

دانشگاه گیلان

دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات

سال سوم / شماره چهارم / ۱۳۹۲ (۳۳۵-۳۴۷)

بررسی جوانه‌زنی گیاه جو در محلول $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ ، آب شور طبیعی و خاک شور

مختار اسکندری^۱، مهدی همایی^{۲*}، صفورا اسدی کپورچال^۳ و سید خلاق میرنیا^۴

۱، ۲ و ۴- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، استاد و دانشیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
تهران، ۳- استادیار گروه علوم خاک دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۶/۱۹ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۰/۳۰)

چکیده

جو گیاهی مقاوم به شوری است که می‌تواند در شرایط شور محصول نسبتاً زیادی تولید کند. شوری خاک معمولاً مانع جذب آب توسط بذرهای جو می‌شود و جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه را به تأخیر می‌اندازد. اغلب پژوهش‌های مرتبط با جوانه‌زنی، در محلول‌های شور و نه در خاک‌های شور انجام شده است. حال آنکه در شرایط واقعی مزرعه، شوری خاک جوانه‌زنی بذر را کنترل می‌کند. به منظور بررسی اثر شوری بر روند جوانه‌زنی بذرهای گیاه جو، سه آزمایش جداگانه طراحی و اجرا شد. در این آزمایش‌ها، جوانه‌زنی در محلول‌های $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ ، آب شور طبیعی و خاک شور بررسی شد. رقم انتخاب شده برای این آزمایش جو تروپی بود که یک رقم بهاره می‌باشد. آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۳ تیمار شوری و ۳ تکرار انجام شدند. تیمارهای شوری در هر سه آزمایش شامل EC صفر (شاهد)، ۵، ۷، ۹، ۱۱، ۱۳، ۱۵، ۱۷، ۱۹، ۲۱، ۲۳، ۲۵ و ۲۷ دسی‌زیمنس بر متر بودند. شمارش بذرهای جوانه زده با فواصل زمانی مشخص انجام و تا هنگامی ادامه یافت که یا همه بذرهای جوانه بزنند و یا تعداد بذرهای جوانه زده در دو شمارش متوالی ثابت بماند. سپس، سرعت جوانه‌زنی بذرهای محاسبه شد. نتایج نشان داد که با افزایش شوری، درصد جوانه‌زنی بذرهای جوانه زده در دو شمارش متوالی ثابت بماند. سپس، سرعت جوانه‌زنی بذرهای محاسبه شد. نتایج بیشتر از محلول $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ است. در شوری‌های بیشتر، سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت و این امر زمان لازم برای جوانه‌زنی را افزایش داد. نتایج آزمایش جوانه‌زنی در خاک نیز نشان داد که بذرهای فقط تا تیمار ۱۳ دسی‌زیمنس بر متر، جوانه‌زنی قابل قبولی دارند و از آن به بعد درصد جوانه‌زنی به شدت کاهش می‌یابد به گونه‌ای که در تیمار ۲۳ دسی‌زیمنس بر متر بذرهای جو جوانه نزنند. این پدیده به دلیل اثر پتانسیل ماتریک خاک بر جذب آب توسط بذرهای افزون بر اثر اسمتیک محیط شور ریشه است.

واژه‌های کلیدی: جو، جوانه زنی، شوری، مقاومت به شوری

مقدمه

در مناطق خشک و نیمه خشک برای دستیابی به تولید اقتصادی، آبیاری نقشی بنیادین دارد. عامل مهم در ارزیابی عملیات آبیاری، شناسایی واکنش گیاه نسبت به آب است، لیکن چون آب‌های آبیاری دارای نمک‌های محلول هستند، همزمان شوری نیز باید مورد بررسی قرار گیرد. چنانچه در دراز مدت عملیات اصلاحی انجام نگیرد، املاح موجود در آب آبیاری در خاک انباشته شده و در نهایت ضمن کاهش عملکرد، ممکن است باعث تخریب خاک شوند. لذا شناسایی واکنش گیاه نسبت به شوری عامل مهمی در ارزیابی عملیات مدیریتی آب است. شوری خاک از دیدگاه‌های مختلفی توسط پژوهشگران مورد بررسی قرار گرفته است. برخی پژوهشگران (Asadi Kapourchal *et al.*, 2011; Asadi Kapourchal *et al.*, 2012) به موضوع شوری‌زدایی و به‌سازی این خاک‌ها به منظور دستیابی به محیطی مناسب برای رشد گیاهان پرداخته‌اند. برخی از پژوهشگران (Esmaili *et al.*, 2005; Esmaili *et al.*, 2008; Hosseini *et al.*, 2009a,b,c) حاصلخیزی این خاک‌ها و برهمکنش عناصر غذایی با شوری را مورد بررسی قرار داده‌اند. گروهی از پژوهشگران (Homae *et al.*, 2002 a,b,c,d; Homae and Schmidhalter 2008; Kiani *et al.*, 2004; Kiani *et al.*, 2005a,b; Kiani *et al.*, 2006; Noroozi *et al.*, 2012) نیز مدل‌سازی پاسخ گیاه به شوری را مورد توجه قرار داده و مدل‌هایی برای گیاهان پیشنهاد کرده‌اند. به‌رغم گستردگی این پژوهش‌ها، پاسخ گیاهان در مراحل مختلف رشد کمتر مورد توجه قرار گرفته است. پژوهش‌های انجام شده در این خصوص بر روی غلات منحصراً به پژوهش‌هایی است که توسط جلالی و همکاران (Jalali *et al.*, 2008a,b; Jalali *et al.*, 2010) و سعادت و همکاران (Saadat *et al.*, 2005) بر روی سورگوم علوفه‌ای و کلزا انجام شده است. با توجه به اینکه غلات غذای اصلی بخش زیادی از مردم کشور ما را تأمین می‌کنند و از آنجا که پاسخ آن‌ها به شوری خاک و آب آبیاری در مراحل مختلف رشد متفاوت است، انجام پژوهش‌هایی در این زمینه بسیار ضروری است.

جوانه‌زنی پدیده‌ای پیچیده مشتمل بر تغییرات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بوده که حاصل فعال شدن

جنین است. شوری به عنوان یک تنش غیر زنده، ناملايمات بسیاری را برای بذرها در دوره جوانه‌زنی ایجاد می‌کند. در ابتدا باعث کاهش جذب آب توسط بذرها به دلیل پتانسیل اسمزی پایین در محیط شده و در مرحله دوم باعث سمیت و ایجاد تغییر در فعالیت‌های آنزیمی می‌شود (Massai *et al.*, 2004).

خاک‌های شور مقادیر زیادی املاح محلول دارند که کاتیون‌ها و آنیون‌های غالب آن‌ها را Na^+ ، Ca^{2+} ، Mg^{2+} ، K^+ ، Cl^- و SO_4^{2-} تشکیل می‌دهند. رشد و نمو اندک گیاهان در خاک‌های شور مربوط به بالا بودن فشار اسمزی ناشی از حضور یون‌های یاد شده است که نهایتاً منجر به کاهش قابلیت استفاده آب موجود برای گیاه می‌شود (Homae *et al.*, 2002). همچنین سمیت مستقیم ناشی از حضور فراوان برخی از این یون‌ها بر گیاه اثر منفی می‌گذارد. همچنین، فراوانی نسبی هر یک از آن‌ها منجر به برهم خوردن تعادل موجود میان این عناصر در داخل گیاه می‌شود، کنش و واکنش‌های حاصله به گونه‌ای صورت می‌پذیرد که سرانجامی جز ایجاد محدودیت برای رشد گیاه نخواهند داشت (Homae *et al.*, 2002).

به طور کلی گیاهان در طول دوران زندگی خود دارای سه مرحله رشد جوانه زدن، رشد رویشی و رشد زایشی می‌باشند. حساسیت گیاه به شوری، طی فصل رشد دائماً تغییر می‌کند. بیشتر گیاهان در مرحله جوانه زدن مقاوم هستند لیکن در دوره ظهور گیاهچه و مراحل اولیه رشد گیاهچه حساس بوده و در معرض آسیب می‌باشند (Rhoades, 1999). از آثار اولیه شوری، تأخیر در جوانه زدن و ظهور گیاهچه و ضعیف شدن جوانه است. زیان وارد شده در این مرحله حساس ممکن است تراکم گیاه را در واحد سطح کاهش داده و نهایتاً مقدار عملکرد را به گونه‌ای معنی‌دار کاهش دهد. معمولاً با افزایش سن گیاه، مقاومت آن به شوری افزایش می‌یابد (Homae *et al.*, 2002).

یکی از مؤثرترین راه‌های مقابله با مسئله شوری، شناسایی گیاهان مقاوم به شوری است. همچنین گزارش شده که مقاومت به شوری نه تنها در بین گونه‌های مختلف محصولات متفاوت است، بلکه در بین ارقام مختلف یک گونه تفاوت دارد (Yeo and Flowers, 1982; Heuer and Plaut, 1989; Botia *et al.*, 1998). افزون بر این، هم حساسیت و هم تحمل گیاهان به شوری

پارامترهای جوانه‌زنی شوری ناشی از کلر بسیار مخرب‌تر از شوری ناشی از سولفات است.

نتایج یک مطالعه روی تعدادی از علوفه‌های مرتعی ایران نشان داد که طول ساقه‌چه نسبت به طول ریشه‌چه کمتر به شوری حساس است و اثر سمیت نمک‌های حاوی کربنات و بی‌کربنات بر علوفه‌های مرتعی نسبت به نمک‌های حاوی کلرید بسیار معنی‌دارتر است (Jafari, 1995).

عبدی (Abdi, 2000) مقاومت به شوری سه گونه شبدر را مطالعه کرد. وی کاهش معنی‌داری را در جوانه‌زنی بذرهاى شبدر در غلظت‌های بالای نمک گزارش کرد. در این تحقیق همچنین تفاوت قابل ملاحظه‌ای در جوانه‌زنی هر کدام از گونه‌ها به دست آمد.

میلر و همکاران (Miller *et al.*, 1978) اثرات شوری شش نوع نمک (NaCl, Mg₂SO₄, Mg₂Cl₂, Na₂SO₄, K₂SO₄ و KCl) را بر جوانه‌زنی سه نوع علوفه چند ساله (Tall Wheatgrass, Tall Festuca and Reed Canary Grass) آزمایش کرده و نشان دادند که اثر متقابل بین گونه‌ها و نمک معنی‌دار است. همچنین پاسخ گونه‌ها به سطوح مختلف نمک متفاوت بود، لیکن نمک‌های مختلف دارای اثر مشابه روی جوانه‌زنی بودند.

جو نیز مانند گندم از گیاهان مهم تیره غلات Gramineae، طایفه هوردیه Hordeae و جنس Hordeum با نام علمی *Hordeum Vulgar* است. جو جز گیاهان مقاوم به شوری به شمار می‌آید. مقاومت جو در مقابل تنش شوری، خشکی و گرما بیشتر از گندم است و شرایط نامساعد جوی محیطی را بهتر تحمل می‌کند. قدرت و سرعت تولید جوانه در جو به مراتب بیش از گندم است، لیکن جو در مرحله تولید جوانه نسبت به گندم به سرما حساس‌تر است.

مطالعات پیشین انجام شده برای بررسی جوانه‌زنی بذر گیاهان مختلف به شوری، عمدتاً با آب‌های شور مصنوعی انجام گرفته‌اند که معمولاً دارای ترکیب نمک‌های NaCl و CaCl₂ می‌باشند؛ لذا با توجه به ترکیب متفاوت یونی آب شور مصنوعی و آب شور طبیعی انتظار می‌رود که واکنش گیاه در مرحله جوانه‌زنی به این دو نوع ترکیب آب متفاوت باشد. بدین منظور در این پژوهش، آزمایش‌های مرحله جوانه‌زنی در پتری دیش با

ممکن است بر اساس نوع محیط کشت، نوع شوری و مرحله رشد گیاه متفاوت باشد. هنگامی که گیاه در معرض شوری ایجاد شده توسط NaCl است، فرآیندهای انتقال آب و یون‌ها در گیاه تحت تأثیر آن قرار می‌گیرند که ممکن است وضعیت تغذیه‌ای و تعادل یونی گیاه را بهم زند (Lauchli and Epstein, 1990) یا اینکه فرایندهای فیزیولوژی گیاه مختل شوند (Seeman and Critchely, 1985; Munns and Termaat, 1986).

کارتزولاسکی و کلاپاکی (Chartzoulakis and Klapaki, 2000) تحمل به شوری در هیبرید فلفل طی دوره جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و رشد رویشی را در کشت هیدروپونیک مطالعه کردند. تیمارهای شوری توسط آبیاری با محلول هوگلند که حاوی صفر، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار نمک NaCl بودند، اعمال شدند. تیمارهای شوری تا سطح ۵۰ mM جوانه‌زنی را به تأخیر انداختند، لیکن درصد نهایی جوانه‌زنی را کاهش ندادند. در هر دو رقم، درصد جوانه‌زنی در تیمارهای حاوی ۱۰۰ و ۱۵۰ mM کاهش یافت. رشد گیاهچه با شوری‌های بالاتر از ۱۰ mM NaCl به صورتی معنی‌دار کاهش یافت.

جمیل و همکاران (Jamil *et al.*, 2005) مقاومت به شوری طی جوانه‌زنی و مرحله رشد گیاهچه را برای گونه‌های براسیکا شامل کلم، گل کلم و کلزا ارزیابی و گزارش کردند که تیمارهای مختلف شوری دارای اثر قابل‌توجهی روی جوانه‌زنی، طول ساقه و ریشه، وزن تر ساقه و ریشه، سطح برگ و تعداد برگ‌های کلم، گل کلم و کلزا می‌باشند. درصد جوانه‌زنی در هر سه گونه کاهش قابل توجهی را با افزایش شوری تا سطح ۱۴/۱ دسی‌زیمنس بر متر نمک NaCl نشان داد. با افزایش شوری زمان لازم برای جوانه‌زنی افزایش یافت. مرحله رشد گیاهچه در هر سه رقم به صورتی معنی‌دار تحت تأثیر سطوح شوری بود. احمد و همکاران (Ahmad *et al.*, 2003) پاسخ جوانه‌زنی برای ۱۵ ژنوتیپ جو را مورد مطالعه قرار دادند. در این آزمایش سه تیمار شوری شاهد، ۰/۶۰ MPa- و ۰/۷۵ MPa- هر کدام برای نمک‌های NaCl و Na₂SO₄ استفاده شدند. آن‌ها دامنه وسیعی از پاسخ‌ها در میان ۱۵ ژنوتیپ جو به ویژه برای درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک را گزارش کرده و نشان دادند که تقریباً در مورد همه

جدول ۱- برخی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک مورد آزمایش

Table 2. Some chemical and physical characteristics of experimental soil

Mg	Ca	Zn	Fe	Mn	Cu	P	K	T.N.V (%)	OC (%)	EC soil (dS.m ⁻¹)	pH	SP (%)	
meq.lit ⁻¹		mg.kg ⁻¹											
4	34	0.1	0.9	1.42	0.26	1.02	77.6	9.25	0.039	3.85	7.8	21.36	

توسط قارچ‌کش کار بندازیم ضد عفونی شدند. سپس یک لایه کاغذ صافی روی بذرها قرار داده و در پتری دیش روی آن قرار داده شد. پتری دیش‌ها به اتاقک رشد منتقل شده و دمای اتاقک رشد روی ۲۴ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد.

شمارش بذره‌های جوانه زده، روزانه و هر ۲۴ ساعت یکبار انجام شد. بذر جوانه زده به بذری اطلاق شد که ریشه‌چه کاملاً مشخص و از بذر بیرون آمده بود. چون میزان نمک در هر پتری دیش ثابت باقی می‌ماند لذا در صورتی که آب پتری‌دیش‌ها تبخیر شود به هر کدام از آن‌ها فقط مقدار مشخصی آب مقطر اضافه شد. بنابراین یکسری پتری‌دیش که تنها حاوی آب بدون نمک بود در بین تیمارها قرار داده شد تا بدین وسیله میزان آبی که از سطح تیمارها تبخیر می‌شود تعیین شود، سپس برای جبران آب تبخیر شده از پتری‌دیش‌ها به اندازه آب تبخیر شده از پتری‌دیش‌های شاهد (حاوی آب خالی) به هر تیمار، به همان اندازه آب مقطر اضافه شد. شمارش و ثبت داده‌ها هنگامی متوقف شد که همه بذرها یا جوانه زده بودند و یا تعداد بذره‌های جوانه زده در دو شمارش متوالی یکسان بود.

آزمایش دوم

در این آزمایش، جوانه‌زنی بذره‌های جو در پتری‌دیش تحت تاثیر تیمارهای آب شور طبیعی مورد بررسی قرار گرفت. آب شور استفاده شده در این آزمایش که یک آب شور طبیعی از رودخانه قمرود بود با نسبت‌های مشخص با آب شهر مخلوط شد تا تیمارهای آب شور مورد نیاز تهیه شود. طراحی آزمایش و تیمارها مانند آزمایش اول مرحله جوانه‌زنی می‌باشد. در این آزمایش نیز ثبت داده‌ها هر ۲۴ ساعت یکبار انجام شد. پس از آماده کردن پتری‌ها و قرار دادن بذرها، تیمارهای آزمایشی به اتاقک رشد منتقل و در دمای ۲۴ سانتی‌گراد نگهداری شدند. شمارش زمانی متوقف شد که تمامی بذرها جوانه زده یا اینکه تعداد بذره‌های جوانه زده در دو شمارش متوالی یکسان باقی ماند.

آب شور مصنوعی و آب شور طبیعی انجام شد. انجام آزمایش جوانه‌زنی در پتری دیش نماینگر واقعی واکنش گیاه در محیط طبیعی خاک نیست چه آنکه در خاک جوانه‌زنی افزون بر پتانسیل اسمزی ناشی از محلول شور استفاده شده، تحت تاثیر پتانسیل ماتریک ذرات جامد خاک نیز قرار می‌گیرد. بنابراین، آزمایش سومی افزون بر دو آزمایش قبلی طراحی و اجرا شد که در آن جوانه‌زنی بذرها در ظروف مشخصی با قطر ۱۵ cm و عمق ۱۰ cm که حاوی خاک بودند بررسی شد.

مواد و روش‌ها

آب شور مصنوعی استفاده شده در این پژوهش دارای ترکیب اکی‌والان برابر نمک‌های NaCl و CaCl_2 بود. آب شور طبیعی استفاده شده نیز از رودخانه قمرود واقع در استان قم تهیه شد. در مرحله بعدی جوانه زنی بذرها در خاک بررسی شد. خاک استفاده شده، خاک شور طبیعی با بافت loamy sand و دارای EC عصاره اشباع برابر با ۳/۸۵ دسی‌زیمنس بر متر بود که از بخش قمرود استان قم تهیه شد. در جدول ۱ نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمون آورده شده است.

آزمایش اول

این آزمایش در پتری دیش با تیمار آب شور حاوی نسبت اکی‌والان برابر از نمک‌های NaCl و CaCl_2 در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۳ تیمار و ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل آب شور با هدایت الکتریکی ۵، ۷، ۹، ۱۱، ۱۳، ۱۵، ۱۷، ۱۹، ۲۱، ۲۳، ۲۵ و ۲۷ دسی‌زیمنس بر متر بود. همچنین آب شرب شهری با هدایت الکتریکی ۰/۰۵۵ دسی‌زیمنس بر متر به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. پتری دیش‌ها استریل شده و یک عدد کاغذ واتمن شماره ۴۲ در هر کدام از آن‌ها قرار داده شد. تعداد ۲۰ عدد بذر سالم جو در هر کدام از پتری دیش‌ها قرار گرفت و به هر پتری دیش ۱۰ میلی لیتر آب شور با EC مشخص اضافه شد. بذره‌های استفاده شده

آزمایش سوم

که تمام بذرها جوانه زده و یا تعداد بذرهای جوانه زده در دو شمارش متوالی یکسان بود. پس از انجام آزمایشات، درصد جوانه زنی نهایی و سرعت جوانه زنی محاسبه و جدول تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار SPSS محاسبه و میانگینها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند. برای محاسبه سرعت جوانه زنی از روش Maguier (۱۹۶۲) استفاده شد:

$$R_s = \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{D_i} \quad (2)$$

که در آن، R_s سرعت جوانه زنی (تعداد بذرهای جوانه زده در ساعت)، S_i تعداد بذرهای جوانه زده در هر شمارش، D_i تعداد ساعت تا شمارش n ام، و n تعداد دفعات شمارش است.

نتایج

آزمایش اول

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آب شور مصنوعی بر جوانه زنی بذرهای جو در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به جدول ۲، تیمارهای شوری اثری معنی دار بر کاهش جوانه زنی بذرهای گیاه جو دارند. شکل ۱ درصد نهایی جوانه زنی بذرهای جو را پس از ۲۸۸ ساعت (۱۲ روز) نشان می‌دهد. تفاوت درصد جوانه زنی بین تیمارهای شوری با افزایش شوری از تیمار شاهد تا تیمار ۲۵ دسی‌زیمنس بر متر معنی دار نبوده، لیکن با افزایش شوری کاهش جوانه زنی بذرها معنی دار است. بیشترین کاهش در درصد جوانه زنی در تیمار ۲۷ دسی‌زیمنس بر متر و ۳۸ درصد است.

شکل ۲ اثر تیمارهای آب شور مصنوعی بر درصد جوانه زنی را پس از ۱۴۴ و ۱۹۲ ساعت از آغاز آزمایش نشان می‌دهد. این شکل تأخیر در جوانه زنی را با افزایش شوری نشان می‌دهد. با افزایش شوری، تفاوت بین تعداد بذرهای جوانه زده در ۱۴۴ و ۱۹۲ ساعت پس از آغاز آزمایش بیشتر شده است. این مشاهدات با یافته‌های دیگر پژوهشگران مبنی بر اینکه با افزایش شوری زمان لازم برای جوانه زنی بذر بیشتر می‌شود، سازگاری دارد (Chartzoulakis and Klapaki, 2000; Jamil et al., 2005). در شکل ۳، جوانه زنی بذرهای جو در

در آزمایش سوم جوانه زنی بذرها در گلدان‌هایی با قطر ۱۵ cm و عمق ۱۰ cm که حاوی خاک loamy sand بودند ارزیابی شد. تیمارهای این آزمایش با آب شور طبیعی اعمال شد. تیمارهای شوری شامل ۵، ۷، ۹، ۱۱، ۱۳، ۱۵، ۱۷، ۱۹، ۲۱، ۲۳، ۲۵، ۲۷ دسی‌زیمنس بر متر و یک تیمار آب شرب شهر با هدایت الکتریکی ۵۵۰ میکرو زیمنس بر متر به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد. سپس، تعداد ۲۰ بذر سالم جو در گلدان‌هایی که حاوی خاک بودند کشت شد. لازم به ذکر است که پس از ریختن خاک در این گلدان‌ها، هر کدام با تیمارهای مورد نظر سه بار آبشویی شدند تا شوری محیط خاک یکنواخت شده و به شوری تیمارهای آزمایشی آب آبیاری نزدیک شود. این آزمایش در گلخانه و در ۲۴ درجه سانتی‌گراد انجام شد. همچنین مقدار رطوبت خاک در ظرفیت زراعی با استفاده از روش وزنی در آزمایشگاه تعیین شد. به این صورت که نمونه خاکی در یک گلدان که امکان زهکشی از بخش پایینی آن وجود داشت کاملاً اشباع و روی آن با یک لایه نایلون پوشانده شد تا از تبخیر آب از سطح گلدان جلوگیری شود. نمونه به مدت ۲۴ ساعت در آزمایشگاه قرار داده شد تا آب ثقلی آن کاملاً خارج شود و خاک گلدان به ظرفیت زراعی برسد. سپس یک نمونه از خاک مرطوب را برداشته و پس از توزین به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۱۰۵ درجه قرار داده و دوباره توزین شد. با داشتن وزن تین فلزی خالی نمونه برداری، رطوبت گنجایش زراعی از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$(1) \quad \frac{B-C}{C-A} = \text{وزن خاک خشک/وزن آب= رطوبت وزنی}$$

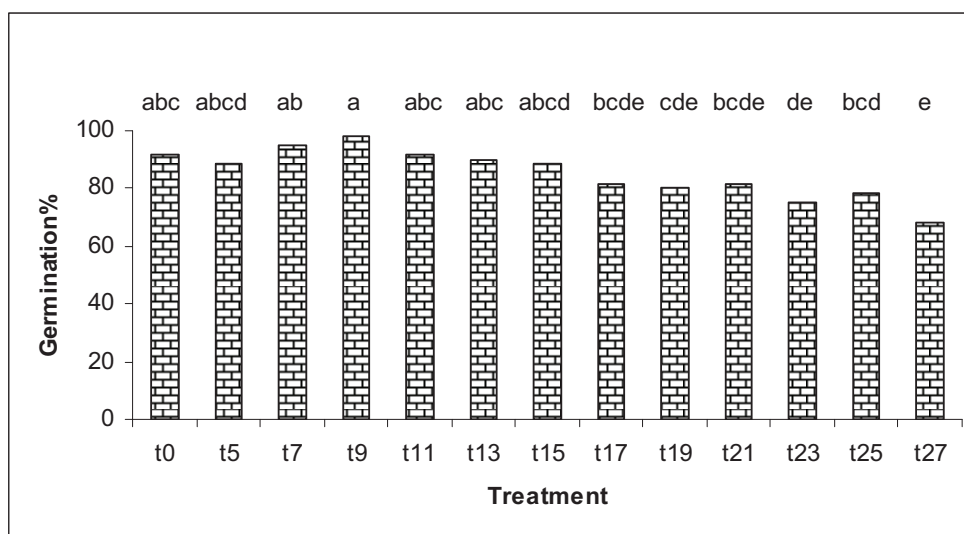
که در آن، A وزن تین فلزی، B وزن تین فلزی به همراه وزن خاک مرطوب و C وزن تین فلزی با وزن خاک خشک شده در آون می‌باشد.

رطوبت وزنی خاک با این روش ۰/۱۶۵ تعیین شد. محاسبه نیاز آبی گلدان‌ها بر اساس ۷۰٪ رطوبت گنجایش زراعی بوده و گلدان‌ها به صورت روزانه توزین شدند. در اینجا نیز شمارش بذرهای جوانه زده با فواصل زمانی ۲۴ ساعت یکبار انجام و شمارش بذرها هنگامی متوقف شد

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر آب شور مصنوعی بر جوانه‌زنی جو

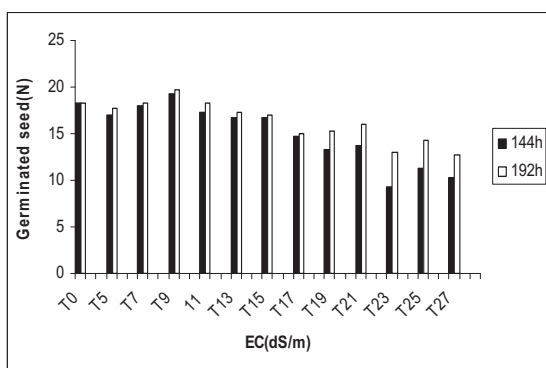
Table 2. Statistical analysis of the effects of artificial saline water on Barley germination

منبع تغییرات	(S.O.V)	درجه آزادی (df)	جمع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)	F مقدار	P-value
تیمار	Treatment	12	100.359	8.363	4.027**	0.001
خطا	Error	26	54	2.077		
کل	Total	38	154.359			



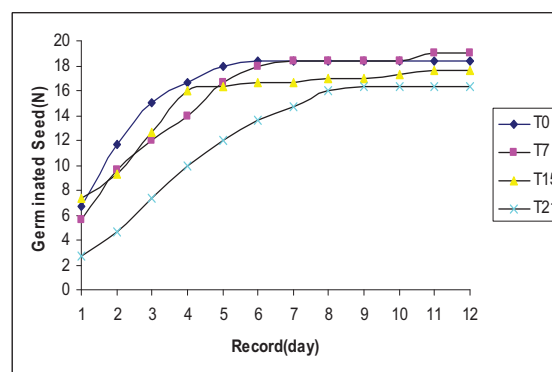
شکل ۱- اثر تیمارهای آب شور مصنوعی بر درصد جوانه‌زنی.

Figure 1. The effect of artificial saline water on germination percentage.



شکل ۲- اثر تیمارهای آب شور مصنوعی بر درصد جوانه زنی ۱۴۴ و ۱۹۲ ساعت بعد از آزمایش.

Figure 2. The effect of artificial saline water on germination percentage 144 and 192 hours after test.



شکل ۳- تاخیر در جوانه زنی با افزایش شوری تیمارهای آب شور مصنوعی.

Figure 3. Delay in germination by increasing salinity of artificial saline water treatments.

زیمنس بر متر بوده که ۳۸/۳۵ درصد است. شکل ۵ جوانه‌زنی بذرهای جو را ۱۴۴ و ۱۹۲ ساعت پس از آغاز آزمایش نشان می‌دهد. در تیمارهای پایین شوری، تعداد بذرهای جوانه زده ۱۴۴ و ۱۹۲ ساعت پس از آغاز آزمایش با یکدیگر یا یکسانند و یا تفاوت بسیار کمی دارند. لیکن در تیمارهای با شوری بیشتر، تعداد بذرهای جوانه زده ۱۹۲ ساعت پس از آغاز آزمایش بیشتر است که نشان دهنده تأخیر در جوانه‌زنی بذر با افزایش شوری است. شکل ۶ نیز موید همین مطلب بوده، به گونه‌ای که در تیمارهای با شوری پایین، زمان لازم برای رسیدن به حداکثر تعداد بذرهای جوانه زده کمتر از مدت زمان لازم برای حداکثر جوانه‌زنی در تیمارهای با شوری بیشتر است. همچنین، حداکثر تعداد بذرهای جوانه زده در تیمارهای با شوری بالاتر، کمتر از این مقدار در تیمارهای پایین آب شور است.

تیمارهای ۰، ۷، ۱۵ و ۲۱ دسی‌زیمنس بر متر با یکدیگر مقایسه شده‌اند. با توجه به این شکل، زمان لازم برای رسیدن به حداکثر میزان جوانه‌زنی در تیمارهای پایین‌تر شوری کمتر است. همچنین تعداد نهایی بذرهای جوانه زده در تیمارهای پایین‌تر شوری، بیشتر است.

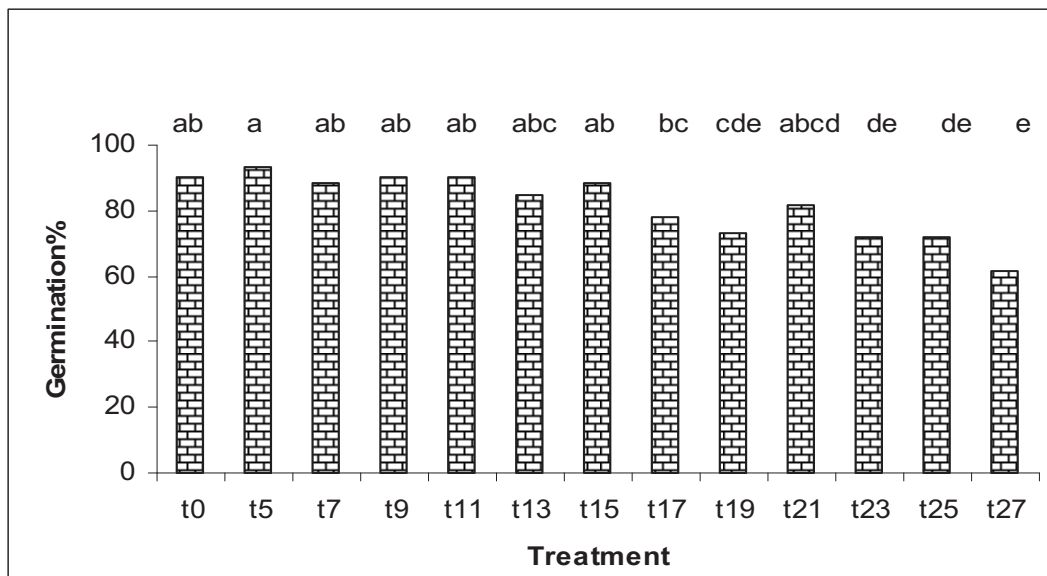
آزمایش دوم

در جدول ۳ نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آب شور طبیعی بر درصد جوانه‌زنی بذر گیاه جو نشان داده شده است. تیمارهای آب شور طبیعی اثری معنی‌دار بر جوانه‌زنی بذرهای جو داشته و با افزایش شوری، درصد بذرهای جوانه‌زده کاهش یافته‌اند. شکل ۴ اثر تیمارهای آب شور طبیعی را بر درصد نهایی جوانه‌زنی پس از ۲۸۸ ساعت نشان می‌دهد. تفاوت درصد جوانه‌زنی در تیمارهای مختلف شوری معنی‌دار نشده است، لیکن اثر تیمارهای آب شور بر کاهش درصد جوانه‌زنی بذر جو معنی‌دار است. بیشترین کاهش در جوانه‌زنی مربوط به تیمار ۲۷ دسی

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر آب شور طبیعی بر جوانه‌زنی جو

Table 3. Statistical analysis of natural saline water on Barley germination

منبع تغییرات	(S.O.V)	درجه آزادی (df)	جمع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)	مقدار F	P-value
تیمار	Treatment	12	134.97	11.24	6.093**	0.00
خطا	Error	26	48	1.84		
کل	Total	38	182.97			



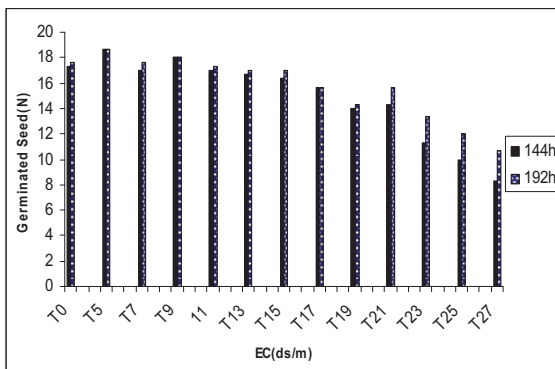
شکل ۴- اثر تیمارهای آب شور طبیعی بر درصد جوانه‌زنی.

Figure 4. The effect of natural saline water on germination percentage.

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر شوری خاک بر جوانه‌زنی جو

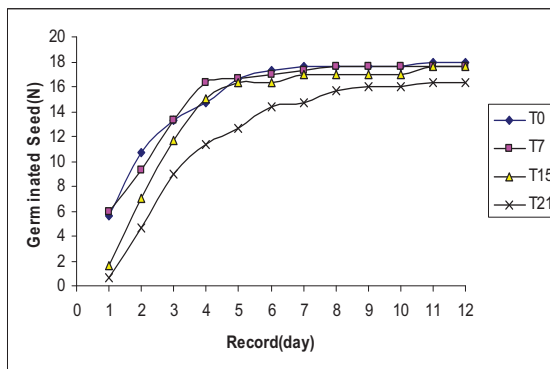
Table 4. Statistical analysis of soil salinity on Barley germination

منبع تغییرات	(S.O.V)	درجه آزادی (df)	جمع مربعات (SS)	میانگین مربعات (MS)	مقدار F	P-value
تیمار	Treatment	12	2674.56	222.8	212**	0.00
خطا	Error	26	27.33	1.051		
کل	Total	38	2701.89			



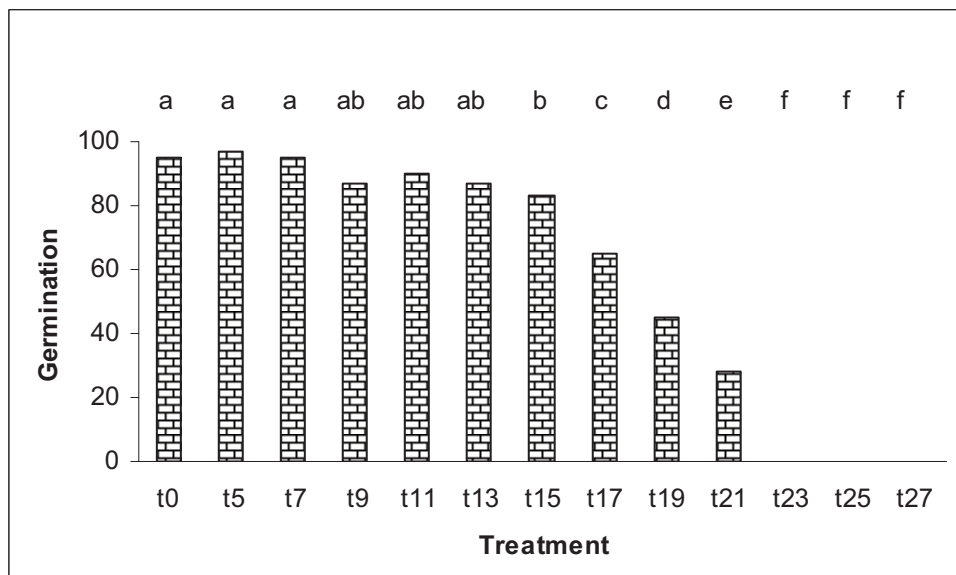
شکل ۵- اثر تیمارهای آب شور طبیعی بر درصد جوانه زنی ۱۴۴ و ۱۹۲ ساعت بعد از آزمایش.

Figure 5. The effect of natural saline water on germination percentage 144 and 192 hours after test.



شکل ۶- تاخیر در جوانه زنی با افزایش شوری تیمارهای آب شور طبیعی.

Figure 6. Delay in germination by increasing salinity of natural saline water treatments.



شکل ۷- اثر تیمارهای خاک شور بر درصد جوانه‌زنی.

Figure 7. The effect of soil salinity on germination percentage.

بر جوانه‌زنی بذرهای اثری معنی‌دار داشته و با افزایش شوری خاک تعداد بذرهای جوانه‌زده کاهش یافته است. شکل ۷ درصد نهایی جوانه‌زنی در تیمارهای خاک شور را نشان

آزمایش سوم

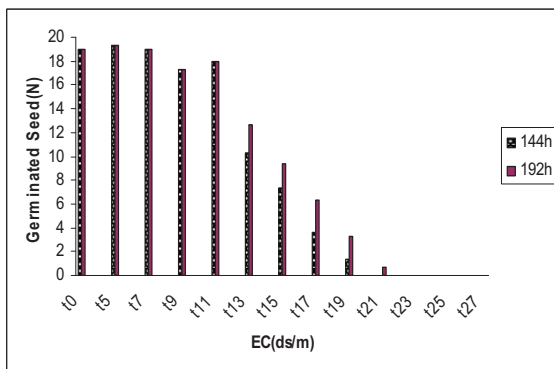
در جدول ۴ نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای خاک شور طبیعی بر جوانه‌زنی بذر گیاه جو آمده است. تیمارها

می‌دهد. سرعت جوانه‌زنی در هر سه محیط با افزایش شوری کاهش می‌یابد، لیکن مقدار این کاهش برای محلول $\text{NaCl}+\text{CaCl}_2$ کمتر از آب شور طبیعی و خاک است. در کل، سرعت جوانه‌زنی در محلول $\text{NaCl}+\text{CaCl}_2$ بیشتر از آب شور طبیعی و خاک است. همچنین، سرعت جوانه‌زنی در آب شور طبیعی بیشتر از محیط خاک است. تفاوت در سرعت جوانه‌زنی در تیمارهای بالاتر شوری بیشتر است. مقایسه سرعت جوانه‌زنی بذرها در اتاقک رشد نشان می‌دهد که سرعت جوانه‌زنی در محلول $\text{NaCl}+\text{CaCl}_2$ در مقایسه با آب شور طبیعی بیشتر است. به عبارت دیگر، جوانه‌زنی بذرها در محلول $(\text{NaCl}+\text{CaCl}_2)$ بهتر از جوانه‌زنی در آب شور طبیعی است. یکی از دلایلی که برای وقوع این پدیده می‌توان بیان کرد، نسبت پایین Na/Ca در محلول $(\text{NaCl}+\text{CaCl}_2)$ در مقایسه با محلول آب شور طبیعی است. همچنین در ترکیب آب شور طبیعی عناصری وجود دارند که می‌توانند در جوانه‌زنی و جذب آب توسط بذرها اثر بازدارنده داشته باشند. به عنوان مثال وجود ترکیب‌های سولفات، بر، کربنات و بی‌کربنات که دارای اثر سمیت می‌باشند از دلایل جوانه‌زنی کمتر بذرها در آب شور طبیعی است.

نتایج مقایسه جوانه‌زنی در محلول‌های آب شور مصنوعی و طبیعی با خاک نشان دهنده آن است که در

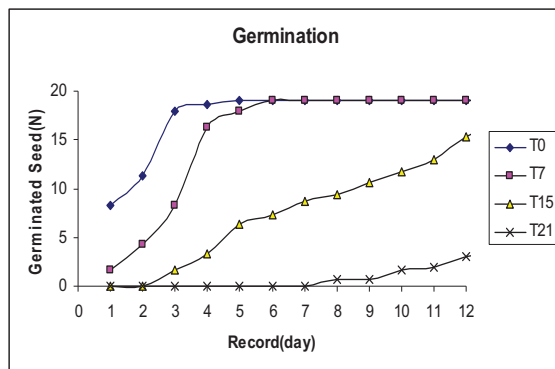
می‌دهد. تیمارهای صفر تا ۱۵ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌داری نداشته، لیکن تیمارهای بالاتر دارای تفاوتی معنی‌دار با یکدیگر هستند. نکته قابل توجه این است که در جوانه‌زنی در خاک در مقایسه با آب شور مصنوعی و طبیعی، تعداد بذره‌های جوانه زده با افزایش شوری تا حدی افت کرده و در نهایت در تیمارهای ۲۳، ۲۵ و ۲۷ دسی‌زیمنس بر متر تعداد بذره‌های جوانه زده به صفر می‌رسد. این پدیده نشان دهنده اثر پتانسیل ماتریک خاک در ایجاد محدودیت برای جذب آب توسط بذرها افزون بر اثر اسمزی تیمارهای شوری است.

شکل ۸ تعداد بذره‌های جوانه زده در خاک را پس از ۱۴۴ و ۱۹۲ ساعت از آغاز آزمایش نشان می‌دهد. تعداد بذره‌های جوانه‌زده در تیمارهای پایین شوری (تا تیمار ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر) با یکدیگر تفاوتی نداشته، لیکن در تیمارهای بالاتر، جوانه‌زنی با تأخیر انجام شده و تعداد بذره‌های جوانه‌زده ۱۹۲ ساعت پس از شروع آزمایش نسبت به ۱۴۴ ساعت پس از آغاز آزمایش بیشتر است. این موضوع در شکل ۹ به خوبی نشان داده شده است. در تیمارهای صفر و ۷ دسی‌زیمنس بر متر شوری خاک، زمان لازم برای اینکه بذرها به حداکثر تعداد جوانه‌زنی برسند، نسبت به تیمارهای ۱۵ و ۲۱ دسی‌زیمنس بر متر کمتر است. شکل ۱۰ سرعت جوانه‌زنی محاسبه شده برای محلول $\text{NaCl}+\text{CaCl}_2$ ، آب شور طبیعی و خاک را نشان



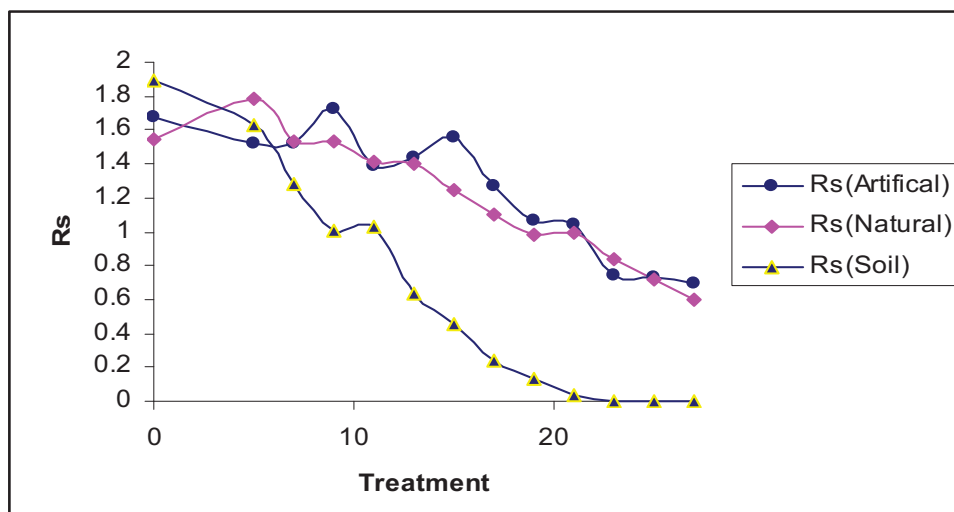
شکل ۸- اثر تیمارهای خاک شور طبیعی بر درصد جوانه‌زنی ۱۴۴ و ۱۹۲ ساعت پس از آزمایش.

Figure 8. The effect of soil salinity on germination percentage 144 and 192 hours after starting the experiment.



شکل ۹- تأخیر در جوانه‌زنی با افزایش شوری تیمارهای خاک شور طبیعی.

Figure 9. Delay in germination by increasing soil salinity.



شکل ۱۰- مقایسه سرعت جوانه‌زنی در آب شور مصنوعی، آب شور طبیعی و خاک.

Figure 10. Comparison of germination rate in artificial saline water, natural saline water and soil.

در این پژوهش برای نخستین بار جوانه‌زنی بذر گیاه جو در سه محیط متفاوت محلول $\text{NaCl}+\text{CaCl}_2$ ، محلول آب شور طبیعی و خاک با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج نشان داد که جوانه‌زنی بذر در این سه محیط کاملاً متفاوت است. هر چند که با افزایش شوری درصد جوانه‌زنی کاهش می‌یابد، لیکن این کاهش در سه محیط مقایسه شده برابر نبوده و در محیط خاک بسیار بیشتر از دو محیط کشت دیگر است. این پدیده نشان می‌دهد که در محیط خاک جذب آب توسط بذر با بیشتر کاهش یافته است. کاهش درصد جوانه‌زنی در محیط خاک تا تیمار ۱۳ دسی‌زیمنس بر متر در مقایسه با تیمار شاهد معنی‌دار نبوده و جوانه‌زنی با موفقیت انجام شده، لیکن از آن به بعد جوانه‌زنی بذر با کاهش چشمگیری داشته به گونه‌ای که در تیمار ۲۳ دسی‌زیمنس بر متر، بذر کلاً جوانه نزدند. بنابراین، تعمیم نتایج آزمایش‌های انجام گرفته در مورد جوانه‌زنی گیاهان در پتری‌دیش و اتا‌ک رشد به محیط خاک باید با احتیاط کامل انجام شود.

محلول‌ها به رغم اینکه با افزایش تیمارهای شوری، جوانه‌زنی کاهش یافته، لیکن در همه تیمارها بذر جوانه زده‌اند. لیکن در محیط خاک، بذر تنها تا تیمار ۲۳ دسی‌زیمنس بر متر جوانه زده‌اند. این نتایج نشان دهنده اثر پتانسیل ماتریک خاک بر کاهش جذب آب توسط بذر در مرحله جوانه‌زنی است. جذب آب در محیط خاک شور تحت تأثیر پتانسیل‌های اسمزی و ماتریک خاک بوده و با کاهش این دو پتانسیل، مقدار جذب آب توسط بذر با صورتی مضاعف کاهش می‌یابد. حال آنکه در یک محیط محلول، تنها عامل موثر بر جذب آب توسط بذر پتانسیل اسمزی ناشی از وجود نمک‌ها است. نتیجه این اثر، کاهش بسیار سریع سرعت جوانه‌زنی در محیط خاک در مقایسه با محلول‌های حاوی $\text{NaCl}+\text{CaCl}_2$ و آب شور طبیعی است (شکل ۱۰).

نتیجه‌گیری و بحث

References

- Abdi, N. 2000. Effect of salinity on germination of three species of clover. M.Sc. Dissertation, University of Tehran, Iran. (In Persian).
- Ahmad, A. N., Javed, I. U. H., Akram, M. and Akhtar, S. 2003. Germination Scenario of Barley Genotypes to Chloride and Sulphate Salinities of Sodium. *International Journal of Agriculture and Biology* 5 (3): 258-261.
- Asadi Kapourchal, S., Homaei, M. and Pazira, E. 2011. A practical desalinization model for large scale application. *International Journal of Agricultural Science and Research* 2 (1): 35-48. (In Persian).

- Asadi Kapourchal, S., Homae, M. and Pazira, E. 2012.** Modeling leaching requirement for desalinization of saline soils. **Journal of Soil and Water Resources Conservation** 2 (2): 65-83. (In Persian)
- Botia, P., Carvajal, M., Cerda, A. and Martinez, V. 1998.** Response of eight Cucumis melo cultivars salinity during germination and early vegetative growth. **Agronomy** 18: 503-513.
- Chartzoulakis, K. and Klapaki, G. 2000.** Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. **Scientia Horticulturae** 80: 247-260.
- Esmaili, E., Homae, M. and Malakouti, M. J. 2005.** Interactive effect of salinity and Nitrogen fertilizers on growth and composition of Sorghum. **Iranian Journal of Soil and Waters Sciences** 19 (1): 131-146. (In Persian)
- Esmaili, E., Asadi Kapourchal, S., Malakouti, M. J. and Homae, M. 2008.** Interactive Effect of Salinity and Two Nitrogen Fertilizers on Growth and Composition of Sorghum. **Plant Soil and Environment** 56 (12): 537-546.
- Heuer, B. and Plaut, Z. 1989.** Photosynthesis and osmotic adjustment of two sugarbeet cultivars grown under saline condition. **Journal of Experimental Botany** 40 (4): 437-440.
- Homae, M. 2002.** Plants response to salinity. **Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID)**. No. 58. (In Persian).
- Homae, M., Feddes, R. A. and Dirksen, C. 2002.** A macroscopic water extraction mode for nonuniform transient salinity and water stress. **Soil Science Society of America Journal** 66 (6): 1764- 1772.
- Homae, M., Dirksen, C. and Feddes, R. A. 2002.** Simulation of root water uptake. I. Nonuniform transient salinity stress using different macroscopic reduction functions. **Agricultural Water Management** 57 (2): 89-109.
- Homae, M., Feddes, R. A. and Dirksen, C. 2002.** Simulation of root water uptake. II. Nonuniform transient water stress using different reduction functions. **Agricultural Water Management** 57 (2): 111-126.
- Homae, M., Feddes, R. A. and Dirksen, C. 2002.** Simulation of root water uptake. III. Nonuniform transient combined salinity and water stress. **Agricultural Water Management** 57 (2): 127-144.
- Homae, M and Schmidhalter, U. 2008.** Water integration by plants root under non-uniform soil salinity. **Irrigation Science** 27: 83-95.
- Hosseini, Y., Homae, M., Karimian, N. A. and Saadat, S. 2009a.** Modeling of Canola response to combined salinity and nitrogen stresses. **Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources (Water and Soil Science)** 12 (46): 721-734. (In Persian).
- Hosseini Y., Homae, M., Karimian, N. A. and Saadat, S. 2009b.** The effects of phosphorus and salinity on growth, nutrient concentrations, and water use efficiency in Canola (*Brassica napus* L.). **Agricultural Research (Water, Soil and Plant in Agriculture)** 8 (4): 1-18. (In Persian).
- Hosseini, Y., Homae, M., Karimian, N. A. and Saadat, S. 2009c.** Modeling vegetative stage response of canola to combined salinity and Boron stress. **International Journal of Plant Production** 3 (1):91-104.
- Jafari, M. 1995.** Investigation of salt tolerance in some Iranian rangeland grasses. Publication of research institute of forests and rangeland, Iran.
- Jalali, V. R., Homae, M. and Mirnia, S. Kh. 2008a.** Modeling Canola response to salinity on vegetative growth stages. **Journal of Agricultural Engineering Research** 8 (4): 95-112. (In Persian).
- Jalali, V. R., Homae, M. and Mirnia, S. Kh. 2008b.** Modeling Canola Response to Salinity in Productive Growth Stages. **Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources (Water and Soil Science)** 12 (44): 111-121. (In Persian).
- Jalali, V. R. and Homae, M. 2010.** Modeling the effect of salinity application time of root zone on yield of canola (*Brassica napus* L.). **Journal of Crop Improvement** 12 (1): 29-40. (In Persian).
- Jamil, M., Lee, C. C., Ur Rehman, S., Lee, D. B., Ashraf, M. and Rha, E. S. 2005.** Salinity (NaCl) tolerance of brassica species at germination and early seedling growth. **Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry** 4 (4): 970-976.

- Kiani, A. R., Mirlatifi, M., Homae, M. and Cheraghi, A. 2004.** Effect of different irrigation regimes and salinity on wheat yield in Gorgan region. **Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources** 11(1): 79-89. (In Persian).
- Kiani, A. R., Mirlatifi, M., Homae, M. and Cheraghi, A. 2005a.** Water use efficiency of wheat under salinity and water stress. **Journal of Agricultural Engineering Research** 6 (24): 47-64. (In Persian).
- Kiani, A. R., Mirlatifi, M., Homae, M. and Cheraghi, A. 2005b.** Determination of the best water-salinity functions for wheat production in north of Gorgan. **Journal of Agricultural Engineering Research** 6 (25): 1-14.(In Persian).
- Kiani, A. R., Homae, M. and Mirlatifi, M. 2006.** Evaluation yield reduction functions under salinity and water stress conditions. **Iranian Journal of Soil Research (Formerly Soil and Water Sciences)** 20 (1): 73-83. (In Persian).
- Lauchli, A. and Epstein, E. 1990.** Plant responses to saline and sodic conditions. In: Tanji, K.K. (Ed.), *Am. Soc. Civil Eng., New York*, pp. 113-137.
- Massai, R., Remorin, D. and Tattini, M. 2004.** Gass exchange, water relation and osmotic adjustment in two scion/rootstock combination of prunus under various salinity concentrations. **Plant and Soil** 259: 153-162.
- Miller, T. R. and Chapman, S. R. 1978.** Germination response of three forage grasses to different concentration of six salts. **Journal of Range Management** 31 (2):123-124.
- Munns, R. and Termaat, A. 1986.** Whole plant response to salinity. **Australian Journal of Plant Physiology** 13 (1): 143-160.
- Noroozi, A. A., Homae, M. and Farshad, A. 2012.** Integrated application of remote sensing and spatial statistical models to the identification of soil salinity: A case study from Garmsar plain, Iran. **Environmental Science** 9 (1): 59-74.
- Rhoades, J. D. 1999.** Use of saline drainage water for irrigation. In: Skaggs, R. W. and Van Shilfgarde, J., (Eds.), *Agricultural Drainage. Agronomy Monograph. No. 38. CSSA. Madison, WI.* pp. 615-657.
- Saadat, S., Homae, M. and Liaghat, A. M. 2005.** Effect of soil solution salinity on the germination and seedling growth of sorghum plant. **Iranian Journal of Soil and Waters Sciences** 19 (2): 243-254. (In Persian).
- Seeman, J. D. and Critchely, C. 1985.** Effect of salt stress on the growth, ion content, somstal behavior and photosynthetic capacity of salt sensitive species, *Phaseolus vulgaris* L. **Planta** 164: 151-162.
- Yeo, A. R. and Flowers, T. J. 1982.** Accumulation and localisation of sodium ions within the shoots of rice (*Oryza sativa*) varieties differing in salinity resistance. **Physiologia Plantarum** 56 (3): 343-348.

Barley seed germination in NaCl + CaCl₂ solution, natural saline water and saline soil

Mokhtar Eskandari¹, Mehdi Homaei^{2*}, Safoora Asadi Kapourchal³ and Seyyed Khallagh Mirnia⁴

1, 2 and 4. Former M. Sc. Student, Prof. and Assoc. Prof., respectively, Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, 3. Assist. Prof., Dept. of Soil Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan

(Received: September 10, 2013- Accepted: January 20, 2014)

Abstract

Barley (*Hordeum vulgare*) known as a tolerant plant to salinity and has capability to produce reasonable yield under saline conditions. Salinity decreases water uptake by seeds and can lead to delay in germination and seedling establishment. To investigate the effect of salinity on barley germination, three different experiments were carried out in completely randomized design through 13 treatments each with three replications. In these experiments, germination process was studied within three different media including NaCl+CaCl₂ solution, natural saline water and natural saline soil. Studied variety was the spring variety, Tropy. The salinity levels in all experiments were consisted of control (0.005), 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25 and 27 dS.m⁻¹. The germinated seeds were counted at designated time intervals and continued up to full germination or until the consecutive counting were the same. The number of germinated seeds as well as the germination rates were then calculated and analyzed. The results indicated that by increasing salinity, both percentage and rate of germination decreased. There were further reductions in natural saline water than the NaCl+CaCl₂ solution. In higher salinity levels, the germination rate was decreased, while the required time for germination has increased. Seeds were germinated in all salinity treatments within the NaCl+CaCl₂ solution. But in the soil medium, germination was successful up to 13 dS.m⁻¹ and the germinated seed numbers were rapidly reduced such that in 23 dS.m⁻¹ treatment no seed was germinated. This observation can be attributed to the fact that in the saline soil medium, the matric potential is also reducing the seed water uptake.

Keywords: Barley, Germination, Salinity, Tolerance to salinity

*Corresponding author: mhomaei@modares.ac.ir