

اثر تنش شوری و عنصر بُر روی جوانه زنی و سبز شدن بذر کلزا (*Brassica napus L.*)

یعقوب حسینی^{۱*}، مهدی همایی^۲، نجفعلی کریمیان^۳، سعید سعادت^۴

۱. عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان؛ ۲. دانشیار گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس؛
۳. استاد علوم خاک دانشگاه شیراز؛ ۴. استادیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب (تهران).

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۲/۰۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۸/۲۱

چکیده

«جوانه زنی» و «رشد گیاهچه» از مراحل مهم نمو گیاه به ویژه در شرایط تنش بوده و بقای گیاه وابسته به آنها است. به منظور بررسی نقش شوری و عنصر بُر روی جوانه زنی و سبز شدن بذر کلزا (*Brassica napus L.*) هنگام استفاده از آب شور طبیعی و یا محلول $\text{NaCl}+\text{CaCl}_2$ به همراه بُر، پژوهشی شامل سه آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که درصد بذره‌های جوانه زده به طور معنی‌داری ($P \leq 0.001$) کاهش، اما تأخیر در جوانه‌زنی با افزایش شوری روندی افزایشی را دنبال می‌کند، لیکن این کاهش در سطوح بالاتر شوری، در آب شور طبیعی بیشتر از محلول $\text{NaCl}+\text{CaCl}_2$ بود. هنگام استفاده از آب شور طبیعی کمترین درصد جوانه‌زنی در شوری 30 dSm^{-1} و با ۷۵ درصد کاهش نسبت به شاهد همراه بود. همچنین با افزایش سطوح شوری تأخیر در جوانه‌زنی در شوری 30 dSm^{-1} (کاربرد محلول $\text{NaCl}+\text{CaCl}_2$)، نسبت به شرایط غیر شور نزدیک به دو برابر گردید. از دیگر سو در آزمایش اول و دوم، بُر هم سبب کاهش جوانه زنی و تأخیر بیشتر در جوانه‌زنی گردید، و ترکیب شوری با بُر سبب تشدید آنها شد. در آزمایش سوم، درصد تولید گیاهچه (سبز شدن بذر) از ۵۷ درصد در تیمار شاهد به حدود دو درصد در شوری 9 dSm^{-1} کاهش یافت. افزودن بُر به خاک درصد سبز شدن بذره‌های کلزا در خاک را تحت تأثیر قرار داده و موجب کاهش معنی‌دار آن شد. نتایج این پژوهش نشان داد که هنگام استفاده از آبهای شور، افزودن بر اثر اسمزی باید غلظت عنصر بُر نیز مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آب شور طبیعی، بُر، تأخیر در جوانه زنی، کلزا، محلول $\text{NaCl}+\text{CaCl}_2$

مقدمه

جوانه‌زنی و سبز شدن بذر در تعیین تراکم بوته در واحد سطح اهمیت زیادی دارد و تراکم کافی، زمانی حاصل می‌شود که بذره‌های کاشته شده به طور کامل و با سرعت جوانه زده و سبز شوند (Behboodan, 2005). جوانه‌زنی فرایندی پیچیده مشتمل بر تغییرات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بوده که حاصل فعال شدن جنین است. شوری به عنوان یک تنش غیر زنده می‌تواند اختلالات زیادی را برای بذرها در دوره جوانه‌زنی ایجاد کند (Saadat et al., 2005). اولین اختلال فیزیولوژیک در جوانه‌زنی بذر در شرایط شور، کاهش جذب آب به وسیله بذر است که مستقل از نوع نمک می‌باشد (Ashraf and McNeilly, 2004). این امر منجر به یک رشته تغییرات متابولیک

معمولاً بُر در خاک‌ها و آب‌های شور به میزانی بیش از حد نیاز گیاه وجود دارد (Malakouti et al., 2003)، لیکن مطالعه اثرات سمیت این عنصر بر رشد گیاه در شرایط شوری، همواره به واسطه توجه بیشتر به شوری، کمتر مورد توجه قرار گرفته است (Hosseini, 2008). افزودن بر این، در سال‌های اخیر استفاده از فاضلاب‌های صنعتی، شهری و کود کمپوست در کشاورزی رایج شده است. هر دو این منابع علاوه بر شور بودن، دارای مقدار زیادی بُر هستند (Hosseini, 2008). همچنین به هنگام آبیاری خاک‌های شور، به علت حرکت کندتر بُر نسبت به دیگر نمک‌ها، ممکن است غلظت آن در برخی از خاک‌های اصلاح شده به حد سمیت برسد (Ismail, 2003). از طرف دیگر، مرحله

با وجود بالا بودن غلظت عنصر بُر در بیشتر خاک‌های شور در مناطق خشک و نیمه خشک جهان، پژوهش‌های اندکی در مورد تاثیر برهمکنش شوری و بُر روی رشد گیاه، صورت گرفته است (Ismail, 2003). از همین پژوهش‌های اندک نیز بعضاً نتایجی متناقض گزارش شده است. در حالی که برخی از پژوهشگران گزارش کرده‌اند که شوری خاک موجب کاهش نشانه‌های سمیت عنصر بُر در گیاه می‌شود، بعضی دیگر بر عدم وجود برهمکنش بین این دو و گروهی بر تشدید نشانه‌های سمیت عنصر بُر در گیاه در خاک‌های شور تاکید دارند. به عنوان مثال، در آزمایشی ملاحظه گردید که عملکرد وزن خشک ساقه گندم بوسیله برهمکنش بور و شوری تحت تاثیر قرارنگرفته است (Bingham et al., 1987). اما هولوی و آلستون (Hollowoy and Alston, 1992) نشان دادند که رشد گندم در سطوح مختلف بُر با افزایش شوری کاهش می‌یابد. از طرف دیگر در آزمایشی با پسته رقم «کرمان» ملاحظه گردید که صدمه برگ ناشی از سمیت بور با افزایش شوری کاهش یافته است (Ferguson et al., 2002).

پژوهش‌های به مراتب کمتری درباره برهمکنش شوری و عنصر بُر روی جوانه‌زنی بذر و سبز شدن صورت گرفته است. در یکی از این معدود پژوهش‌های منتشر شده، نشان داده شده است که درصد جوانه‌زنی ذرت و سورگوم در غلظت‌های پایین عنصر بُر (۱۰ و ۵ میلی‌مولار) تحت تاثیر قرار نگرفت (Ismail, 2003)، ولی در تنش شوری ناشی از نمک کلرید سدیم، درصد جوانه‌زنی هر دو گیاه با افزایش غلظت عنصر بُر کاهش یافت. در آزمایش دیگری (Paliwar and Mehta, 1973) ملاحظه گردید که به طور کلی تیمارهای شوری، نسبت‌های مختلف جذب سدیم (SAR) و همچنین بُر سبب کاهش جوانه‌زنی در برنج شدند؛ اگرچه غلظت بُر تا ۴/۵ میلی گرم در لیتر تأثیر منفی بر جوانه زنی نداشت.

این پژوهش به منظور تعیین اثر شوری و عنصر بُر روی جوانه زنی بذر کلزا (*Brassica napus* L.) در پتری‌دیش و همچنین بر سبز شدن آن در خاک انجام شده است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تنش شوری و عنصر بُر بر جوانه زنی بذرهای کلزا (*Brassica napus* L.) رقم 401 (Hyola)، سه آزمایش جداگانه در محل موسسه تحقیقات خاک و آب

همچون فعالیت آنزیم‌ها، اختلال در متابولیسم نیتروژن، عدم تعادل در تنظیم کننده‌های رشد گیاه و استفاده از مواد ذخیره می‌شود (Ashraf and McNeilly, 2004).

گیاه کلزا یکی از مهمترین گیاهان زراعی بوده که می‌تواند در تولید روغن و کاهش واردات آن به کشور نقش مهمی ایفا نماید. برای اغلب گیاهان و از جمله کلزا مرحله بحرانی دوره رشد در شرایط نامساعد، همچون شوری، مرحله جوانه‌زنی و سبز شدن بذر است. زیرا بقا و استقرار گیاه وابسته به مراحل ابتدایی رشد می‌باشد (Jalali et al., 2007). در آزمایشی نشان داده شد که تیمار شوری (دامنه تیمارهای شوری از ۰/۸ تا ۱۱/۵ دسی زیمنس برمتر) به طور معنی‌دار سبز شدن و سرعت سبز شدن بذر دو رقم کلزا را کاهش داد. همچنین زیست توده برگ، ساقه و ریشه این دو رقم نیز کاهش پیدا کرد (Redman et al., 1994). در پژوهشی دیگر، با مطالعه تیمارهای شوری (NaCl) و دما بر جوانه‌زنی کلزا، نشان داده شد که درصد جوانه‌زنی با افزایش سطوح شوری به صورت خطی کاهش پیدا کرد. هنگامی که سطح شوری از ۱۰/۱ به ۱۶/۲ دسی زیمنس بر متر افزایش یافت، کاهش ۴۰ درصدی در جوانه‌زنی در مقایسه با تیمار شاهد مشاهده شد. بر پایه این نتایج، در خاک‌هایی که قابلیت هدایت الکتریکی آنها بیش از ۱۶/۲ دسی‌زیمنس بر متر بود، عملکرد کلزا در آنها به علت کاهش تراکم بوته کلزا کاهش یافت (Puppala et al., 1999). در مطالعه‌ای دیگر (Jalali et al., 2007) ملاحظه گردید کاهش جوانه‌زنی کلزا در آب شور طبیعی بیشتر از محلول $CaCl_2 + NaCl$ بود. همچنین، گزارش شد که سبز شدن بذرها در خاک شور تا شوری ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر صورت گرفته، در حالی که بذرهایی که در پتری‌دیش قرار داشتند، (به رغم کاهش تعداد و سرعت جوانه زنی) در تمام سطوح شوری جوانه زده‌اند. اگرچه با گذشت زمان، رشد گیاهچه‌ها کاهش و در پاره‌ای موارد از بین رفتند (Jalali et al., 2007). در آزمایشی دیگر نشان داده شد که کاربرد بُر تا ۳ میلی‌گرم در لیتر آب تأثیری معنی‌دار بر مقدار جوانه‌زنی بذر گندم نداشت (Sheikh and Khanum, 1976). در پژوهشی بر روی بذر سویا (Rerkasem et al., 1997) مشاهده شد که افزودن بُر به محیط کشت بذوری که غلظت بُر در آنها کمتر از ۷ میلی‌گرم در کیلوگرم بود، افزایش جوانه‌زنی بذر را بدنبال داشت.

درصد به مدت یک دقیقه قرار داده شدند، سپس بذرها به طور کامل با آب مقطر شسته شدند. در هر ظرف یک عدد کاغذ صافی واتمن شماره یک قرار داده و بذره‌های کلزا روی آنها قرار داده شدند. به هر یک از پتری‌دیش‌ها هشت میلی-لیتر آب (حاوی تیمارهای در نظر گرفته شده آب شور و عنصر بُر) اضافه گردید، به طوری که در عین حال که بذرها کاملاً خیس شدند در آب نیز غوطه ور نبودند. ظروف پتری‌دیش در ژرمیناتور در دمای 27 ± 0.5 درجه سلسیوس قرار داده شدند. ظروف پتری‌دیش در مرحله جوانه‌زنی هر روز دو بار مورد بازبینی قرار گرفته و تعداد بذره‌های جوانه زده ثبت شدند. شمارش بذره‌های جوانه زده در پتری تا رسیدن به صد درصد جوانه‌زنی و یا تا زمانی که شمارش بذره‌های جوانه زده در چند نوبت متوالی تفاوتی نشان نمی‌دادند انجام گرفت (این امر در روز هشتم آزمایش تحقق پیدا کرد). همچنین مدت زمان لازم برای انجام ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد جوانه‌زنی تعیین (Ghavami et al., 2004) و برای بررسی سرعت جوانه زنی، مورد استفاده قرار گرفت. تجزیه آماری و تحلیل داده‌ها با کمک نرم افزار Mstat C و Excel انجام پذیرفت.

آزمایش دوم (جوانه زنی در تیمارهای محلول $CaCl_2+NaCl$ و عنصر بُر در ژرمیناتور)
این آزمایش همانند آزمایش اول انجام گردید و تنها به منظور اعمال تیمارهای شوری، از محلول‌های حاوی نمک‌های کلراید سدیم (NaCl) و کلراید کلسیم ($CaCl_2$) با نسبت اکی والانی یکسان استفاده و تیمارهای شوری و عنصر بُر نیز همان تیمارهای آزمایش اول بودند. تجزیه آماری و تحلیل داده‌ها با کمک نرم افزار Mstat C و Excel انجام پذیرفت.

کشور انجام گرفت. در آزمایش اول و دوم، جوانه‌زنی بذرها در ظروف پتری‌دیش و در ژرمیناتور و در آزمایش سوم سبز شدن بذرها در خاک با بافت لوم شنی در ظروف پلاستیکی و در شرایط گلخانه انجام پذیرفت.

آزمایش اول (جوانه‌زنی در تیمارهای آب شور طبیعی و عنصر بُر در ژرمیناتور)

در این آزمایش تاثیر آب شور و عنصر بُر روی جوانه‌زنی بذره‌های کلزا در ژرمیناتور مورد بررسی قرار گرفت. به منظور اعمال تیمارهای شوری در این آزمایش، از آب شور طبیعی با قابلیت هدایت الکتریکی حدود ۱۹۶ دسی‌زیمنس بر متر که از دریاچه آب شور استان قم تهیه شده بود استفاده گردید. جدول (۱) برخی ویژگی‌های شیمیایی این آب را نشان می‌دهد.

به منظور ایجاد تیمارهای شوری مورد نظر، آب شور اولیه با آب شهر (با قابلیت هدایت الکتریکی ۰/۳ دسی-زیمنس بر متر) رقیق گردید. تیمارهای شوری در این آزمایش شامل یک آب غیر شور (با قابلیت هدایت الکتریکی ۰/۳ دسی زیمنس بر متر) و ۱۴ تیمار آب شور با قابلیت هدایت الکتریکی ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۲۱، ۲۴، ۲۷ و ۳۰ دسی‌زیمنس بر متر بودند. فاکتور عنصر بُر نیز در دو سطح صفر و ۳۰ میلی‌گرم در لیتر به صورت اسید بوریک اعمال شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام پذیرفت. در هر ظرف ۲۰ عدد بذر سالم کلزا که از بخش دانه‌های روغنی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال بذر در کرج تهیه شده بود، استفاده گردید. هر ظرف به عنوان یک کرت آزمایشی در نظر گرفته شد. ابتدا ظروف پتری‌دیش و بذرها ضدعفونی شدند (ابتدا بذرها در الکل ۹۹ درصد به مدت ۱۰ ثانیه و پس از آن در محلول هیپو کلریت سدیم ۱۰ درصد به مدت یک دقیقه و در نهایت در محلول بنومیل ۲

جدول ۱. برخی ویژگی‌های شیمیایی آب شور طبیعی قبل از رقیق شدن.

Table 1. Some chemical characteristics of natural saline water before dilution.

| پ هدايت | سولفات | بی | کربنات | کلر | پتاسیم | سدیم | منیزیم | کلسیم | بر | |
|----------|-------------------|-------------|-----------|-------------|-----------------|-----------------------|-----------------|------------------|------------------|------|
| الکتریکی | | کربنات | | | | | | | | |
| pH | EC | SO_4^{2-} | HCO_3^- | CO_3^{2-} | Cl ⁻ | K ⁺ | Na ⁺ | Mg ²⁺ | Ca ²⁺ | B |
| | dSm ⁻¹ | ----- | | | | mmolc.l ⁻¹ | | | | |
| 8.15 | 196.23 | 175.57 | 54.44 | 5.45 | 1388.52 | 2.9 | 1312.5 | 141.65 | 128.15 | 2.34 |

آزمایش سوم (سبز شدن در خاک)

اضافه شده و تیمارهای شوری نیز به هنگام آبیاری (با تناوب یک روز در میان) با آب شور طبیعی (با اعمال جزء آبشویی ۰/۵) در تمام مدت آزمایش اعمال گردیدند. تیمارهای شوری با استفاده از آب شور طبیعی، متناسب با تیمار شوری مورد نظر ایجاد شد (رقیق کردن آب شور متناسب با تیمارهای آزمایش). برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش در جدول (۲) ارائه شده است. سپس ۳۰ عدد بذر کلزا در عمق ۴-۵ میلیمتری خاک کاشته و اجازه داده شد تا بذرها سبز شوند. بذرها سبز شده در هر ۲۴ ساعت مورد بازبینی قرار گرفته و شمارش شدند. شمارش بذور سبز شده تا موقعی که تعداد بذرها سبز شده در آزمایش تغییری نداشت، ادامه یافت. تجزیه آماری و تحلیل داده‌ها با کمک نرم افزار Mstat-C و Excel انجام پذیرفت.

تیمارهای این آزمایش شامل ۱۳ سطح آب شور طبیعی (آب غیرشور، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر) و دو سطح عنصر بُر (صفر و ۴۰ میلی‌گرم بُر در کیلوگرم خاک به صورت اسید بوریک) در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل در سه تکرار انجام گرفت. این آزمایش، در یک خاک با بافت لوم شنی و در بشقابک‌های پلاستیکی با قطر ۲۰ سانتی‌متر (که زهکش نیز برای آن تعبیه گردید) انجام شد. هر یک از این ظروف به عنوان یک کرت آزمایشی در نظر گرفته شد. خاک از منطقه قمرود استان قم از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه گردید. سپس این خاک در هوا خشک، کوبیده و از الک پنج مش عبور داده شدند. سپس مقدار ۲۵۰ گرم از این خاک در هر یک از ظروف پلاستیکی آماده شده، قرار داده شد. مقدار بُر مورد نظر به صورت اسید بوریک به خاک

جدول ۲. برخی ویژگیهای خاک مورد استفاده در آزمایش

Table 2 - Some characteristics of soil using in the experiment

| واکنش خاک | هدایت الکتریکی | سولفات | کربن آلی | فسفر | کلر | پتاسیم | سدیم | بر | گروه بافتی |
|----------------------|----------------------|-------------------------------|----------|------|-----------------|------------------------|-----------------|----|------------|
| pH | EC | SO ₄ ²⁻ | OC | P | Cl ⁻ | K ⁺ | Na ⁺ | B | Texture |
| (dSm ⁻¹) | (dSm ⁻¹) | (mg kg ⁻¹) | (%) | | | (mg kg ⁻¹) | | | لوم شنی |
| 7.9 | 2.99 | 64 | 0.23 | 5.32 | 216 | 189 | 409 | 2 | Sandy-loam |

نتایج و بحث

آزمایش اول (جوانه‌زنی در تیمارهای آب شور طبیعی و بُر در ژرمیناتور)

مقایسه با تیمار شاهد، تفاوت معنی‌داری نشان نداد، لیکن با افزایش شوری به بیش از شش دسی‌زیمنس بر متر، کاهش جوانه‌زنی معنی‌دار بود (شکل ۱). کاهش جوانه‌زنی بذور در اثر افزایش سطوح شوری ممکن است به دلیل کاهش پتانسیل آب بین محیط اطراف بذر باشد که در نتیجه سبب اختلال در سنتز آنزیم‌های لازم برای جوانه‌زنی می‌شود (Yagmur and Kaydan, 2008). مقدار بُر درصد جوانه‌زنی نهایی را به طوری معنی‌دار تحت تاثیر قرار داد (شکل ۲). اضافه کردن بُر به ویژه در تیمارهای با شوری بالا به طور قابل ملاحظه‌ای موجب کاهش درصد جوانه‌زنی گردید (شکل ۳). گزارش شده است که کاهش درصد جوانه‌زنی بذر گیاهان در شرایط شور نتیجه کاهش پتانسیل

سطوح شوری و عنصر بُر و همچنین برهمکنش آن‌ها بر مقدار جوانه‌زنی بذر کلزا تأثیری معنی‌دار داشتند (جدول ۳). مقدار جوانه زنی با افزایش سطوح شوری، روندی کاهشی را نشان داد، لیکن این کاهش، به ویژه در شوری‌های بالاتر بیشتر بود. کمترین درصد جوانه زنی در شوری ۳۰ dSm⁻¹ و با ۷۵ درصد کاهش نسبت به شاهد همراه بود. درصد جوانه‌زنی نهایی بذرها در آب شور طبیعی، تا هشت روز پس از کاشت در شکل (۱) ارائه شده است. درصد جوانه‌زنی تا شوری شش دسی‌زیمنس بر متر در

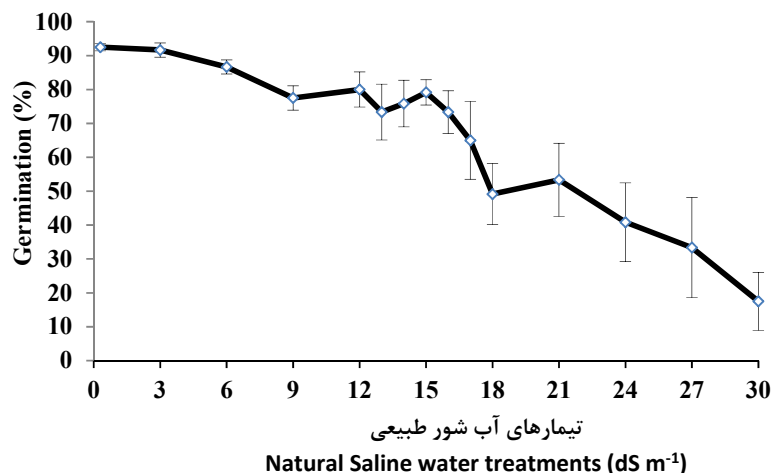
سطوح شوری به وضوح قابل مشاهده بود، به طوری که زمان لازم برای جوانه زدن ۲۵ درصد و ۵۰ درصد بذرها با افزایش شوری، افزایش یافت.

اسمزی محیط رشد، سمیت ویژه یونی و اختلال در جذب عناصر غذایی می‌باشد (Nabi Zadeh, 2002). اثر شوری در به تأخیر انداختن جوانه‌زنی در شکل (۴) ارایه شده است. با توجه به این شکل، تأخیر در جوانه‌زنی با افزایش

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر تیمارهای آب شور طبیعی و بور بر مقدار جوانه زنی بذر کلزا

Table 3. Analysis of variance of the effect of natural saline water treatments and boron rate on canola seed germination

| Source of variation | منبع تغییرات | درجه آزادی df | مجموع مربعات Sum of Square | میانگین مربعات Mean Square | مقدار F F Value | سطح احتمال Probability |
|---------------------|--------------|---------------|----------------------------|----------------------------|-----------------|------------------------|
| Salinity | شوری | 14 | 1823.956 | 130.283 | 65.1413 | 0.000 |
| Boron | بر | 1 | 613.611 | 613.611 | 306.8056 | 0.000 |
| salinity × boron | شوری × بر | 14 | 268.889 | 19.206 | 9.6232 | 0.000 |
| Error | خطا | 60 | 120.000 | 2.00 | | |



شکل ۱. اثر آب شور طبیعی بر جوانه زنی بذر کلزا

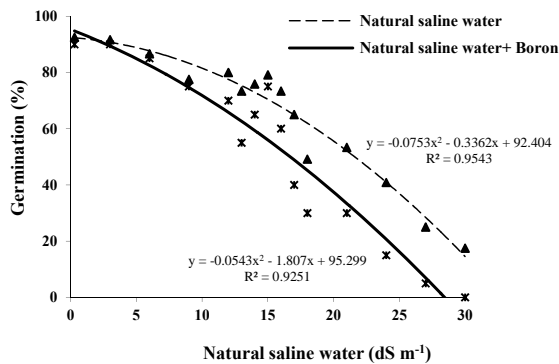
Fig. 1. The effect of natural saline water on canola seed germination

افزودن عنصر بُر به تیمارهای شوری به هنگام استفاده از آب شور طبیعی نیز زمان لازم برای جوانه‌زنی را افزایش داد. در شکل (۵) تأخیر در جوانه‌زنی در تیمارهای آب شور طبیعی و تیمارهای آب شور طبیعی به همراه عنصر بُر مقایسه شده است. همان طور که مشاهده می‌شود، در شوری‌های کم، میزان اختلاف تأخیر در جوانه‌زنی بین تیمارهای آب شور طبیعی و تیمارهای آب شور طبیعی به همراه عنصر بُر کم می‌باشد، ولی با افزایش شوری، این

اختلاف تأخیر در جوانه‌زنی زیاد شد. به عبارت دیگر، برهمکنش مثبتی در جهت به تعویق انداختن جوانه‌زنی هنگام اضافه کردن عنصر بُر، بین عنصر بُر و شوری وجود دارد (شکل ۵). در تیمارهای دارای شوری ۲۴، ۲۷ و ۳۰ دسی زیمنس بر متر آب شور طبیعی، درصد نهایی جوانه‌زنی به ۲۵ درصد نیز نرسید و از این رو برای این سه تیمار در شکل داده‌ای مشاهده نمی‌شود (شکل ۵). مقدار جوانه‌زنی هنگامی که از آب شور طبیعی بدون عنصر بُر استفاده

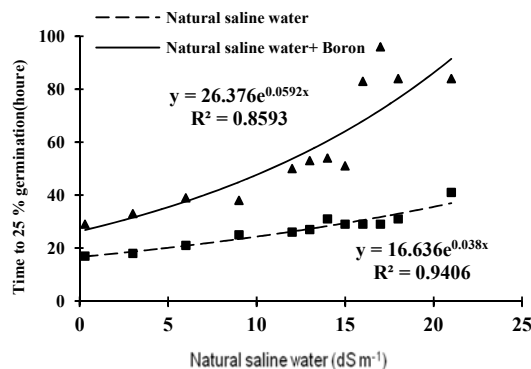
علاوه بر اثر اسمزی آب شور طبیعی، اشاره شده است (Jalali et al., 2007). همچنین نشان شده است که افزودن کلسیم و بُر به مقدار کم به محیط شور (۷۵ میلی-مول نمک) سبب کند شدن روند کاهشی جوانه‌زنی شد که با افزایش نمک ایجاد شده بود. اما افزودن کلسیم در سطوح بالاتر شوری (۱۵۰ میلی مول نمک) بر روی جوانه‌زنی مؤثر نبود، در حالی که کاربرد بور کاهش جوانه‌زنی را تشدید کرد (Bonilla et al., 2004).

شد، برای تیمارهای فوق به ترتیب ۶۵، ۴۵ و ۳۵ درصد بود. گرچه، تاثیر شوری بر کاهش درصد جوانه‌زنی و تأخیر در جوانه‌زنی بذرها اغلب به کاهش پتانسیل آب که پیامد آن کاهش توانایی بذر در جذب آب است، نسبت داده می‌شود، اما تاثیر بُر در کاهش درصد نهایی جوانه‌زنی و تأخیر در جوانه‌زنی بذرها، کلزا، نشان دهنده نقش ترکیب شوری و سمیت یونی در میزان جوانه‌زنی و تأخیر در جوانه‌زنی بذر می‌باشد. پیش از این به زیان‌بار بودن یون‌هایی همچون سولفات، بُر، کربنات و بی‌کربنات بر جوانه‌زنی بذر،



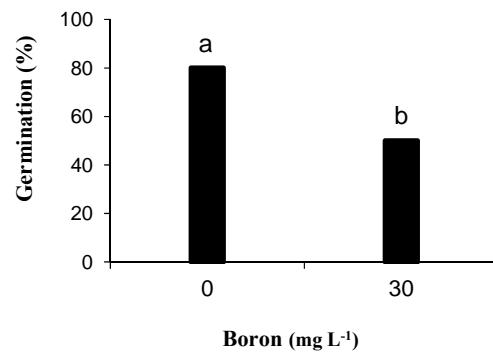
شکل ۳. تاثیر آب شور طبیعی به تنهایی یا همراه بور بر جوانه زنی بذر کلزا

Fig. 3. Effect of natural saline water and natural saline water + boron on canola seed germination.



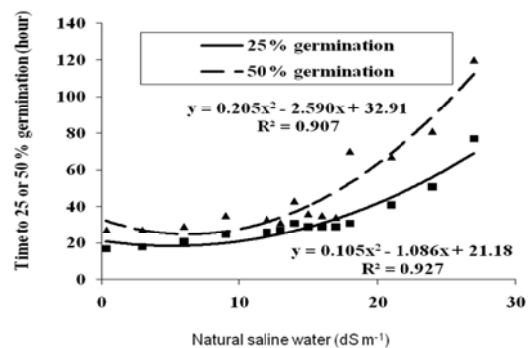
شکل ۵. تاثیر سطوح مختلف آب شور طبیعی به تنهایی یا همراه بور بر زمان رسیدن به ۲۵ درصد جوانه زنی بذر کلزا

Fig. 5. Effect of natural saline water and natural saline water + boron on time of 25 or 50% canola seed germination.



شکل ۲. تاثیر سطوح بور بر جوانه زنی بذر کلزا

Fig. 2. Effect of boron levels on canola seed germination



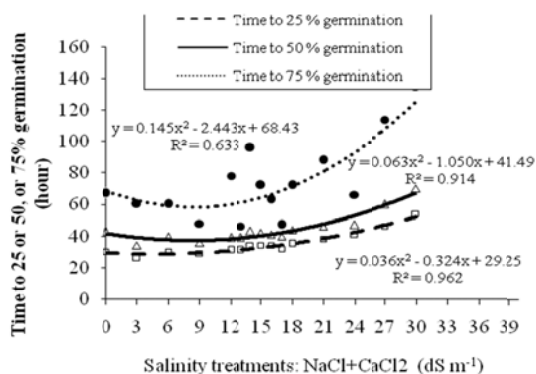
شکل ۴. تاثیر آب شور طبیعی بر زمان رسیدن به ۲۵ یا ۵۰ درصد جوانه‌زنی بذر کلزا

Fig. 4. Effect of natural saline water on time of 25 or 50% canola seed germination rate.

CaCl_2 ، سبب افزایش زمان لازم برای جوانه زنی نسبت به کاربرد محلول $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ بدون اضافه کردن بُر، بود (شکل ۸). گزارش شده است (Paliwar and Mehta, 1973) که به طور کلی تیمارهای شوری و نسبت های مختلف جذب سدیم (SAR) و همچنین بُر سبب کاهش جوانه زنی در برنج شدند؛ اگرچه غلظت بُر تا $4/5$ میلی گرم در لیتر تأثیر منفی بر جوانه زنی نداشت.

اختلاف تأخیر در جوانه زنی بین تیمارهای شوری ناشی از محلول $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ و محلول $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2 + \text{NaCl}$ عنصر بُر، با افزایش شوری افزایش یافت. این یافته نشان می دهد که با افزایش شوری، اثر عنصر بُر در به تعویق انداختن جوانه زنی تشدید می شود (شکل ۸).

مقایسه درصد جوانه زنی بذر کلزا در آزمایش اول (استفاده از آب شور طبیعی) با آزمایش دوم (استفاده از محلول $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$) نشان داد که استفاده از آب شور طبیعی نسبت به محلول $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ با توجه به سطوح شوری به کار رفته، به طور ی معنی دار نتایج متفاوت دارد (جدول ۴).



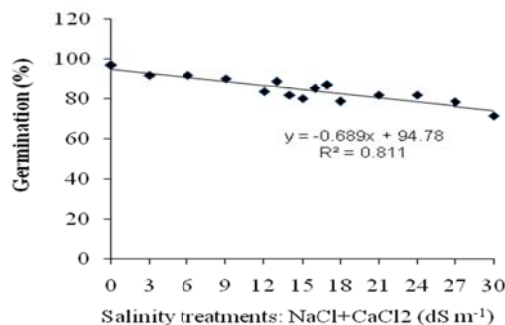
شکل ۷. تأثیر محلول $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ بر سرعت جوانه زنی بذر کلزا

Fig. 7. Effect of $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ solution on canola seed germination rate.

آزمایش دوم (جوانه‌زنی در تیمارهای محلول $\text{CaCl}_2 + \text{NaCl}$ و عنصر بُر در ژرمیناتور)

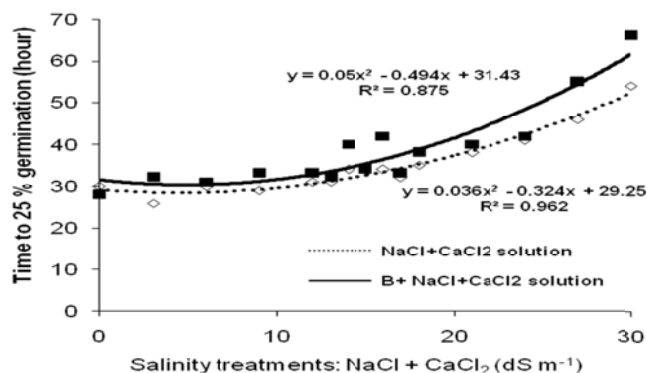
سطوح شوری ناشی از $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ و بُر تأثیری معنی دار بر میزان جوانه زنی بذر نداشت. به طور کلی با افزایش سطوح شوری ناشی از محلول $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ ، جوانه زنی روندی کاهشی را دنبال کرد (شکل ۶). تأخیر در جوانه زنی با افزایش سطوح شوری (محلول $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$) به صورت زمان لازم برای رسیدن به ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد جوانه زنی در شکل (۷) نشان داده شده است. اگرچه برای تیمارهای سطوح کم شوری تأخیر در جوانه زنی چندان قابل توجه نیست، لیکن با افزایش سطوح شوری این تأخیر افزایش یافت (شکل ۷). بطوری که تأخیر در جوانه زنی در شوری 30 dSm^{-1} ، نسبت به شرایط غیر شور نزدیک به دو برابر گردید. تأخیر زمانی، در یک شوری مشخص، برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه زنی نسبت به ۲۵ درصد جوانه زنی به مراتب کمتر از هنگامی است که ۷۵ درصد جوانه زنی مد نظر باشد.

به طور کلی، اضافه کردن عنصر بُر به محلول $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ با کاهش جوانه زنی بذرهای کلزا همراه بود. همچنین، کاربرد عنصر بُر به همراه محلول $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$



شکل ۶. اثر محلول $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ بر درصد جوانه‌زنی بذر کلزا.

Fig. 6. Effect of $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ solution on canola seed germination.



شکل ۸. تاثیر محلول NaCl+ CaCl₂ به تنهایی یا همراه با بور بر سرعت جوانه‌زنی بذر کلزا.
 Fig. 8. Effect of NaCl+ CaCl₂ solution and NaCl+ CaCl₂ solution + boron on canola seed germination rate

جدول ۴. تجزیه واریانس اثر منبع آب شور، سطوح شوری و بُر بر مقدار جوانه زنی بذر کلزا

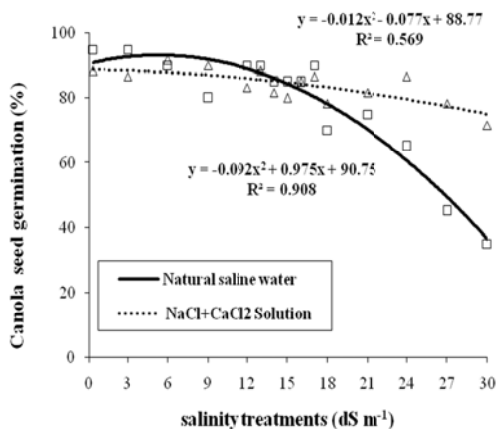
Table 4. Analysis of variance of the effect of water salinity source, levels and boron rate on canola seed germination

| Source of Variation | منابع تغییرات | درجه آزادی | مجموع مربعات | میانگین مربعات | مقدار F | سطح احتمال |
|------------------------------------|-----------------------|------------|---------------|----------------|----------|-------------|
| | | df | Sum of Square | Mean Square | F Value | Probability |
| Salinity source | منبع شوری | 1 | 473.689 | 473.689 | 342.2557 | 0.000 |
| Boron | بر | 1 | 460.800 | 460.800 | 333.1084 | 0.000 |
| Boron × Salinity source | منبع شوری × بر | 1 | 184.022 | 184.022 | 133.0281 | 0.000 |
| Salinity | شوری | 14 | 1244.467 | 88.890 | 64.2582 | 0.000 |
| Salinity source × salinity | منبع شوری × شوری | 14 | 733.644 | 52.403 | 37.8818 | 0.000 |
| Boron × Salinity | شوری × بر | 14 | 151.867 | 10.848 | 7.8417 | 0.000 |
| Salinity source × Boron × salinity | منبع شوری × بر × شوری | 14 | 199.311 | 14.237 | 10.2915 | 0.000 |
| Error | خطا | 120 | 166.000 | 1.383 | | |

همچنین تأخیر در جوانه‌زنی تا سطح ۱۵ dSm⁻¹ هنگام استفاده از آب شور طبیعی نسبت به محلول NaCl+CaCl₂ کمتر بود (شکل ۱۰)، ولی در سطوح بیشتر شوری، کاربرد آب شور طبیعی نسبت به کاربرد محلول NaCl + CaCl₂ سبب تأخیر بیشتری در جوانه‌زنی گردید (شکل ۱۰). احتمالاً در سطوح بالای شوری (بیشتر از ۱۵ dSm⁻¹) به هنگام استفاده از آب شور طبیعی، فعالیت یون کلسیم (غلظت مؤثر) به واسطه افزایش قدرت

در شکل‌های ۹ و ۱۰، اثر آب شور طبیعی و محلول NaCl + CaCl₂ به ترتیب بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر کلزا مقایسه شده است. با توجه به شکل ۹، در سطوح کمتر شوری (تا سطح ۱۵ dSm⁻¹)، کاربرد آب شور طبیعی نسبت به محلول NaCl + CaCl₂ درصد جوانه‌زنی را افزایش داد، در حالی که استفاده از آن در سطوح بالاتر از ۱۵ dSm⁻¹ نسبت به محلول NaCl + CaCl₂ شدیداً جوانه‌زنی را کاهش داد.

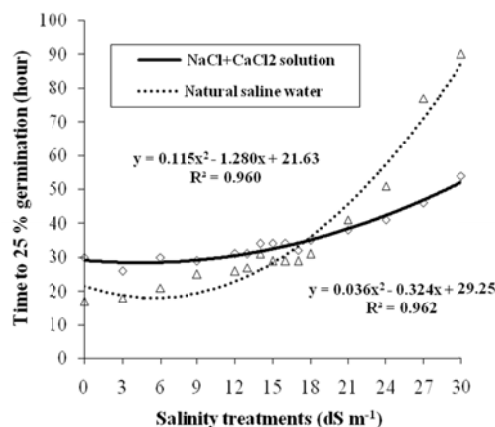
کاهش دهد (Nable et al., 1997). شکل ۱۱ تأخیر در جوانه‌زنی بذرهای کلزا، هنگام استفاده از آب شور طبیعی و محلول $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ به همراه عنصر بُر را نشان می‌دهد. همان گونه که در این شکل مشاهده می‌شود، در همه سطوح شوری، کاربرد آب شور طبیعی نسبت به محلول $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ تأخیر زمانی بیشتری را سبب شد که میزان این اختلاف تأخیر با افزایش شوری، افزایش یافت. این امر نشان دهنده تأثیر نوع و ترکیب نمک موجود در آب‌های شور بر جوانه‌زنی بذر است که جدا از تأثیری است که از راه کاهش پتانسیل آب به جا می‌گذارد (Nabi Zadeh, 2002). در آزمایشی (Saadat et al., 2005) میزان جوانه‌زنی بالاتر و کاهش تأخیر در جوانه‌زنی هنگام استفاده از محلول $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ در مقایسه با آب شور طبیعی، به نسبت بالاتر کلسیم به سدیم در این محلول نسبت داده شد؛ به طوری که افزایش میزان کلسیم نسبت به سدیم سبب کاهش اثرات نامطلوب سدیم و جذب کمتر آن گردید و این امر سبب جوانه زنی بهتر بذور شد.



شکل ۱۰. مقایسه تاثیر تیمارهای آب شور طبیعی و محلول $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ بر سرعت جوانه‌زنی بذر کلزا

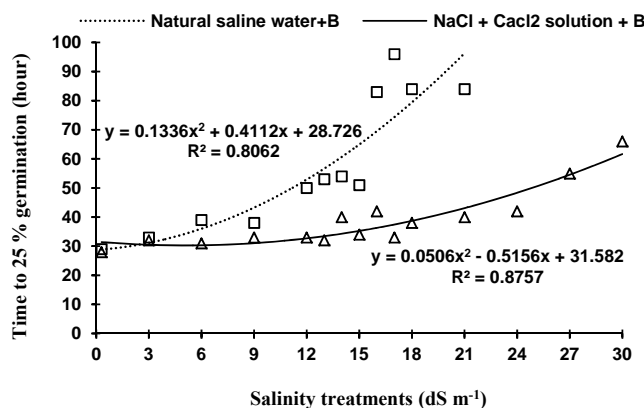
Fig. 10. Comparison among effects of natural saline water and $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ solution on canola seed germination rate

یونی محلول کم شده و تأثیرگذاری آن بر یون‌های سمی همچون بُر کاهش می‌یابد و در نتیجه صدمه این عناصر سمی افزایش پیدا می‌کند (Mehmood et al., 2009). همچنین گزارش شده است که در شرایط شور علاوه بر کاهش جذب آب بوسیله بذر (Almansouri et al., 2008; Munns and Tester, 2001)، عدم تعادل در غلظت عناصر و سمیت یونی اتفاق می‌افتد (Rajendran et al., 2009). همچنین در شوری‌های بالاتر، جذب زیاد یون‌های موجود در آب شور طبیعی به ویژه یون‌های مضر همچون سولفات، عنصر بُر و بی‌کربنات موجب سمیت یونی گردیده و کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر کلزا نسبت به محلول $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ را موجب می‌شود (Jalali et al., 2007). از طرف دیگر، با افزایش شوری، نسبت کلسیم به سدیم در آب شور طبیعی نسبت به محلول $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ کاهش می‌یابد. در شوری‌های بالاتر، مقدار این کاهش بیشتر است. حضور کلسیم در محلول‌های شور می‌تواند اثرات سمی یون‌هایی مانند سولفات و عنصر بُر را



شکل ۹. مقایسه تاثیر آب شور طبیعی و محلول $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ بر جوانه‌زنی بذر کلزا.

Fig. 9. Comparison among effects of natural saline water and $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ solution on canola seed germination.



شکل ۱۱. مقایسه تاثیر تیمارهای آب شور طبیعی + بور و محلول NaCl+CaCl₂ به همراه عنصر بُر بر سرعت جوانه‌زنی بذر کلزا.

Fig. 11. Comparison among effects of natural saline water + boron and NaCl+ CaCl₂ solution + boron on canola seed germination rate.

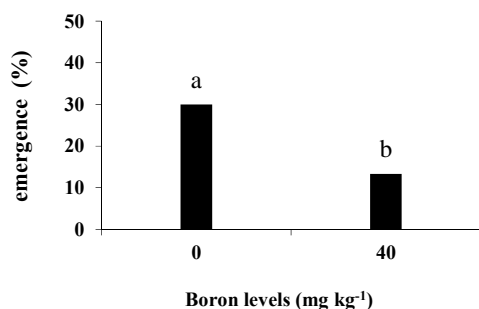
می‌شود. و این امر می‌تواند سبب کاهش مقدار سبز شدن بذر و همچنین تأخیر بیشتر در سبز شدن بذر در مقایسه با آزمایش‌های اول و دوم شود. بنابراین، امکان نشان دادن تأخیر در سبز شدن مانند آزمایش اول و دوم برای همه تیمارها فراهم نشد. با توجه به مطلب بالا، در شکل (۱۵) فقط برای شوری‌های ۰/۳، یک، دو و سه دسی‌زیمنس بر متر تأخیر در سبز شدن بذر نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، سطوح آب شور، سبب کاهش سرعت سبز شدن بذرهای کلزا گردید. افزودن عنصر بُر به خاک توام با شوری، تأخیر در سبز شدن گیاهچه‌های کلزا را افزایش داد. با نگاه دقیق‌تر به این شکل، به نظر می‌رسد که در شوری‌های کم، عنصر بُر عامل غالب در به تأخیر انداختن سبز شدن بذرهای کلزا بوده است و افزایش شوری، تاثیری در کاهش سرعت سبز شدن بذرها در تیمارهایی که سطوح شوری و عنصر بُر توامان اعمال شده اند، نداشته است. گزارش شده است که تنش‌های محیطی کارایی جذب انتخابی غشا را تحت تأثیر قرار داده (Kawano et al., 2009; Lodhi et al., 2009) که این امر سبب جذب بیش از حد عناصر سمی می‌شود (Shereen et al., 2011) و نتیجه آن بر هم خوردن تعادل عناصر و اختلال در فعالیت‌های آنزیمی در بذر می‌شود (Ashraf et al., 2002; Ahmad et al., 2006; Acharya et al., 2008). در آزمایش سوم، افزون بر جوانه زدن بذر، سر برآوردن این جوانه‌ها از خاک (مرحله سبز شدن بذر) و همچنین پایدار

آزمایش سوم (سبز شدن در خاک)

سطوح مختلف شوری و عنصر بُر بر مقدار سبز شدن گیاهچه‌های کلزا در سطح یک در صد معنی دار بود. شکل (۱۲) نشان می‌دهد که درصد سبز شدن بذرهای کلزا در شوری بیش از ۱ dSm⁻¹ تحت تاثیر شوری قرار گرفته و به طوری معنی دار کاهش یافت. درصد تولید گیاهچه از ۵۷ درصد در تیمار شاهد به حدود دو درصد در شوری ۱ dSm⁻¹ کاهش یافت. در سطوح شوری بالاتر از ۹ dSm⁻¹ هیچ گیاهچه‌ای مشاهده نشد (شکل ۱۲). (شکل ۱۳) اثر عنصر بُر بر درصد گیاهچه کلزا در خاک را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود عنصر بُر درصد سبز شدن بذرهای کلزا در خاک را تحت تاثیر قرار داده و موجب کاهش معنی دار آن گردید.

در شکل (۱۴) اثر آب شور طبیعی به تنهایی و یا همراه با عنصر بُر بر درصد تولید گیاهچه کلزا در خاک مقایسه گردیده است. با توجه به این شکل، افزودن عنصر بُر به خاک، روند کاهشی درصد سبز شدن گیاهچه با افزایش شوری را تشدید کرد. کاهش سرعت سبز شدن بذرهای کلزا همگام با افزایش سطوح شوری و عنصر بُر، قابل مشاهده بود. لیکن در بیشتر تیمارها، درصد سبز شدن گیاهچه (حتی تا آخرین روز آزمایش) به مرز ۲۵ درصد گیاهچه نرسید. گزارش شده است (Jalali et al., 2007) که در خاک علاوه بر اثر اسمزی، پتانسیل ماتریک خاک هم سبب کاهش پتانسیل آب و در نتیجه کاهش بیشتر جذب آب بوسیله بذر

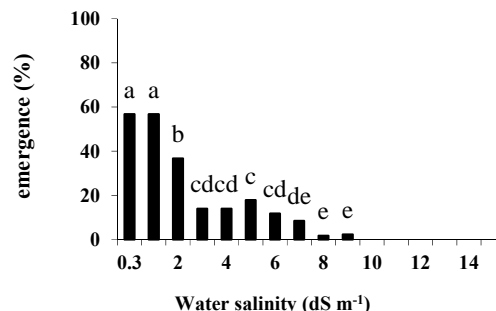
در نتیجه کاهش درصد گیاهچه در خاک، می‌تواند به کاهش میزان جذب آب توسط بذر و گیاهچه که از افزایش فشار اسمزی با کاربرد آب شور حاصل می‌شود، نسبت داده شود.



شکل ۱۳. تاثیر بُر روی درصد سبز شدن گیاهچه کلزا در خاک. ستون‌های دارای حروف مشابه در سطح یک دهم دارای اختلاف معنی‌ار نیستند.

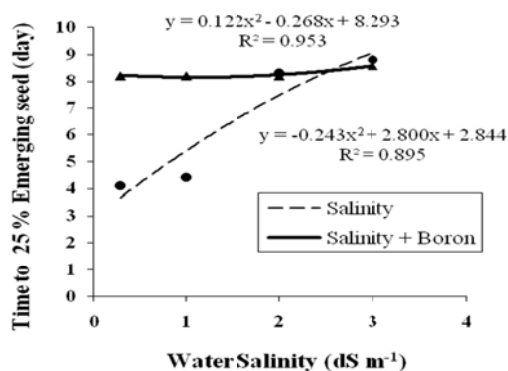
Fig. 13. Effect of boron levels on canola seedling emergence percent in soil. Means followed by the same letters in each column are not significantly different ($P \leq 0.001$).

ماندن گیاهچه‌های سبز شده در مدت اعمال تیمارهای شوری نیز مهم بود. به طوری که در برخی از تیمارها گرچه بذرها جوانه زده بودند، لیکن نتوانستند سر از خاک برآورند و یا در برخی سطوح شوری (به ویژه سطوح بالاتر شوری) مدتی کوتاه پس از سبز شدن، قدرت تحمل شوری و یا عنصر بُر را نداشته و از بین رفتند. کاهش سبز شدن بذر و



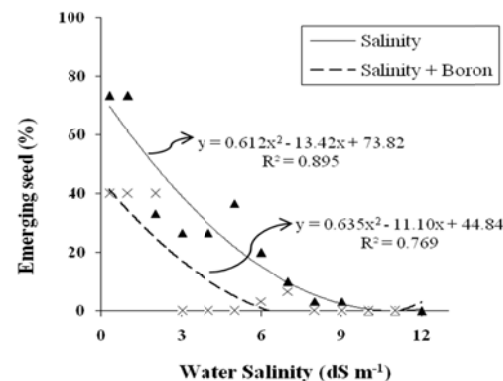
شکل ۱۴. تاثیر آب شور طبیعی بر درصد سبز شدن گیاهچه کلزا در خاک. ستون‌های دارای حروف مشابه در سطح یک دهم درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

Fig. 12. Effect of natural saline water on canola seedling emergence percent in soil. Means followed by the same letters in each column are not significantly different ($P \leq 0.001$).



شکل ۱۵. تاثیر آب شور طبیعی به تنهایی یا همراه بُر بر سرعت سبز شدن بذر کلزا در خاک.

Fig. 15. Effect of natural saline water and natural saline water + boron on canola emergence rate in soil.



شکل ۱۴. آب شور طبیعی به تنهایی یا همراه بُر بر درصد سبز شدن بذر کلزا در خاک

Fig. 14. Effect of natural saline water and natural saline water + boron on canola emergence percent in soil.

نتیجه‌گیری

به طور کلی با افزایش شوری، «درصد جوانه‌زنی» و «سرعت جوانه‌زنی» روندی کاهشی داشتند. هرچند این کاهش، در سطوح پایین‌تر شوری برای آب شور طبیعی نسبت به محلول $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ کمتر و در سطوح بالای شوری، بیشتر بود. همچنین، در آزمایش سبز شدن در خاک نیز مقدار و سرعت سبز شدن در پاسخ به افزایش شوری کاهش پیدا کردند. در خاک، در شوری بیش از 1 dS m^{-1} ، سبز شدن گیاهچه کاهش و سرعت جوانه زنی نیز با افزایش شوری کاهش پیدا کرد. افزودن عنصر بُر به تیمارهای

شوری در هر سه آزمایش سبب کاهش در مقدار جوانه‌زنی و یا سبز شدن و افزایش تأخیر زمانی در جوانه‌زنی و یا سبز شدن گردید. همچنین، همراه با افزایش شوری، اثر منفی عنصر بُر تشدید شد. نتایج این پژوهش نشان داد که هنگام استفاده از آب‌های شور، افزون بر اثر اسمزی باید غلظت عنصر بُر نیز مورد توجه قرارگیرد. همچنین، به هنگام استفاده عملی از نتایج پژوهش‌هایی که در آنها به جای آب شور طبیعی از محلول‌های آب شور مصنوعی نظیر NaCl و یا مخلوط $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ استفاده شده است، بایستی با احتیاط عمل کرد.

منابع

- Acharya, U.T., Prakash, L., and Prathapasenan, G., 2008. Effect of gibberellic acid on seedling growth and carbohydrate metabolism during germination of rice (*Oryza sativa* L. var. GR- 3) under saline condition. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 165, 6-13.
- Ahmad, M.S.A., Ali, Q., Bashir, R., Javed, F., Alvi, A.K., 2006. Time course changes in ionic composition and total soluble carbohydrates in two barley cultivars at seedling stage under salt stress. *Pakistan Journal of Botany*. 38, 1457-1466.
- Almansouri, M., Kinet, J. M., Lutts, S., 2001. Effect of salt osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and Soil*. 231, 243-254.
- Ashraf, M., Athar, H. R., Harris, P. J. C., Kwon, T. R., 2008. Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. *Advances in Agronomy*. 97, 45-110.
- Ashraf, M., Mc-Neilly, T., 2004. Salinity tolerance in brassica oilseeds. *Critical Reviews in Plant Science*. 23, 157-174.
- Behboodian, B., Lahooti, M., Nezami, A., 2005. The effect of salinity on pea varieties. *Agricultural Science Journal*. 28, 127-137. [In Persian with English Summary].
- Bingham, F. T., Strong, J. E., Rhoads, J. D., Keren, R., 1987. Effects of salinity and varying boron concentrations on boron uptake and growth of wheat. *Plant and Soil*. 97, 345-351.
- Bonilla, I., El-Hamdaoui, A., Bolaños, L., 2004. Boron and calcium increase *Pisum sativum* seed germination and seedling development under salt stress. *Plant and Soil*. 267, 97-107.
- El-Motaium, R., Hu, H., Brown, P.H., 1994. The relative tolerance of six *Prunus* rootstocks to boron and salinity. *Journal of American Society of Horticultural Science*. 119, 1169-1178.
- Ferguson, L., Pass, J. A., Gratten, S. R., Grieve, C. M., Wang, D., Wilson, C., Donouan, T. J., Chao, C. T., 2002. Pistachio rootstocks influenced scion growth and ion relations under salinity and boron stress. *Journal of American Society of Horticultural Science*. 127, 194-199.
- Ghavami, F., Malboobi, M. R., Ghannadiha, M. R., Yazdi Samadi, B., Mozafari, J. Gafar Aghaei, m., 2004. An evaluation of salt tolerance in Iranian wheat cultivars at germination and seed stages. *Iranian Journal of Agricultural Science*. 35, 453-464. [In Persian with English Summary].
- Holloway, R. E., Alston, M., 1992. The effects of salt and boron on growth of wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*. 43, 987-1001.
- Homaei, M., 2002. *Plant Response to Salinity*. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRCID). No. 58. Tehran, Iran. [In Persian].
- Hosseini, Y., 2008. Modeling interactive effect of salinity and soil nutrients on plant growth.

- PhD dissertation, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University, Iran. [In Persian with English summary].
- Ismail, A. M., 2003. Response of maize and sorghum to excess boron and salinity. *Biologia Plantarum* 47, 313-316.
- Jalali, V. R., Homaei, M., Mirnia, S. K., 2007. Effect of salinity levels on the germination and seedling growth of canola (*Brassica napus* L.). *Journal of Soil and Water Science*. 21, 209-218. [In Persian with English summary].
- Kawano, N., Ito, O., Sakagami, J., 2009. Morphological and physiological responses of rice seedlings to complete submergence (Flash flooding). *Annual Botany*. 103, 161-169.
- Lodhi, A., Sajjad, M. H., Mahmood, A., Tahir, S., Azam, F., 2009. Photosynthate partitioning in wheat (*Triticum aestivum* L.) as affected by root zone salinity and form of N. *Pakistan Journal of Botany*. 41, 1363-1372.
- Mahmood, E. U. H., Kausar, R., Akrami, M., Shahzad, S. M., 2009. Is boron required to improve rice growth and yield in saline environment? *Pakistan Journal of Botany*. 41, 1339-1350.
- Malakouti, M. J., Keshavarz, P., Saadat, S., Kholdebarine, B., 2003. *Plant Nutrition under Saline Conditions*. Sana Publication. 233p. [In Persian with English Summary].
- Manchanda, H. R., Shamra, S.K., 1991. Boron tolerance in wheat in relation to soil salinity. *Journal of Agricaltral Science (Cambridge)*. 116, 17-21.
- Massai, R., Remorin, D., Tattini, M., 2004. Gas exchange, water relation and osmotic adjustment in two scion/ rootstock combinations of prunus under various salinity concentrations. *Plant and Soil*. 259, 153-162.
- Munns, R., Tester, M., 2008. Mechanism of salinity tolerance. *Annual Review Plant Biology*. 59, 651-681.
- Nabi Zadeh, M. R., 2002. Effect of Salinity on Growth and Yield Cumin. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdosi University, Iran. [In Persian with English Summary].
- Nable, R.O., Banuelos, G. S., paull, J.G., 1997. Boron toxicity. *Plant and Soil*. 193, 181-198.
- Paliwar, K. V., Mehta, K. K., 1973. Intractive effect of salinity, SAR and boron on the germination and growth of seedling of some paddy (*Oryza sativa* L.) varieties. *Plant and Soil*. 39, 603- 609.
- Puppala, N., Flower, J. L., Poindexter, L., Bhardwaj, H. L., 1999. Evaluation of salinity tolerance of canola germination. In: J. Janick (Ed.), *Perspectives on New Crops and Uses*. ASHS Press, Alexandria, VA.
- Redman, R. E., Qi, M.Q., Belyk, M., 1994. Growth of transgenic and standard canola (*Brassica napus* L.) varieties in response to soil salinity. *Canadian Journal of Plant Science*. 74,111-118.
- Rajendran, K., Tester, M., Roy, S. J., 2009. Quantifying the three main components of salinity tolerance in cereals. *Plant Cell Environment*. 32, 237-247.
- Rerkasem, B., Bell, R. W., Lodkaew, S., Loneragan, J. F., 1997. Relationship of seed boron concentration to germination and growth of soybean (*Glycine max*). *Nutr. Cycling Agroecosystems*. 48, 217-223.
- Saadat, S., Homaei, M., Liaghat, A.M., 2005. Effect of soil solution salinity on the germination and seedling growth of sorghum plant. *Journal of Soil and Water Science*. 19, 243-254. [In Persian with English Summary].
- Sheikh, K. H., Khanum, S., 1976. Some studies of the quality of irrigation water and the germination and growth of wheat at different concentrations of boron. *Plant and Soil*. 45, 565-576.
- Shereen, A., Ansari, R., Raza, S., Mumtaz, S., Khan, M.A., Ali Khan, M., 2011. Salinity induced metabolic changes in rice (*Oryza sativa* L.) seeds during germination. *Pakistan Journal Botany*. 43, 1659-1661.
- Yada, H. D., Yada, O. P., Dhankar, O. P., Oswal, M. C., 1989. Effect of chloride salinity and boron on germination, growth, and mineral composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Annual Arid Zone*. 28, 63-67.
- 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, 2156-2162.