیون هکتار و تولید آن حدود ۱۵/۴ میلیون تن با میانگین عملکرد حدود ۴ تن در هکتار گزارش شده است (FAO, 2022).

یکی از موثرترین تنش‌های محیطی اثر گذار بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی در مناطق مختلف جهان، تنش شوری است. حدود ۲۰ درصد اراضی زراعی دنیا و حدود نصف اراضی آبی دنیا، تحت اثر تنش شوری هستند (Zhu, 2001). مقدار خاک‌های با شوری زیاد در کشور ایران حدود ۵۵/۶ میلیون هکتار (۳۴ درصد مساحت کشور) است. همچنین تقریباً ۶/۸ میلیون هکتار زمین‌های زراعی تحت اثر تنش شوری قرار دارند که عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد (Momeni, 2010).

اکنون رویکردهای متفاوتی برای بهبود تحمل گیاهان زراعی در برابر تنش‌های محیطی وجود دارد و در طی سالیان گذشته، پرایمینگ بذر به‌عنوان یک روش مطلوب جهت تولید گیاهان زراعی متحمل به تنش‌های محیطی مختلف معرفی شده است (Van Hulst et al. 2006). پرایمینگ بذر تکنیکی است که به‌واسطه آن بذرهای پیش از قرار گرفتن در بستر خود و مواجهه با شرایط زیست محیطی، به لحاظ فیزیولوژیک و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را به‌دست می‌آورند. در روش پرایمینگ، بذر به حدی آب جذب می‌کند که مراحل اولیه جوانه‌زنی فعال می‌شود ولی ریشه‌چه بذر خارج نمی‌شود

نبئی و همکاران (Nabaei et al. 2013) گزارش کردند که تیمار هورمون اکسین، باعث افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر خارمریم (*Silybum marianum* L.) در مقایسه با شاهد شد ولی اثر معنی‌داری بر رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه نداشت. عبدلی و همکاران (Abdoli et al. 2013) بیان کردند که تنش شوری باعث افزایش میانگین زمان جوانه‌زنی، کاهش درصد جوانه‌زنی و شاخص قدرت بذر و کاهش طول و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه گندم شد اما هورمون اکسین موجب کاهش میانگین زمان جوانه‌زنی، افزایش درصد جوانه‌زنی و شاخص قدرت بذر و افزایش طول و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه گندم شد. سعیدی و همکاران (Saeidi et al, 2014) بیان نمودند که هورمون اکسین موجب بهبود درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه بذر ارقام گندم گردید. مسعودی خراسانی و همکاران (Masudi-Khorasani et al. 2014) طی مطالعه اثر هورمون اکسین بر جوانه‌زنی بذر گندم در شرایط تنش شوری نشان دادند که با افزایش تنش شوری؛ صفات درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن تر و خشک گیاهچه کاهش یافت ولی با افزایش غلظت هورمون اکسین، اثر منفی تنش شوری بر بذر و گیاهچه کاهش یافته و باعث افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن تر و خشک گیاهچه شد. صارمی و همکاران (Saremi et al. 2016) با ارزیابی اثر هورمون اکسین بر جوانه‌زنی بذر و برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک استویا بیان کردند که اثر غلظت‌های مختلف اکسین بر صفت درصد جوانه‌زنی معنی‌دار شد به طوری که با افزایش غلظت هورمون اکسین، درصد جوانه‌زنی کاهش یافت. علیپور گراوند و همکاران (Alipoor-Geravand et al., 2016) طی مطالعه اثر پیش تیمار اکسین بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر گیاه شاهی تحت تنش شوری گزارش کردند که تیمار تنش شوری باعث کاهش خصوصیات جوانه‌زنی بذر و رشد

ساعت، ۴۰ میکرومولار اکسین به مدت ۳ ساعت، ۵ میکرومولار اکسین به مدت ۶ ساعت، ۱۰ میکرومولار اکسین به مدت ۶ ساعت و ۲۰ میکرومولار اکسین به مدت ۶ ساعت و ۴۰ میکرومولار اکسین به مدت ۶ ساعت) و شش سطح تنش شوری (صفر، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر) بر صفت‌ها و شاخص‌های متفاوت جوانه‌زنی و قدرت بذر تریتیکاله مطالعه شد. در این آزمایش از بذر تریتیکاله رقم سناباد (با منشاء سیمیت، سال تولید ۱۳۹۷ و تهیه شده از مرکز تحقیقات کشاورزی خوزستان) استفاده شد. با توجه به اینکه کلرید سدیم، محلول‌ترین و فراوان‌ترین نمک آزاد است، بنابراین در این آزمایش نمک کلرید سدیم شرکت مرک آلمان استفاده شد. ابتدا غلظت‌های هورمون‌ها و نمک کلرید سدیم مورد نظر جهت اعمال تیمارهای پرایمینگ و شوری آماده شد. همچنین جهت حصول اطمینان از دقت EC محلول‌های شوری مورد نظر از دستگاه اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (EC متر) مدل Cond3310 محصول شرکت Tetracon آلمان استفاده شد. جهت اجرای پرایمینگ هورمونی، بذور داخل ظرف‌های دارای غلظت‌های مورد نظر از هورمون اکسین در مدت زمان‌های معینی قرار گرفتند. پس از طی مدت زمان مورد نظر، بذره‌های تریتیکاله در داخل ظروف پتری با ۲ لایه کاغذ صافی قرار گرفته و سپس جهت اعمال سطوح شوری مورد نظر، محلول‌های شوری به پتری‌دیش‌ها افزوده شدند. سپس ظروف پتری حاوی بذور به ژرمیناتور (محصول شرکت خدمات فنی پزشکی بهروز دزفول) دارای دمای ۲۵ درجه سلسیوس جهت طی مرحله جوانه‌زنی منتقل شدند. شمارش بذره‌های جوانه‌زده از روز دوم بصورت روزانه در ساعتی معین انجام شد. به هنگام شمارش، بذرهایی جوانه‌زده تلقی شدند که طول ریشه‌چه آنها بیشتر از ۲ میلی‌متر بود. سپس تعداد بذور جوانه‌زده روزانه شمارش و یادداشت شد و صفات جوانه‌زنی بر اساس روابط زیر محاسبه شدند.

رابطه ۱ درصد جوانه‌زنی (GP) $GP = (N/M) * 100$

گیاچه‌های شاهی شد همچنین کاربرد هورمون اکسین با غلظت ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر موجب کاهش درصد جوانه‌زنی بذر و کاهش پارامترهای رشد گیاچه‌های شاهی شد البته با افزایش غلظت اکسین، تعداد گیاچه‌های نرمال افزایش یافت. صفری و همکاران (Safari et al. 2018) در بررسی اثر هورمون اکسین بر جوانه‌زنی بذر گندم نشان دادند که با مصرف هورمون اکسین، درصد جوانه‌زنی بذر ارقام گندم مورد مطالعه در مقایسه با شاهد افزایش یافت. همچنین جهانمیر و همکاران (Jahanmir et al. 2019) طی مطالعه اثر هورمون اکسین بر جوانه‌زنی بذر گندم تحت تنش شوری گزارش کردند که با افزایش تنش شوری، صفت‌های جوانه‌زنی بجز سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت اما مصرف هورمون اکسین، باعث افزایش تحمل تنش شوری شد.

با توجه به اهمیت موضوع و بررسی منابع مشخص شد که اثر پیش‌تیمار هورمونی اکسین در شرایط تنش شوری بر جوانه‌زنی بذر گیاهان مختلف مورد بررسی، معنی‌دار و مثبت است ولی تاکنون گزارشی مبنی بر بررسی اثر پیش‌تیمار بذر با تیمار هورمون اکسین بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاچه تریتیکاله تحت اثر تنش شوری گزارش نشده است بنابراین آزمایش حاضر با هدف بررسی اثر پرایمینگ هورمون اکسین بر جوانه‌زنی و قدرت بذر تریتیکاله تحت تنش شوری طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۷ در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. در این آزمایش، اثر دو عامل آزمایشی شامل ۹ سطح پرایمینگ هورمون اکسین (شاهد عدم پرایم، ۵ میکرومولار اکسین به مدت ۳ ساعت، ۱۰ میکرومولار اکسین به مدت ۳ ساعت، ۲۰ میکرومولار اکسین به مدت ۳

(Anderson, 1973).

بعد از اتمام آزمایش و برآورد صفات مختلف جوانه‌زنی بذر، تجزیه واریانس با رویه GLM و مقایسه میانگین با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) توسط سیستم تجزیه آماری (SAS) نسخه ۹/۴ انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس نشان داد که اثر پرایمینگ هورمونی، تنش شوری و برهمکنش آنها بر تمام صفات اندازه‌گیری شده بجز صفت درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۱).

درصد جوانه‌زنی و متوسط زمان جوانه‌زنی

مقایسه میانگین صفت متوسط زمان جوانه‌زنی تحت اثر متقابل نشان داد که در تیمار شاهد (عدم پرایمینگ هورمونی)، با افزایش غلظت شوری از سطح صفر به ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر، متوسط زمان جوانه‌زنی ۵۲ درصد افزایش یافت (جدول ۲). همچنین کاربرد غلظت‌ها و زمان‌های مختلف پرایمینگ با هورمون اکسین باعث کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی تحت تنش شوری شد به طوری که در دو سطح تنش شوری ۱۶ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر، متوسط زمان جوانه‌زنی سطوح و زمان‌های مختلف پرایمینگ هورمونی، از تیمار شاهد کمتر بود (جدول ۲). همچنین بیشترین مقدار متوسط زمان جوانه‌زنی (۳/۸۸ روز) در تیمار شاهد عدم پرایمینگ هورمونی و سطح تنش شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر و کمترین میزان آن (۱/۳۹ روز) در پرایمینگ هورمونی با غلظت ۴۰ میکرومولار به مدت ۳ ساعت و عدم تنش شوری بود (جدول ۳). یکی از هورمون‌های گیاهی که بر رشد و تحمل گیاهان به تنش شوری اثر دارد، هورمون اکسین است (Akbari et al. 2007). از جمله آثار فیزیولوژیک هورمون اکسین؛ رشد و نمو جنین، القای تقسیم سلولی، رشد سلول و طولی شدن کولتوپتیل است (Popko et al. 2010).

$N =$ تعداد بذرها، $M =$ تعداد کل بذرها

(Scott et al. 1984).

رابطه ۲

$$MTG = \frac{\sum(nd)}{\sum n} \quad (MGT) \quad \text{متوسط زمان جوانه‌زنی}$$

$n =$ تعداد بذر جوانه‌زده در d روز، $d =$ تعداد روزها از

شروع فرایند جوانه‌زنی و $\sum n =$ تعداد کل بذور جوانه‌زده (Ellis and Roberts, 1981).

رابطه ۳ سرعت جوانه‌زنی (GR) $GR = \sum(Ni/Ti)$

$Ni =$ تعداد بذرها، $Ti =$ تعداد روزها پس از شروع آزمایش (Ellis and Roberts, 1981).

رابطه ۴ ضریب سرعت جوانه‌زنی (CVG)

$$CVG = \frac{G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n}{(1 \times G_1) + (2 \times G_2) + (3 \times G_3) + \dots + (n \times G_n)}$$

$G_1 - G_n =$ تعداد بذور جوانه‌زده از روز اول تا روز آخر

(Maguire, 1962).

رابطه ۵ شاخص جوانه‌زنی (GI)

$$GI = (gn \times i1) + (gn - 1 \times i2) + \dots + (n - (n - 1) \times in)$$

$gn =$ تعداد بذور جوانه‌زده در همان روز و $in =$ آخرین

روزی که تمام بذور جوانه زدند (Ellis and Roberts, 1981).

رابطه ۶ شاخص سرعت جوانه‌زنی (GRI)

$$GRI = \frac{G1}{1} + \frac{G2}{2} + \dots + \frac{Gn}{n}$$

$G_1, G_2, G_n =$ به ترتیب تعداد بذور جوانه‌زده طی روز

اول، دوم و n ام (Pagter et al. 2005).

رابطه ۷ شاخص قدرت بذر (VI)

$$VI = (Ls * Pg) / 100$$

$Ls =$ میانگین طول ساقه‌چه (mm) و $Pg =$ درصد

جوانه‌زنی کل در پایان آزمایش (Abdolbaki and)

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفت‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بذر تریکاله تحت اثر پرایمینگ و تنش شوری

Table 1- Analysis of variance of germination traits and seedling growth of triticale under priming and salinity stress

منبع تغییر SOV	درجه آزادی D.F.	میانگین مربعات (MS)								
		درصد جوانه‌زنی Germination percentage	متوسط زمان جوانه‌زنی Mean germination time	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	ضریب سرعت جوانه‌زنی Germination rate coefficient	شاخص جوانه‌زنی Germination index	شاخص سرعت جوانه‌زنی Germination rate index	قدرت بذر Vigour	طول ریشه‌چه Root length	طول ساقه‌چه Shoot length
پرایمینگ Priming (P)	8	0.074ns	4.69**	0.170**	181.4**	0.094**	119.4**	1371.1*	85.9**	135.2**
تنش شوری Salinity stress (S)	5	0.116ns	3.54**	0.127**	136.1**	0.071**	60.0**	413.9**	50.8**	174.1**
پرایمینگ × شوری P×S	40	0.074ns	0.17**	0.003**	6.3**	0.003**	3.1**	50.5**	12.6**	14.0**
خطا E	162	0.079	0.02	0.001	0.6	0.000	0.4	0.4	0.1	0.1
CV ضریب تغییرات (%)	-	0.28	5.52	4.98	5.47	2.17	4.06	1.35	1.44	2.04

ns و ** یعنی به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱ درصد

ns and ** means non-significant and significant at 1% probability levels, respectively

جدول ۲- مقایسه میانگین متوسط زمان و سرعت جوانه‌زنی تحت اثر پرایمینگ با اکسین و تنش شوری

Table 2- Mean comparison of mean germination time and germination rate under priming and salinity stress

پرایمینگ اکسین Auxin priming	متوسط زمان جوانه‌زنی (روز)						سرعت جوانه‌زنی (جوانه در روز)					
	mean germination time (d)						germination rate (seedling/d)					
	شوری (دسی‌زیمنس بر متر) Salinity (dS/m)						شوری (دسی‌زیمنس بر متر) Salinity (dS/m)					
	0	4	8	12	16	20	0	4	8	12	16	20
شاهد Control	1.83de	1.95cd	2.41b	2.78a	3.44a	3.88a	0.547de	0.513cd	0.417e	0.361e	0.292g	0.258e
5µM-3h	1.74ef	1.95cd	1.99c	2.06c	2.25ef	2.32e	0.575cd	0.514cd	0.504c	0.486bc	0.445cd	0.431b
10µM-3h	1.68ef	1.78de	1.81d	1.96cd	2.11fg	2.27ef	0.595bc	0.562b	0.552b	0.510bc	0.474bc	0.442b
20µM-3h	1.62f	1.75e	1.78de	1.83de	1.99gh	2.21ef	0.617b	0.572b	0.562b	0.547a	0.503ab	0.452ab
40µM-3h	1.39g	1.56f	1.63e	1.73e	1.90h	2.10f	0.719a	0.642a	0.613a	0.578a	0.526a	0.477a
5µM-6h	1.92d	1.9cde	2.08c	2.12bc	2.36de	2.61d	0.524e	0.527c	0.482cd	0.472cd	0.424de	0.383c
10µM-6h	2.17c	2.05c	2.16c	2.25b	2.43d	2.78d	0.461f	0.490d	0.464d	0.445d	0.412e	0.360c
20µM-6h	2.59a	2.77a	2.74a	2.87a	3.20b	3.54b	0.387g	0.362f	0.366f	0.348e	0.313fg	0.282e
40µM-6h	2.41b	2.53b	2.77a	2.84a	3.01c	3.11c	0.415g	0.398e	0.361f	0.353e	0.332f	0.322d

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different based on LSD test.

جدول ۳- مقایسه میانگین ضریب سرعت جوانه‌زنی و شاخص جوانه‌زنی تحت اثر پرایمینگ با اکسین و تنش شوری

Table 3- Mean comparison of germination rate coefficient and germination index under priming and salinity stress

پرایمینگ اکسین Auxin priming	ضریب سرعت جوانه‌زنی germination rate coefficient						شاخص جوانه‌زنی germination index					
	شوری (دسی‌زیمنس بر متر) Salinity (dS/m)						شوری (دسی‌زیمنس بر متر) Salinity (dS/m)					
	0	4	8	12	16	20	0	4	8	12	16	20
شاهد Control	11.4de	12.2cd	15.1b	17.4a	21.5a	24.3a	0.881cd	0.864cd	0.798d	0.745e	0.685f	0.588f
5μM-3h	10.9ef	12.2cd	12.4c	12.9c	14.1ef	14.5e	0.894bc	0.864cd	0.858c	0.848c	0.821cd	0.811b
10μM-3h	10.5ef	11.1de	11.3d	12.3cd	13.2fg	14.2ef	0.902bc	0.885bc	0.884b	0.862bc	0.841bc	0.818ab
20μM-3h	10.1ef	10.9e	11.1de	11.4de	12.4gh	13.8ef	0.911b	0.893b	0.888ab	0.881ab	0.858ab	0.827ab
40μM-3h	8.7g	9.8f	10.2e	10.8e	11.9h	13.1f	0.944a	0.920a	0.910a	0.895a	0.871a	0.842a
5μM-6h	12.0d	11.9cde	13.0c	13.3bc	14.8de	16.3d	0.865d	0.871bcd	0.845c	0.840cd	0.805de	0.770c
10μM-6h	13.6c	12.8c	13.5c	14.1b	15.2d	17.4d	0.833e	0.850d	0.834c	0.821de	0.795e	0.746c
20μM-6h	16.2a	17.3a	17.1a	17.9a	20.0b	21.7b	0.773g	0.747f	0.751e	0.733e	0.685f	0.630c
40μM-6h	15.1b	15.8b	17.3a	17.8a	18.8c	19.4c	0.798f	0.781e	0.747e	0.737e	0.712d	0.698d

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشابه، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different based on LSD test.

ضریب سرعت جوانه‌زنی کاهش و میانگین زمان جوانه‌زنی افزایش یافت.

سرعت جوانه‌زنی

مقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی تحت اثر متقابل هورمون اکسین و تنش شوری (جدول ۲) نشان داد که بیشترین سرعت جوانه‌زنی (۰/۷۱۹) جوانه در روز) در پرایمینگ هورمون اکسین با غلظت ۴۰ میکرومولار به مدت ۳ ساعت و بدون تنش شوری بود که در مقایسه با کمترین سرعت جوانه‌زنی (۰/۲۵۸) جوانه در روز) در عدم پرایمینگ و تنش شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر، ۶۴ درصد افزایش یافت (جدول ۲). این نتایج، اثر مثبت پرایمینگ با هورمون اکسین در کاهش اثر منفی ناشی از تیمار تنش شوری بر صفت سرعت جوانه‌زنی بذر تربیتکاله را نشان داد. همچنین زمان پرایم ۳ ساعت نسبت به زمان ۶ ساعت در تمام غلظت‌های هورمون اکسین برتر بود (جدول ۲). شمسی محمود آبادی (Shamsi-MahmoodAbadi et al. 2007) گزارش کرد

احتمالا هورمون‌های اکسین و سیتوکینین در تنظیم پروتئین‌های غشایی موثر در جذب عناصر، نقش دارند (Lopez et al. 2005). در آزمایشی آگامبردیوا (Egamberdieva, 2008) با ارزیابی اثر تنش شوری بر بذر گندم بیان کرد که هورمون اکسین باعث افزایش درصد جوانه‌زنی و رشد ریشه‌چه بذر گندم شد. در پژوهشی قربانی جاوید و همکاران (Ghorbani-Javid et al. 2011) در بررسی اثر هورمون اکسین بر جوانه‌زنی بذر برنج تحت تنش شوری گزارش کردند که این هورمون موجب بهبود جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه شد. همچنین در آزمایش دیگری علیپور و همکاران (Alipoor et al. 2016) طی مطالعه اثر پرایمینگ بذر شاهی با هورمون اکسین در شرایط تنش شوری نشان دادند که اثر متقابل پرایمینگ هورمون اکسین و تنش شوری بر صفات درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، گیاهچه و ضریب آلومتری معنی‌دار شد. همچنین مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش غلظت هورمون اکسین، تعداد گیاهچه نرمال افزایش یافت. به علاوه با افزایش شدت تنش شوری،

شاخص جوانه‌زنی

مقایسه میانگین شاخص جوانه‌زنی تحت اثر متقابل پرایمینگ هورمون اکسین و تنش شوری نشان داد که بیشترین شاخص جوانه‌زنی (۰/۹۴۴) در پرایمینگ هورمون اکسین با غلظت ۴۰ میکرومولار به مدت ۳ ساعت و کمترین مقدار آن (۰/۵۸۸) در عدم پرایمینگ و تنش شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر بود که نشان‌دهنده افزایش ۳۷ درصدی شاخص جوانه‌زنی در اثر پرایمینگ بذر با هورمون اکسین است (جدول ۳). همچنین در شاهد بدون پرایمینگ، با افزایش سطح تنش شوری، شاخص جوانه‌زنی به مقدار ۳۲ درصد کاهش یافت. به علاوه پرایمینگ هورمون اکسین در هر سطح تنش شوری باعث افزایش شاخص جوانه‌زنی شد. همچنین شاخص جوانه‌زنی در پرایمینگ به مدت ۳ ساعت بیشتر از پرایمینگ به مدت ۶ ساعت بود (جدول ۳). در آزمایشی گزارش شد که تنش شوری ناشی از نمک کلرید سدیم؛ با کاهش جذب آب توسط بذر و اثر منفی بر فرایند تقسیم سلولی و متابولیسم بذر، باعث کاهش درصد جوانه‌زنی بذر آفتابگردان شد. همچنین جذب یون‌های کلر و سدیم توسط هیپوکوتیل موجب کاهش طول محور جنینی گیاهچه شد (Turhan and Ayaz, 2004).

شاخص سرعت جوانه‌زنی

مقایسه میانگین شاخص سرعت جوانه‌زنی تحت اثر متقابل پرایمینگ هورمون اکسین و تنش شوری نشان داد که بیشترین شاخص سرعت جوانه‌زنی (۲۰/۲۰) در پرایمینگ هورمون اکسین با غلظت ۲۰ میکرومولار به مدت ۳ ساعت و بدون تنش شوری و کمترین مقدار آن (۸/۹۵) در عدم پرایمینگ و تنش شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر بدست آمد (جدول ۴). اسلامی و همکاران (Eslami et al. 2009) گزارش کردند که با افزایش تنش شوری، سرعت جوانه‌زنی روزانه کاهش یافت. با توجه به اینکه سرعت جوانه‌زنی روزانه بر متوسط جوانه‌زنی روزانه اثر دارد؛ تنش شوری، متوسط جوانه‌زنی روزانه را کاهش داد (Saeidi et al. 2014).

که با افزایش تنش شوری، از طرفی بذر قادر به جذب آب جهت جوانه‌زنی و رشد سلول نیست و از طرف دیگر آنزیم‌های دخیل در فعال‌سازی و رشد گیاهچه، آسیب دیده و یا با تأخیر عمل می‌کنند، بنابراین با افزایش تنش شوری، ابتدا سرعت جوانه‌زنی کاهش یافته و سپس درصد جوانه‌زنی تغییر می‌کند. سعیدی و همکاران (Saeidi et al. 2014) در بررسی اثر هورمون اکسین بر جوانه‌زنی بذر گندم گزارش کردند که این هورمون موجب افزایش سرعت جوانه‌زنی بذر ارقام مختلف گندم شد.

ضریب سرعت جوانه‌زنی

نتایج مقایسه میانگین ضریب سرعت جوانه‌زنی تحت اثر متقابل پرایمینگ هورمون اکسین و تنش شوری نشان داد که در تیمار شاهد (عدم پرایمینگ)، با افزایش سطوح تنش شوری، ضریب سرعت جوانه‌زنی افزایش یافت. همچنین بیشترین ضریب سرعت جوانه‌زنی (۲۴/۲۵) در تیمار شاهد بدون پرایمینگ و تنش شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر و کمترین مقدار آن (۸/۶۸) در پرایمینگ هورمون اکسین با غلظت ۲۰ میکرومولار به مدت ۳ ساعت و بدون تنش شوری حاصل شد (جدول ۳). بنابراین اثر غلظت و زمان‌های مختلف پرایمینگ بر ضریب سرعت جوانه‌زنی مثبت بود بطوری‌که ضریب سرعت جوانه‌زنی در پرایمینگ هورمون اکسین با غلظت ۲۰ میکرومولار به مدت ۳ ساعت در مقایسه با شاهد بدون پرایمینگ و تنش شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر به میزان ۶۴ درصد کاهش یافت. در آزمایشی نبئی و همکاران (Nabaei et al. 2013) گزارش کردند که حداکثر سرعت جوانه‌زنی بذر خارمریم در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر هورمون‌های اکسین و کیتین بدست آمد. در آزمایشی در غلظت‌های پایین نمک‌های مورد استفاده در مقایسه با شاهد، سرعت جوانه‌زنی بذر کینوا افزایش یافت (Panuccio et al. 2014). پرایمینگ بذر با هورمون اکسین باعث افزایش ضریب سرعت جوانه‌زنی و قدرت بذر در جهت مواجهه با موانع جوانه‌زنی شد (Saremi et al. 2016).

جدول ۴- مقایسه میانگین شاخص سرعت جوانه‌زنی و قدرت بذر تحت اثر پرایمینگ با اکسین و تنش شوری

Table 4- Mean comparison of germination rate index and seed vigour under priming and salinity stress

پرایمینگ اکسین Auxin priming	شاخص سرعت جوانه‌زنی germination rate index						قدرت بذر seed vigour					
	شوری (دسی‌زیمنس بر متر) (dS/m)						شوری (دسی‌زیمنس بر متر) (dS/m)					
	0	4	8	12	16	20	0	4	8	12	16	20
شاهد Control	17.5bc	16.8bc	14.3d	11.7f	10.3f	9.0f	46.7d	40.8fg	36.5h	30.8g	20.6g	14.0g
5µM-3h	17.2c	15.9cd	15.7c	15.5cd	15.0c	14.7b	41.8f	41.3f	41.0f	40.4e	39.2e	36.7e
10µM-3h	17.7bc	17.0b	16.7b	16.2bc	15.6c	15.0b	49.9c	49.0c	48.3c	48.0c	46.3c	42.9d
20µM-3h	18.3b	17.5b	17.1b	16.8b	16.4b	15.4b	57.6a	57.1a	56.5a	55.8a	54.4a	50.2a
40µM-3h	20.2a	19.3a	19.0a	18.3a	17.5a	16.3a	54.6b	54.6b	54.0bc	53.3b	53.0b	47.3b
5µM-6h	16.0d	16.1cd	15.3c	15.0de	14.1d	13.3c	49.4c	48.9c	48.1c	47.4c	46.3c	44.4c
10µM-6h	15.0e	15.3d	15.0cd	14.6e	13.8d	12.8c	46.7d	46.8d	47.1d	47.7c	46.9c	45.1c
20µM-6h	12.8g	12.0f	12.1e	11.7f	10.9ef	10.0e	43.8e	43.5e	43.2e	42.8d	40.9d	37.4e
40µM-6h	13.8f	13.5e	12.4e	12.1f	11.4e	10.8d	40.9g	40.0g	39.6g	36.7f	34.0f	30.7f

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different based on LSD test.

قدرت بذر

مقایسه میانگین قدرت بذر تحت اثر متقابل پرایمینگ هورمون اکسین و سطوح تنش شوری نشان داد که با افزایش شدت تنش شوری، قدرت بذر تریتیکاله کاهش یافت. به طوری که بیشترین قدرت بذر (۵۷/۶۲) در پرایمینگ هورمون اکسین با غلظت ۲۰ میکرومولار و زمان ۳ ساعت و عدم تنش شوری بدست آمد که با تیمار پرایمینگ هورمون اکسین با غلظت ۲۰ میکرومولار و زمان ۳ ساعت و تنش شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۴). همچنین پرایمینگ هورمون اکسین با غلظت ۲۰ میکرومولار و به مدت ۳ ساعت، باعث افزایش قدرت بذر به میزان ۱۹ درصد در مقایسه با تیمار شاهد عدم پرایمینگ و بدون تنش شوری و افزایش ۷۵ درصدی آن نسبت به تیمار شاهد عدم پرایمینگ و سطح تنش شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر شد (جدول ۴). به طور کلی تنش شوری از طریق کاهش اندوخته غذایی، اختلال در تقسیم سلولی و جلوگیری از توسعه محور لپه، به رشد گیاهچه آسیب می‌زند. همچنین در شرایط تنش شوری، رشد طولی کلئوپتیل به علت

پتانسیل آبی منفی کاهش یافته و رشد ریشه و کلئوپتیل ضعیف، باعث کاهش استقرار گیاهچه می‌شود. از طرف دیگر هورمون اکسین در تشکیل ریشه‌چه نقش دارد و اثر مثبت این هورمون بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه را می‌توان به اثر محرک غلظت‌های پایین اکسین بر رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه نسبت داد (Kaymakanova, 2009). المنصوری و همکاران (Almansoori et al. 2007) بیان کردند که با منفی‌تر شدن سطوح پتانسیل اسمزی؛ درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش یافت.

طول ریشه‌چه

مقایسه میانگین صفت طول ریشه‌چه تحت اثر متقابل پرایمینگ هورمون اکسین و سطوح تنش شوری نشان داد که در شرایط بدون پرایمینگ؛ با افزایش سطح تنش شوری، صفت طول ریشه‌چه کاهش یافت به طوری که بیشترین طول ریشه‌چه (۳۵/۳۲ سانتی‌متر) در پرایمینگ هورمون اکسین با غلظت ۲۰ میکرومولار به مدت ۳ ساعت بدست آمد که در مقایسه با کمترین طول ریشه‌چه (۵/۴ سانتی‌متر) در بدون پرایمینگ و تنش شوری ۲۰

تنش شوری از طریق تنش اسمزی موجب کاهش جذب آب شده و با تجمع یون‌های سدیم و کلرید، جذب عناصر غذایی را مختل کرده و باعث ایجاد سمیت یونی می‌شود (Kaymakanova, 2009). افزایش غلظت هورمون اکسین باعث افزایش طول ساقه‌چه و کاهش طول ریشه‌چه گندم شد به طوری که بیشترین طول ساقه‌چه (۱۲/۱ میلی‌متر) در غلظت یک میلی‌گرم بر لیتر هورمون اکسین و تیمار بدون شوری بدست آمد، همچنین در تیمار بدون پرایمینگ و بدون شوری، طول ریشه‌چه ۱۰/۴۸ میلی‌متر بود (Akbari et al. 2007).

دسی‌زیمنس بر متر، ۸۴ درصد افزایش داشت (جدول ۵). بنابراین پرایمینگ هورمون اکسین باعث افزایش طول ریشه‌چه تحت تنش و عدم تنش شوری شد گرچه اثر پرایمینگ تحت تنش شوری بیشتر بود. تنش شوری بدلیل اثر اسمزی، عدم تعادل مواد غذایی، سمیت یون سدیم و کلر و اثر منفی یون‌ها بر غشا سلولی باعث کاهش رشد ریشه‌چه می‌شود (Mohamadi et al. 2007). گونه‌های بسیاری مانند گندم و جو قابلیت جوانه زنی در غلظت بالای نمک (۳۰۰ میلی‌مولار) را دارند، اما ریشه‌چه نمی‌تواند در این سطح از تنش شوری رشد کند (Munns and James, 2003). در مرحله جوانه‌زنی بذر،

جدول ۵- مقایسه میانگین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه تحت اثر پرایمینگ با اکسین و تنش شوری

Table 5- Mean comparison of root length and shoot length under priming and salinity stress

پرایمینگ اکسین Auxin priming	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) root length (cm)						طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) shoot length (cm)					
	شوری (دسی‌زیمنس بر متر) (Salinity (dS/m))						شوری (دسی‌زیمنس بر متر) (Salinity (dS/m))					
	0	4	8	12	16	20	0	4	8	12	16	20
شاهد Control	21.3i	18.1h	15.3h	14.2g	9.1h	5.4i	25.4a	22.7a	21.2ab	16.6d	11.5g	8.6g
5μM-3h	25.1f	24.8f	24.7f	24.5e	24.2f	23.8f	16.7g	16.4g	16.3e	15.9e	15.1e	12.9e
10μM-3h	29.5c	29.1c	29.0c	29.0c	28.6c	28.1c	20.4d	19.9e	19.3c	19.0b	17.7c	14.8d
20μM-3h	35.3a	35.1a	34.8a	34.6a	33.6a	33.1a	22.3b	22.0b	21.7a	21.2a	20.8a	17.1b
40μM-3h	32.9b	32.9b	32.5b	32.2b	32.2b	31.3b	21.8c	21.8bc	21.5ab	21.1a	20.8a	16.1c
5μM-6h	27.6d	27.4d	27.0d	26.5d	26.2e	25.1e	21.8c	21.5cd	21.2ab	20.9a	20.2b	19.3a
10μM-6h	25.9e	25.9e	26.0e	26.9d	26.8d	25.7d	20.8d	21.0d	21.1b	20.9a	20.1b	19.5a
20μM-6h	24.5g	24.6f	24.5f	24.4e	24.0f	23.1g	19.2e	18.9f	18.7d	18.4c	16.9d	14.7d
40μM-6h	23.5h	23.3g	23.1g	23.0f	21.2g	20.9h	17.4f	16.7g	16.5e	13.7f	12.8f	9.8f

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different based on LSD test.

دسی‌زیمنس بر متر، پرایمینگ هورمون اکسین بر طول ساقه‌چه تریتیکاله اثر نداشت ولی در شرایط تنش شوری ۱۲، ۱۶ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر، پرایمینگ هورمون اکسین باعث افزایش طول ساقه‌چه شد (جدول ۵). تحت تنش شوری، بذر گندم پرایم شده با هورمون اکسین در مقایسه با بذور پرایم نشده، شاخص جوانه‌زنی و طول ساقه‌چه بیشتری داشت به طوری که بیشترین طول ریشه‌چه

طول ساقه‌چه

مقایسه میانگین طول ساقه‌چه تحت اثر متقابل پرایمینگ هورمون و تنش شوری نشان داد که بیشترین طول ساقه‌چه (۲۵/۴۲ سانتی‌متر) در بدون پرایمینگ و عدم تنش شوری و کمترین مقدار آن (۸/۶ سانتی‌متر) در بدون پرایمینگ و تنش شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر بدست آمد (جدول ۵). در شرایط عدم تنش و تنش شوری ۴ و ۸

و سرعت جوانه‌زنی در شرایط بدون شوری و عدم پرایمینگ و بیشترین مدت زمان جوانه‌زنی تحت تنش شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و عدم پرایمینگ بدست آمد (Masudi-Khorasani et al. 2014). اثر پرایمینگ بذر با هورمون اکسین بر صفت طول ساقچه‌چه گندم معنی‌دار شد به طوری که بیشترین طول ریشه‌چه و بنیه بذر، در تیمار پرایمینگ با هورمون اکسین بدست آمد. همچنین بیشترین مدت زمان جوانه‌زنی تحت تنش شوری بالا و بدون پرایمینگ با اکسین به دست آمد (Abdoli et al. 2013).

اکسین است. نتایج این آزمایش نشان دادند که با افزایش تنش شوری؛ صفت‌های جوانه‌زنی، قدرت بذر و رشد گیاهچه تریتیکاله کاهش یافت اما پرایمینگ بذر با هورمون اکسین با غلظت ۲۰ و ۴۰ میکرومولار به مدت ۳ ساعت توانست جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه تریتیکاله در شرایط تنش شوری را بهبود دهد. بنابراین تحت تنش شوری در مزرعه، می‌توان از روش پرایمینگ بذر با هورمون اکسین جهت کاهش اثر منفی تنش شوری بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه تریتیکاله استفاده کرد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی تنش شوری باعث کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه و در نتیجه کاهش رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود و یکی از روش‌های کاهش اثر تنش شوری بر جوانه‌زنی بذر گیاهان زراعی، پرایمینگ بذر با هورمون

سپاسگزاری

بدینوسیله از معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی و معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان که قسمتی از هزینه‌های اجرای این آزمایش را تامین کرده‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Reference

- Abdoli, M., M. Saedi, M. Azhand, S. Jalali-Honarmand, E. Esfandiari, and F. Shekari. 2013. The effects of different levels of salinity and indole-3-acetic acid (IAA) on early growth and germination of wheat seedling. *Stress Physiol. Biochem.* 9: 329-338.
- Abdul-Baki, A.A., and J.D. Anderson. 1973. Vigor determination in soybean by multiple criteria. *Crop Sci.* 13: 630-633.
- Akbari, G., S.A. Sanavy, and S. Yousefzadeh. 2007. Effect of auxin and salt stress (NaCl) on seed germination of wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). *Pakistan Biol. Sci.* 10: 2557-2561.
- Alipoor-Geravand, S., H. Omid, and Kh. Ahmadi. 2016. Evaluation the effect of priming with indol acetic acid on germination taraits of *Lepidium sativum* under salinity stress. *Seed Res.* 6: 1-10.
- Almansouri, M., J.M. Kinet, and S. Lutis. 2007. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and Soil.* 231: 243-254.
- Bradford, K.J. 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *Hortic. Sci.* 21: 1105-1112.
- Egamberdieva, D. 2008. Alleviation of salt stress by plant growth regulators and IAA producing bacteria in wheat. *Acta Physiol. Plant.* 31: 861-864.
- Ellis, R.H., and E.H. Roberts. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Sci. Technol.* 9: 373-409.
- Eslami, S.V., M.A. Behdani, and S. Ali. 2008. Effect of salinity on germination characteristics and early seedling growth of canola cultivars (*Brassica napus* L.). *Environ. Stress. Agric. Sci.* 1: 39-46.
- FAO. 2022. FAOSTAT [Online]. Available at <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.

- Ghorbani-Javid, M., A. Sorooshzadeh, F. Moradi, S.A.M. Modarres-Sanavy, and I. Allahdadi. 2011.** The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants. *Aust. Crop Sci.* 5: 726-734.
- Jahanmir, R.S., R. Tavakkol-Afshari, and K. Postini. 2019.** The effects of plant hormones on improvement natural and artificial aging wheat under salt stress. *Iranian seed Sci. Technol.* 8: 87-100.
- Kaymakanova, M. 2009.** Effect of salinity on germination and seed physiology in Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Biotechnol. Biotechnol. Equip.* 23: 326-329.
- Lopez M.L., J.R. Peralta-Videa, T. Benitez, and J.L. Gardea-Torresdey. 2005.** Enhancement of lead uptake by alfalfa (*Medicago sativa*) using EDTA and a plant growth promoter. *Chemosphere.* 61: 595-598.
- Maguire, J.D. 1962.** Speed of germination- Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci.* 2: 176-177.
- Masoudi-Khorasani, F., H. Besharatand, and H. Mahmoodzadeh. 2014.** Involvement of auxin in the responses of wheat germination to salt stress. *Iranian Plant Physiol.* 5: 1195-1201.
- Mohamadi, S., N. Khosh-Kholgh-Sima, E. Majidi, Gh. Noormohamadi, and A. Saeidi. 2007.** Study the effect of NaCl and Ca on dry matter production, water relations, mineral and organic compounds reservation in two susceptible and tolerant wheat genotypes. *Agric. Sci.* 17: 53-64.
- Momeni, A. 2010.** Geographical distribution and salinity levels of Iran's soil resources. *Soil Res.* 24: 203-215.
- Munns, R., and R.A. James. 2003.** Screening methods for salt tolerance: A case study with tetraploid wheat. *Plant Soil.* 253: 239-250.
- Naba'ee, M., P. Roshandel, and A. Mohammad-Khani. 2013.** The effects of plant growth regulators on breaking seed dormancy in *Silybum marianum* L. *Cell Tissue.* 4: 45-54.
- Pagter, M., C. Bragato, and H. Brix. 2005.** Tolerance and physiological responses of *Phragmites australis* to water deficit. *Aquat. Bot.* 81: 285-299.
- Panuccio, M.R., S.E. Jacobsen, S.S. Akhtar, and A. Muscolo. 2014.** Effect of saline water on seed germination and early seedling growth of the halophyte quinoa. *AoB Plant.* 6: 47-56.
- Popko, J., R. Hansch, R.R. Mendel, A. Polle, and T. Teichmann. 2010.** The role of abscisic acid and auxin in the response of poplar to abiotic stress. *Plant Biol.* 12: 242-258.
- Saeidi, M., M. Abdoli, M. Azhand, S. Jalali-Honarmand, E. Esfandiari, and F. Shekari. 2014.** The effect of water deficiency stress and foliar application of indole acetic acid at different stages of grain growth on grain yield and germination traits of produced seeds in bread wheat cultivars. *Iranian Seed Sci. Technol.* 3: 173-187.
- Safari, K., Y. Sohrabi, A. Siosemardeh, and Sh. Sasani. 2018.** Effect of seed priming on some morphophysiological characteristics of three wheat cultivars under laboratory and greenhouse conditions. *Wheat Res.* 1: 53-68.
- Sarami, R., H. Omid, and A. Bostani. 2016.** The effect of auxin and cytokinin on some morpho-physiological and germination characteristics of stevia (*Stevia rebaudiana* bertonii) seeds. *Iranian seed Res.* 3: 57-70.
- Scott, S., R. Jones, and W. Williams. 1984.** Review of data analysis methods for seed germination. *Crop Sci.* 24: 1192-1199.
- Shamsi-Mahmood-Abadi. 2007.** Ecophysiological evaluation of hulled barley genotypes to salinity stress. PhD thesis of Agronomy. Azad University- Science and Research branch. (In Persian, with English Abstract)
- Siadat, S.A., A. Modhej, and M. Esfahani. 2013.** Cereals. Jahad Daneshgahi Mashhad Press, Mashhad, Iran. (In Persian)
- Turhan, H., and C. Ayaz. 2004.** Effect of salinity on seedling emergence and growth of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars. *Int. Agric. Biol.* 6: 149-152.
- Van-Hulten, M., M. Pelsler, L.C. Van-Loon, C.M. Pieterse, and J. Ton. 2006.** Costs and benefits of priming for defense in Arabidopsis. *Natl. Acad. Sci.* 103: 5602-5607.
- Zhu, J.K. 2001.** Plant salt tolerance. *Trend Plant Sci.* 6: 66-72.

