

خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ژنوتیپ‌های تریتیکاله (*Triticale hexaploide Lart*) تحت تاثیر پتانسیل‌های متفاوت ناشی از شوری و خشکی

حمیدرضا خزاعی^{۱*} - احمد نظامی^۲ - حمید رضا عشقی‌زاده^۳ - شهرام ریاحی‌نیا^۴ - کورش شجاعی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۹/۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۱/۲۵

چکیده

عدم جوانه‌زنی و استقرار ضعیف گیاهچه به دلیل خشکی، فقدان آب کافی و وجود شوری از مهمترین مشکلات تولید محصولات زراعی در مناطق نیمه خشک از جمله کشور ما می‌باشد. به همین منظور و جهت ارزیابی پاسخ چهار ژنوتیپ تریتیکاله شامل لاین‌های ET-82-8، ET-82-15، ET-82-8 و ET-82-17 و رقم Juanillo-92 به پتانسیل‌های آب مختلف ناشی از شوری و خشکی و نیز شناخت میزان تحمل آنها به تنش پتانسیل منفی در مرحله جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه، این مطالعه در سال ۱۳۸۷ در آزمایشگاه تحقیقات عالی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای تنش شوری در ۵ سطح شامل صفر، ۱/۵، ۱، ۲ و ۳٪ محلول NaCl (تقریباً معادل صفر، ۳/۸، ۸/۵، ۱۱/۶ و ۱۴/۸ بار) و تیمارهای تنش خشکی در ۶ سطح شامل ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ گرم PEG 6000 در یک لیتر آب مقطر (تقریباً معادل ۰/۵، ۱/۴۸، ۲/۹۵، ۴/۹۱، ۷/۳۶ و ۱۰/۳ بار) بودند. نتایج نشان داد که پتانسیل آب منفی ناشی از تیمارهای شوری و خشکی درصد جوانه‌زنی بذور را به طور معنی‌داری ($P < 0.001$) تحت تاثیر قرار داد. با کاهش پتانسیل آب درصد جوانه‌زنی کاهش یافت و در پتانسیل آب مساوی تا حدود ۷- بار کاهش درصد جوانه‌زنی در شرایط خشکی کمتر از شوری بود. رقم Juanillo-92 بیشترین و لاین ET-82-8 کمترین میزان جوانه‌زنی را تحت تاثیر تیمارهای مختلف شوری به خود اختصاص دادند. همچنین با کاهش پتانسیل آب سرعت جوانه‌زنی نیز کاهش یافت و در پتانسیل آب مساوی تا ۷- بار سرعت جوانه‌زنی در شرایط خشکی بیشتر از شوری بود. در پتانسیل‌های آب منفی تر از ۱۰- بار در تیمار خشکی جوانه‌زنی بذور تریتیکاله متوقف شد، در حالی که این روند در تیمارهای شوری تا پتانسیل ۱۵- بار ادامه یافت. تفاوت درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تحت تاثیر شرایط شور در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد، ولی تحت شرایط خشکی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. به طور کلی بر اساس رتبه‌بندی ارقام از نظر مولفه‌های اندازه گیری شده به ترتیب مقاومت به شوری رقم Juanillo-92 < ET-82-15 < ET-82-8 < ET-82-17 بود. همچنین با وجود مقاومت به خشکی مشابه ارقام، رقم Juanillo-92 مقاومت نسبی بیشتری نسبت به خشکی در این مرحله نشان داد.

واژه‌های کلیدی: تریتیکاله، پتانسیل آب، شوری، خشکی، جوانه‌زنی

مقدمه

صورت گیرد (۱۱). فشار اسمزی آب در اطراف بذر یکی از عوامل موثر بر جوانه‌زنی است. فشار اسمزی بالا جذب آب را دچار مشکل کرده و جوانه‌زنی را متوقف می‌کند (۱۳). در نواحی خشک و نیمه خشک، شوری به عنوان مهمترین عامل در بستر بذر شناخته شده که استقرار گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در این مناطق بارندگی کافی برای آبشویی نمک‌ها از منطقه ریشه وجود نداشته و اغلب به دلیل بالا بودن میزان تبخیر بر غلظت نمک در سطح خاک افزوده می‌شود (۱). شوری علاوه بر کاهش پتانسیل آب، جوانه‌زنی بذور را از طریق اثرات سمی یون‌هایی چون Na^+ و Cl^- نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد (۲ و ۲۲).

استفاده دومنظوره از غلاتی نظیر تریتیکاله به خصوص در شرایط

جوانه‌زنی عبارت است از فعال شدن متابولیسمی بذر و بیرون آمدن ریشه‌چه و ساقچه از پوسته بذر که در نهایت منجر به تولید گیاهچه شود. برای شروع فعالیت‌های متابولیک بذور برای جوانه‌زنی لازم است که ابتدا میزان معینی آب توسط آنها جذب شود که بسته به ترکیب شیمیایی و نفوذپذیری پوسته بذور متفاوت است. برای هر گونه‌ی گیاهی، پتانسیل آب مشخصی وجود دارد که جوانه‌زنی نمی‌تواند در آن

۱، ۲، ۳، ۴ و ۵- به ترتیب دانشیار، دانشیار و دانشجویان دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
* نویسنده مسئول: (Email: khazaie41@yahoo.com)

تریتیکاله به پتانسیل‌های آب مختلف ناشی از شوری و خشکی و شناخت میزان تحمل آنها به تنش پتانسیل منفی در مرحله جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه این مطالعه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۸۷ در آزمایشگاه تحقیقات عالی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد روی چهار ژنوتیپ تریتیکاله شامل: لاین‌های ET-82-15، ET-82-8، ET-79-17 و رقم Juanillo-92 (که آزمایشات اولیه آن جهت تعیین مقاومت به خشکی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق انجام شده بود) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای تنش شوری در ۵ سطح شامل صفر، ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲٪ محلول NaCl (تقریباً معادل صفر، ۳/۸، ۸/۵، ۱۱/۶، ۱۴/۸ - بار) و تیمارهای تنش خشکی در ۶ سطح شامل ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ گرم PEG 6000 در یک لیتر آب مقطر (تقریباً معادل ۰/۵، ۱/۴۸، ۲/۹۵، ۴/۹۱، ۷/۳۶ و ۱۰/۳ - بار) بودند. قبل از انجام آزمایش پتری دیش‌ها و بذور تریتیکاله با هیپوکلریت سدیم ۳٪ (وایتکس) به مدت ۲ دقیقه ضد عفونی و سپس (بذور) سه مرتبه با آب مقطر آبشویی شد. تعداد ۳۰ بذر انتخاب و داخل پتری دیش روی کاغذ واتمن قرار داده شد و سپس به هر پتری دیش ۱۰ میلی لیتر از محلول‌های تهیه شده اضافه شد. پتری‌ها در داخل اتاقک رشد در دمای ۲۰ درجه و رطوبت نسبی ۴۵ درصد قرار گرفتند. بذور به طور روزانه بازمینی و تعداد بذور جوانه‌زده شمارش شد. در روز دوازدهم بذور از پتری دیش خارج و صفاتی چون طول ریشه‌چه و ساقه‌چه اندازه گیری شد و به منظور تعیین وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه، آنها به مدت ۳ روز در دمای ۵۰ درجه درون خشک‌کن قرار داده شدند. درصد جوانه‌زنی از طریق معادله زیر محاسبه شد:

$$100 \times (\text{تعداد کل بذور} / \text{تعداد بذور جوانه‌زده در روز آخر}) = \text{درصد جوانه‌زنی}$$

جوانه‌زنی

و به منظور اندازه‌گیری سرعت جوانه‌زنی از روش ماگور (V) و از معادله زیر استفاده شد، که در این معادله R_s سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذر در روز)، S_i تعداد بذر جوانه‌زده هر شمارش، D_i تعداد روز تا شمارش i ام بود.

$$R_s = \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{D_i}$$

نتایج بدست آمده با استفاده از نرم افزار SAS و MSTATC

تجزیه واریانس شده و آزمون F آن انجام و سپس میانگین‌های حاصله به روش دانکن در سطح احتمال ۵٪ آزمون شد. در خاتمه جهت نتیجه‌گیری کلی و نهایی جهت رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها مشابه روش استفاده شده توسط سرمدنیا و همکاران (۵) ارقام بسته به

نامناسب و یا در نظام‌های کم نهاده جایگزین مناسبی برای سایر غلات به ویژه گندم نان و جو می‌باشد (۱۴ و ۱۹). در واقع با کاشت گیاه تریتیکاله در پائیز علاوه بر تامین دانه، می‌توان از آن در فصلی که هیچ گیاه علوفه‌ای یا مرتعی سبز وجود ندارد، به منظور تغلیف دام‌ها استفاده کرد (۹). تریتیکاله در مقایسه با گندم از قابلیت رشد و مقاومت بیشتری در شرایط دشوار برخوردار بوده و از دید توقع نسبت به شرایط آب و هوایی و خاک برای پهنه‌های نامناسب توصیه شده است. از تریتیکاله به صورت دانه یا علوفه و یا استفاده دو منظوره و به‌عنوان رژیم غذایی جایگزین سویا و ذرت در تغذیه دام و طیور استفاده می‌شود. این گیاه از نظر خوش‌خوراکی برتر یا برابر جو است و دارای رشد رویشی سریعتر از جو می‌باشد (۹).

از سوی دیگر عدم جوانه‌زنی و استقرار ضعیف گیاهچه به دلیل خشکی یا فقدان آب کافی و وجود شوری یکی از مهمترین مشکلات تولید محصولات زراعی در مناطق نیمه خشک از جمله کشور ما می‌باشد (۱۶، ۱۷ و ۲۶). جوانه‌زنی یکی از مراحل حساس در چرخه رشدی گیاهان به حساب می‌آید، زیرا نقش عمده‌ای را در تعیین تراکم نهایی گیاه از خود به جا می‌گذارد. در شرایط تنش رطوبتی و شوری، جوانه‌زنی گیاه در تعیین تراکم نهایی از اهمیت زیادی برخوردار است (۴ و ۲۱). بذور که در شرایط تنش، جوانه‌زنی مناسب‌تری داشته‌اند در مراحل بعدی رشد، گیاهچه‌هایی با بنیه بهتر و سیستم ریشه‌ای قوی‌تری ایجاد کرده‌اند (۲۴). بنابراین جوانه‌زدن و استقرار مناسب گیاهچه اصولاً به عنوان یک عامل تعیین کننده در میزان عملکرد به حساب می‌آید (۱۱). یک روش به‌گزینی گیاه در تحمل خشکی در مرحله جوانه‌زنی، بررسی واکنش بذر در شرایط تنش مصنوعی، به عنوان مثال در محیط‌های دارای محلول پلی‌اتیلن گلاکول (PEG) یا کلرید سدیم (NaCl) می‌باشد. مطالعات نشان داده است که درصد جوانه‌زنی بذور در محلول PEG 6000 با درصد جوانه‌زنی در خاک با همان پتانسیل آب تقریباً برابر است (۱۳). اعتصامی و گالشی (۲) با ارزیابی واکنش ده ژنوتیپ جو به شوری در مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گزارش کردند که ژنوتیپ‌های اصلاح شده و جدید نسبت به ژنوتیپ‌های قدیمی در برابر افزایش سطح شوری مقاومت بیشتری از خود نشان داده و گویا این حقیقت است که شاید اصلاح نباتات در این زمینه موفق عمل کرده است. همچنین براساس نتایج به دست آمده در مطالعه سعیدی و همکاران (۶) در پتانسیل اسمزی ۰/۸ - مگاپاسگال ارقام گندم امید، آزادی و لاین ۳-۵۵۹۳/۲ بالاترین و رقم سرداری، لاین ۳-۵۸۰۶ و رقم فلات کمترین بنیه جوانه‌زنی را از خود نشان دادند و در پتانسیل اسمزی ۱/۶ - مگاپاسگال بنیه جوانه‌زنی همه ژنوتیپ‌های مورد بررسی به شدت کاهش یافت. آل ابراهیم و همکاران (۳) نیز مهم‌ترین اثر بازدارنده تنش شوری بر جوانه‌زنی بذور لاین‌های اینبرد ذرت را ناشی از کاهش پتانسیل اسمزی دانستند. با توجه به موارد ذکر شده و به منظور ارزیابی پاسخ چهار ژنوتیپ

جوانه‌زنی بذور را به طور معنی‌داری ($P < 0.001$) تحت تاثیر قرار داد (جدول ۱ و ۲). در روندی مشابه درصد جوانه زنی، با کاهش پتانسیل آب سرعت جوانه‌زنی نیز کاهش یافت و در پتانسیل آب مساوی تا حدود ۷- بار سرعت جوانه‌زنی در شرایط خشکی بیشتر از شوری بود (شکل ۲). رقم Juanillo-92 بیشترین و لاین ET-82-8 کمترین سرعت جوانه‌زنی را تحت تاثیر تیمارهای مختلف شوری به خود اختصاص دادند (جدول ۳). میانگین سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های تریتیکاله تحت شرایط خشکی مشابه و حدود ۳۳ بذور در روز بود (جدول ۴).

طول ریشه‌چه

طول ریشه‌چه تحت تاثیر پتانسیل آب منفی ناشی از تیمارهای شوری و خشکی به طور معنی‌داری ($P < 0.001$) کاهش یافت (جدول ۱، ۲ و شکل ۳). روند کاهش طول ریشه‌چه در تیمارهای خشکی شیب تندتری نسبت به تیمارهای شوری داشت و حد نهایی رشد ریشه‌چه در پتانسیل منفی آب ناشی از خشکی حدود ۱۰- بار و در شوری حدود ۱۵- بار بود (شکل ۳). تفاوت طول ریشه‌چه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تحت تاثیر شرایط شور در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱)، ولی تحت شرایط خشکی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). تفاوت بیشترین طول ریشه‌چه در رقم‌های Juanillo-92 و ET-82-15 و کمترین آن در لاین ET-82-8 تحت تاثیر تیمارهای مختلف شوری حدود ۵۳ درصد بود (جدول ۳). میانگین طول ریشه‌چه ژنوتیپ‌های تریتیکاله تحت شرایط خشکی مشابه و حدود ۵/۴۳ سانتی‌متر بود (جدول ۴).

وزن خشک ریشه‌چه

وزن خشک ریشه‌چه تحت تاثیر پتانسیل آب منفی ناشی از تیمارهای شوری و خشکی به طور معنی‌داری ($P < 0.001$) کاهش یافت (جدول ۱ و ۲ و شکل ۴).

میانگین صفات اندازه‌گیری شده در گروه‌های مختلف رتبه‌بندی شدند. رتبه‌بندی به این ترتیب اعمال شد که به گروهی که در آزمون دانکن a گرفتند رتبه ۱، به گروه ab رتبه ۱/۵، به گروه b رتبه ۲ و به گروه c رتبه ۳ تعلق گرفت. سپس رتبه‌های صفات مختلف با یکدیگر جمع و رتبه نهایی هر ژنوتیپ تعیین شد. بر اساس این روند رتبه کمتر نشانگر تحمل بیشتر به شرایط تنش است. علت تلفیق رتبه‌ها و بدست آوردن رتبه نهایی این است که مجموعه‌ای از عوامل مثل درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ... به طور همزمان در تعیین مقاومت به کمبود آب نقش دارند.

نتایج

درصد جوانه‌زنی

پتانسیل آب منفی ناشی از تیمارهای شوری و خشکی درصد جوانه‌زنی بذور را به طور معنی‌داری ($P < 0.001$) تحت تاثیر قرار داد (جدول ۱ و ۲). با کاهش پتانسیل آب درصد جوانه‌زنی کاهش یافت و در پتانسیل آب مساوی ۷- بار کاهش درصد جوانه‌زنی در شرایط خشکی کمتر از شوری بود (شکل ۱). در تیمار خشکی و در پتانسیل‌های آب کمتر از ۱۰- بار جوانه‌زنی بذور تریتیکاله متوقف شد، در حالی که این روند در تیمارهای شوری تا پتانسیل ۱۵- بار ادامه یافت (شکل ۱). تفاوت درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تحت تاثیر شرایط تنش شوری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۱) ولی تحت شرایط خشکی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). رقم Juanillo-92 بیشترین و لاین ET-82-8 کمترین میزان جوانه‌زنی را تحت تاثیر تیمارهای مختلف شوری به خود اختصاص دادند (جدول ۳). میانگین درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های تریتیکاله تحت شرایط خشکی مشابه و حدود ۷۰ درصد بود (جدول ۴).

سرعت جوانه زنی

پتانسیل آب منفی ناشی از تیمارهای شوری و خشکی سرعت

جدول ۱ - مقادیر درجه آزادی و سطح احتمال معنی‌دار بودن برای وضعیت جوانه‌زنی و خصوصیات رشد گیاهچه ژنوتیپ‌های تریتیکاله مربوط به یک آزمایش فاکتوریل که در آن اثر عامل ژنوتیپ و شوری (محلول NaCl) مورد مطالعه قرار گرفته است.

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	نسبت وزن ساقه‌چه به ریشه‌چه
<i>Pr>F</i>								
شوری	۴	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.001
ژنوتیپ	۳	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	0.1913	0.2048	0.7649
شوری×ژنوتیپ	۱۲	0.0204	0.0535	<0.001	0.9548	0.8934	0.0853	0.8245

جدول ۲- مقادیر درجه آزادی و سطح احتمال معنی‌دار بودن برای وضعیت جوانه‌زنی و خصوصیات رشد گیاهچه ژنوتیپ‌های تریبتیکاله مربوط به یک آزمایش فاکتوریل که در آن اثر عامل ژنوتیپ و خشکی (محلول PEG-6000) مورد مطالعه قرار گرفته است.

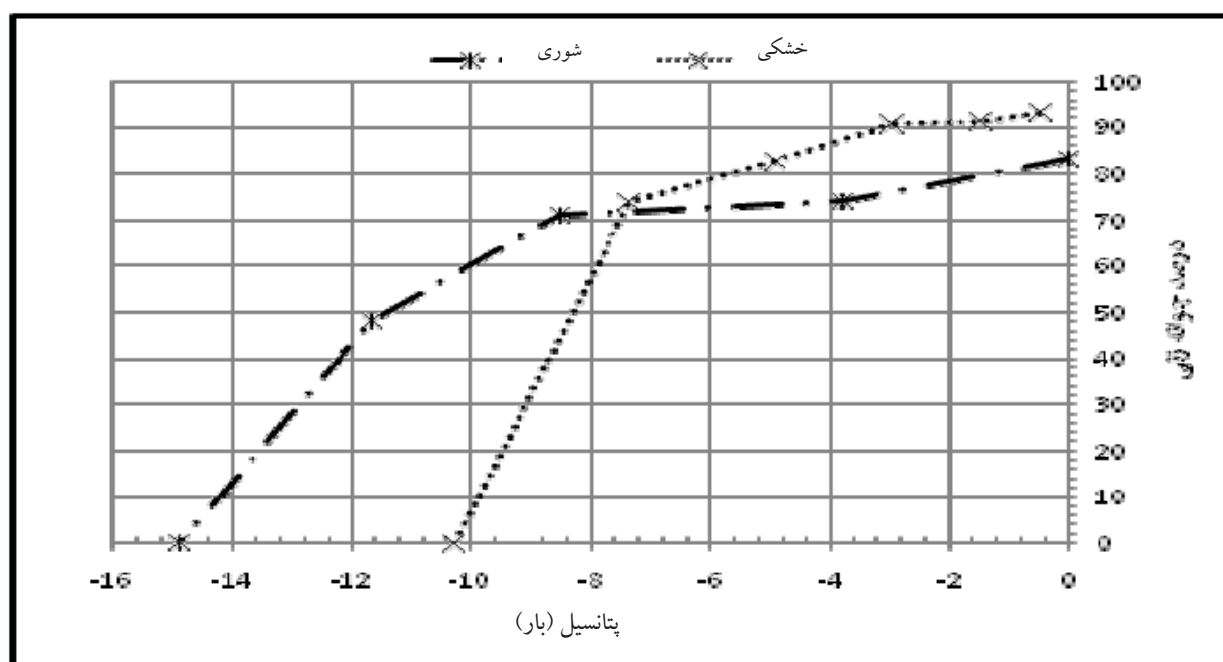
منابع تغییر	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	نسبت وزن ساقه‌چه به ریشه‌چه
<i>Pr>F</i>								
خشکی	۵	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱
ژنوتیپ	۳	۰/۲۶۹۲	۰/۵۸۰۷	۰/۰۵۰۴	۰/۴۳۶۰	۰/۰۱۳۸	۰/۲۳۰۰	۰/۲۹۱۲
خشکی×ژنوتیپ	۱۵	۰/۱۴۸۵	۰/۲۷۶۱	۰/۰۷۷۰	۰/۷۱۵۶	<۰/۰۰۰۱	۰/۵۶۰۰	۰/۱۲۵۱

روند کاهش وزن ریشه‌چه در تیمارهای خشکی از ۲- بار تا حدود ۵- بار کاهش شدیدی یافت (حدود ۵۸٪). در صورتیکه در تیمارهای شوری وزن خشک ریشه‌چه تا حدود ۱۲- بار تفاوت چشمگیری نشان نداد، ولی پس از آن تا ۱۵- بار به صفر رسید (شکل ۴). وزن خشک ریشه‌چه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تحت تاثیر تیمارهای شوری و خشکی از اختلاف معنی‌داری برخوردار نبود (جدول ۱). میانگین وزن خشک ریشه‌چه ژنوتیپ‌های تریبتیکاله تحت شرایط شوری حدود ۰/۰۱۷ گرم و تحت شرایط خشکی ۰/۰۴۵ گرم بود (جدول ۴).

طول ساقه‌چه

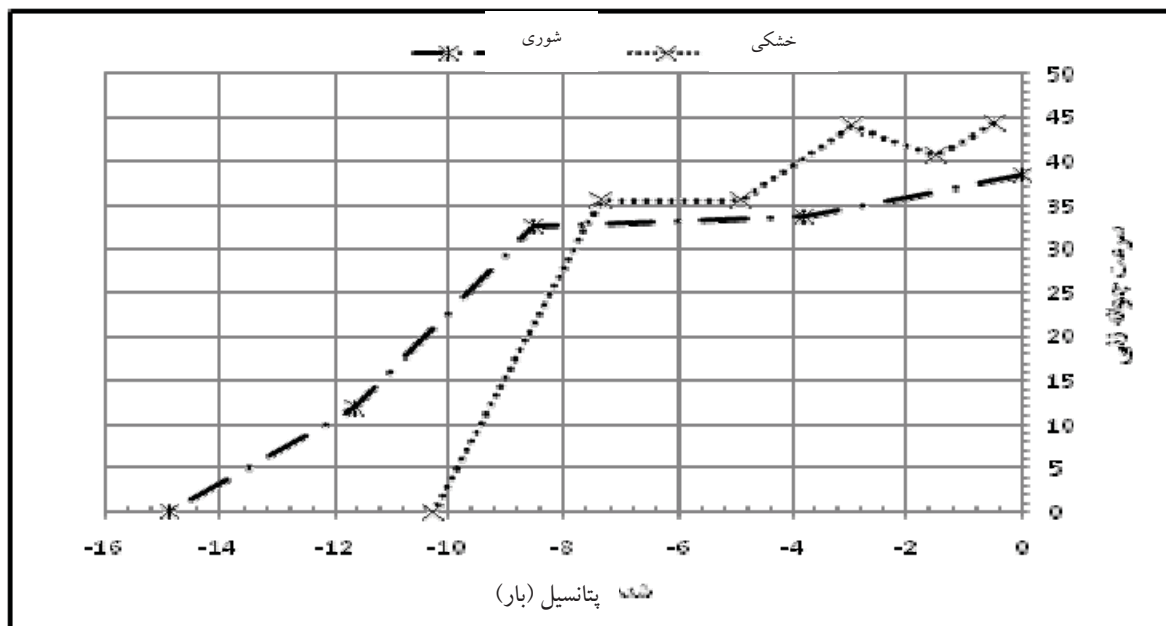
طول ساقه‌چه تحت تاثیر پتانسیل آب منفی ناشی از تیمارهای

شوری و خشکی به طور معنی‌داری ($P < 0.001$) کاهش یافت (جدول ۱ و ۲ و شکل ۵). روند کاهش طول ساقه‌چه در تیمارهای خشکی شیب تندتری نسبت به تیمارهای شوری داشت و حد نهایی رشد ساقه‌چه در پتانسیل منفی آب ناشی از خشکی ۷/۵- بار و در شوری ۱۵- بار بود (شکل ۳). تفاوت طول ریشه‌چه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تحت تاثیر شرایط شور معنی‌دار نشد (جدول ۱)، ولی تحت شرایط خشکی اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ مشاهده شد (جدول ۲).

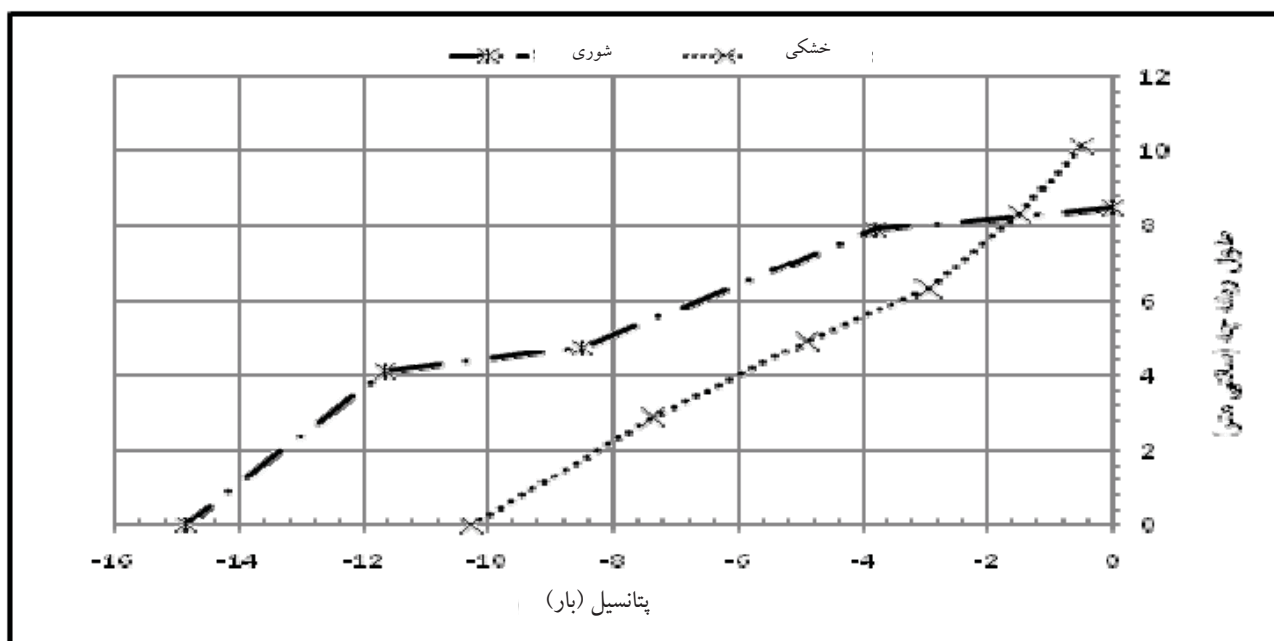


شکل ۱- تاثیر مقادیر مختلف پتانسیل آب ناشی از شوری و خشکی بر درصد جوانه‌زنی بذر تریبتیکاله

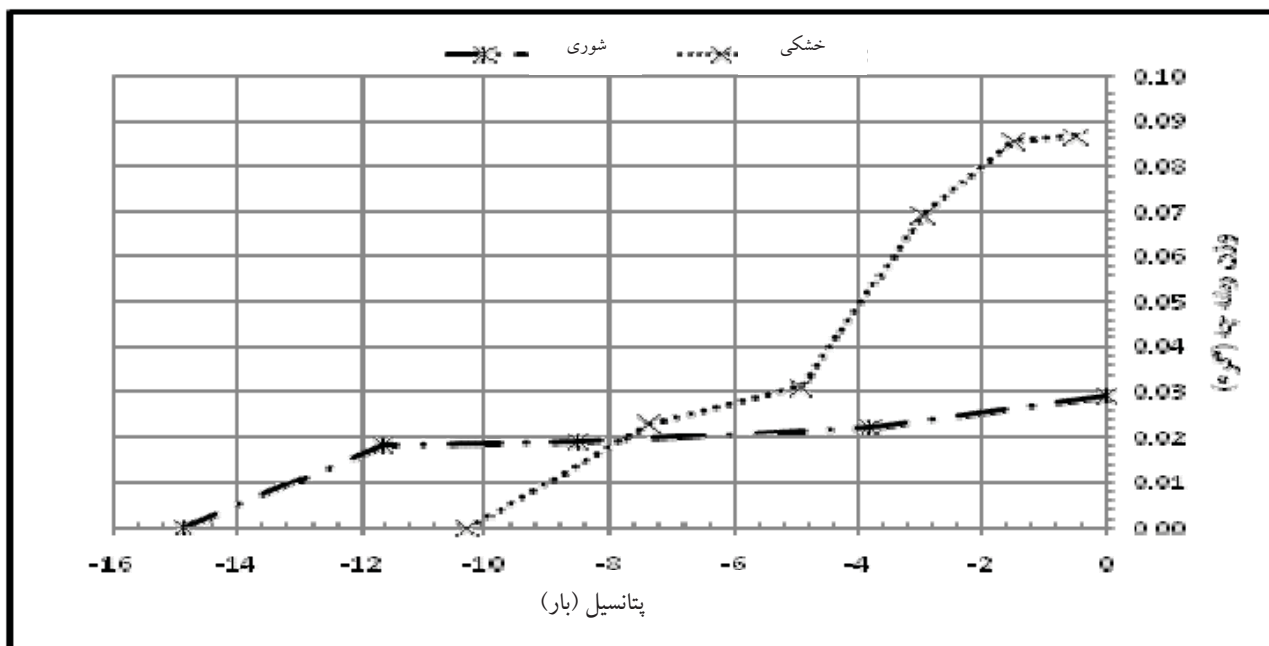
مقادیر متفاوت پتانسیل آب در سطوح شوری با استفاده از محلول NaCl (خط پیوسته) و در سطوح خشکی با استفاده از محلول PEG-6000 (خط نقطه چین) ایجاد شده است.



شکل ۲- تاثیر مقادیر مختلف پتانسیل آب ناشی از شوری و خشکی بر سرعت جوانه‌زنی بذر تریتیکاله مقادیر متفاوت پتانسیل آب در سطوح شوری با استفاده از محلول NaCl (خط پیوسته) و در سطوح خشکی با استفاده از محلول PEG-6000 (خط نقطه‌چین) ایجاد شده است.



شکل ۳- تاثیر مقادیر مختلف پتانسیل آب ناشی از شوری و خشکی بر طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) در گیاهچه تریتیکاله مقادیر متفاوت پتانسیل آب در سطوح شوری با استفاده از محلول NaCl (خط پیوسته) و در سطوح خشکی با استفاده از محلول PEG-6000 (خط نقطه‌چین) ایجاد شده است.



شکل ۴- تاثیر مقادیر مختلف پتانسیل آب ناشی از شوری و خشکی بر وزن ریشه‌چه (گرم) در گیاهچه تربیتکاله مقادیر متفاوت پتانسیل آب در سطوح شوری با استفاده از محلول NaCl (خط پیوسته) و در سطوح خشکی با استفاده از محلول PEG-6000 (خط نقطه‌چین) ایجاد شده است.

تحت تاثیر قرار داد (جدول ۱ و ۲). این اختلاف ناشی از تیمارهای شدید خشکی و شوری بود که در آنها بذور جوانه نرزه و رشدی نداشتند. نسبت وزن خشک ساقه‌چه به ریشه‌چه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تحت تاثیر تیمارهای شوری و خشکی اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۱). میانگین این نسبت در شرایط شوری حدود ۱/۹۴ و تحت شرایط خشکی حدود ۱/۰۶ بود (جدول ۴).

بحث

جوانه‌زدن به معنای ظهور ریشه‌چه و ساقه‌چه، طویل شدن آنها و اختصاص مواد غذایی ذخیره شده به محور جنینی جزو اولین مراحل چرخه زندگی گیاه می‌باشد و نقش تعیین کننده‌ای در استقرار گیاهچه دارد (۱). شوری و خشکی با کاهش پتانسیل آب در محیط خاک، درصد جوانه‌زنی گیاه را کاهش می‌دهد. به دلیل این که با وجود حضور مولکول‌های آب در محیط، این مولکول‌ها مانع جذب یون‌های موجود در خاک شده و از دسترس بذر خارج می‌شوند، بذر قادر به جذب آب نبوده و به نوعی با تنش آبی مواجه می‌شود (۱۱). در این آزمایش نیز تیمارهای مختلف شوری و خشکی باعث کاهش درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های مختلف تربیتکاله شد (شکل ۱ و ۲).

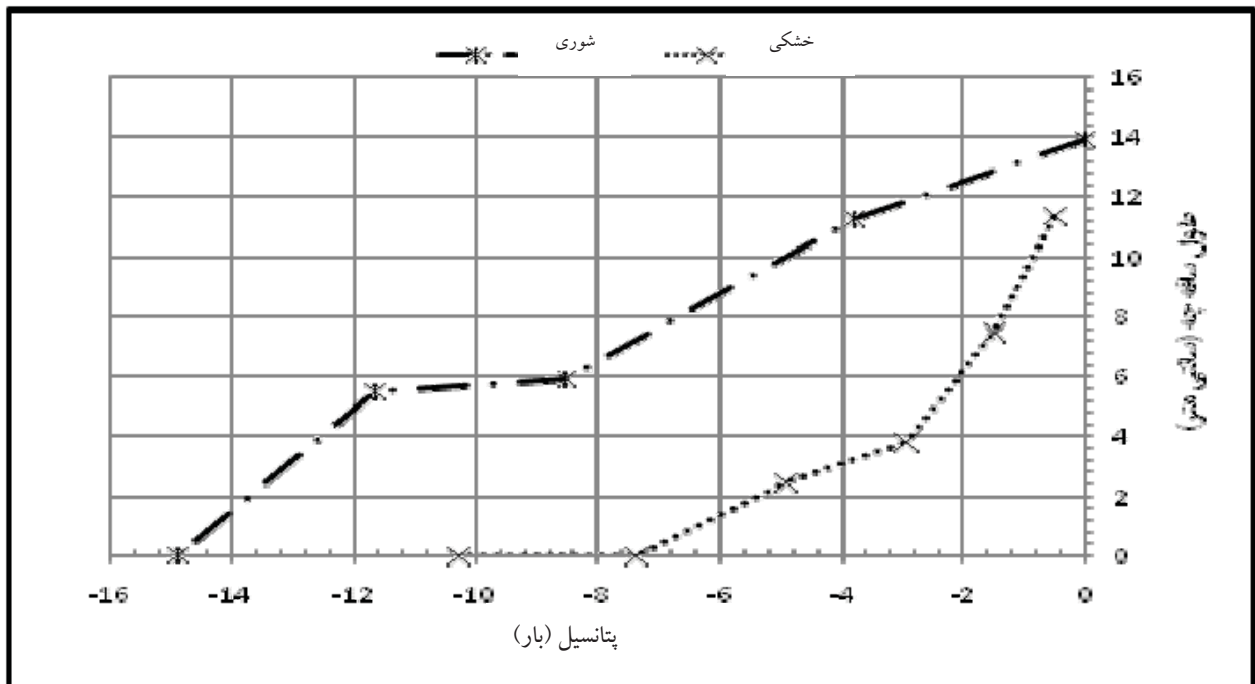
میانگین طول ساقه‌چه ژنوتیپ‌های تربیتکاله تحت شرایط شوری مشابه و حدود ۷/۳۰ سانتی‌متر بود (جدول ۳). رقم Juanillo-92 بیشترین و لاین ET-82-8 کمترین طول ریشه‌چه را تحت تاثیر تیمارهای مختلف خشکی به خود اختصاص داد که تفاوت آنها حدود ۲۰٪ بود (جدول ۴).

وزن خشک ساقه‌چه

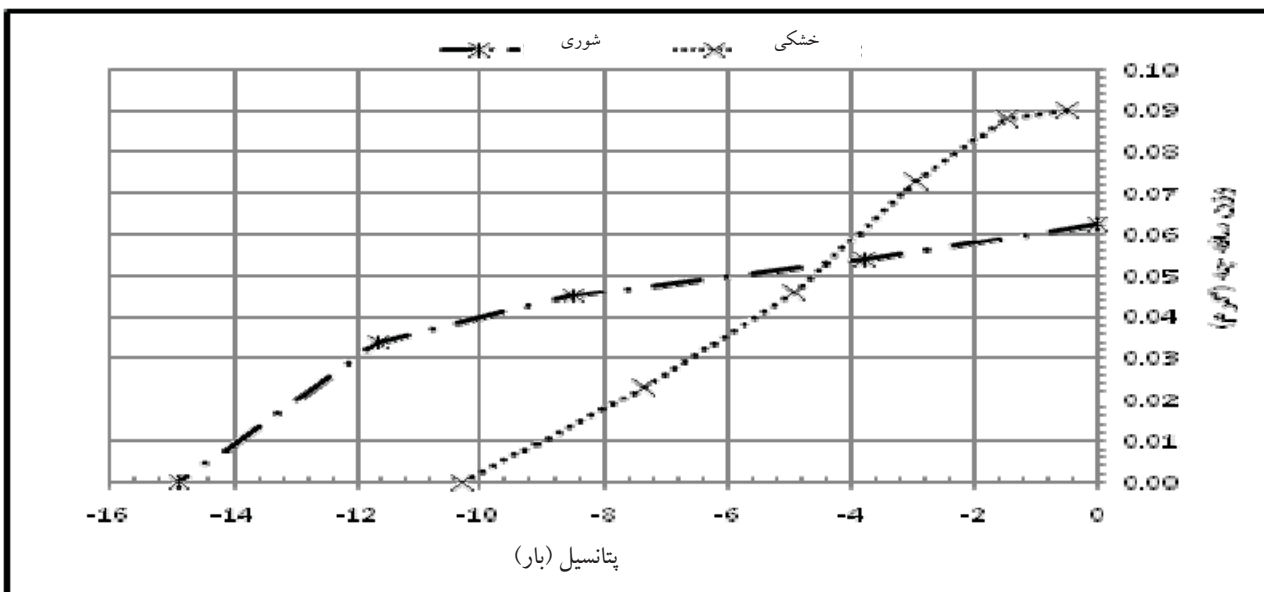
وزن خشک ساقه‌چه تحت تاثیر پتانسیل آب منفی ناشی از تیمارهای شوری و خشکی به طور معنی‌داری ($P < 0/001$) کاهش یافت (جدول ۱ و ۲ و شکل ۶). روند کاهش وزن خشک ساقه‌چه در تیمارهای خشکی از ۲- بار تا حدود ۱۰- بار به صورت تقریباً خطی کاهش یافت، در صورتیکه در تیمارهای شوری وزن خشک ساقه‌چه تا حدود ۱۲- بار تفاوت چشمگیری نشان نداد، ولی پس از آن تا ۱۵- بار به صفر رسید (شکل ۶). تفاوت وزن خشک ساقه‌چه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تحت تاثیر تیمارهای شوری و خشکی اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۱). میانگین وزن خشک ساقه‌چه ژنوتیپ‌های تربیتکاله تحت شرایط شوری حدود ۰/۰۳۹ گرم و تحت شرایط خشکی ۰/۰۴۳ گرم بود (جدول ۴).

نسبت وزن خشک ساقه‌چه به ریشه‌چه

پتانسیل آب منفی ناشی از تیمارهای شوری و خشکی نسبت وزن خشک ساقه‌چه به ریشه‌چه را به طور معنی‌داری ($P < 0/001$)



شکل ۵- تاثیر مقادیر مختلف پتانسیل آب ناشی از شوری و خشکی بر طول ساقه‌چه (سانتی متر) در گیاهچه تریتیکاله. مقادیر متفاوت پتانسیل آب در سطوح شوری با استفاده از محلول NaCl (خط پیوسته) و در سطوح خشکی با استفاده از محلول PEG-6000 (خط نقطه‌چین) ایجاد شده است.



شکل ۶- تاثیر مقادیر مختلف پتانسیل آب ناشی از شوری و خشکی بر وزن ساقه‌چه (گرم) در گیاهچه تریتیکاله. مقادیر متفاوت پتانسیل آب در سطوح شوری با استفاده از محلول NaCl (خط پیوسته) و در سطوح خشکی با استفاده از محلول PEG-6000 (خط نقطه‌چین) ایجاد شده است.

جدول ۳- مقایسه میانگین^۱ وضعیت جوانه‌زنی و خصوصیات رشد گیاهچه ژنوتیپ‌های تربیت‌یکاله تحت تاثیر شوری (محلول NaCl)

رتبه	نسبت وزن ساقه‌چه به ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه (gr)	طول ساقه‌چه (cm)	وزن خشک ریشه‌چه (gr)	طول ریشه‌چه (cm)	سرعت جوانه زنی	درصد جوانه‌زنی	ژنوتیپ
۷/۵	۲/۱۶ ^a	۰/۰۴۳ ^a	۷/۷۷ ^a	۰/۰۱۸ ^a	۶/۴۸ ^a	۲۵/۴۱ ^a	۶۱/۱۸ ^{ab}	ET-82-15
۱۲	۱/۹۴ ^a	۰/۰۳۶ ^a	۶/۸۲ ^a	۰/۰۱۶ ^a	۳/۰۴ ^c	۱۸/۱۵ ^b	۴۲/۵۵ ^c	ET-82-8
۹	۱/۷۴ ^a	۰/۰۳۶ ^a	۶/۹۸ ^a	۰/۰۱۷ ^a	۴/۱۱ ^b	۲۲/۴۳ ^a	۵۵/۰۰ ^b	ET-79-17
۷	۱/۹۴ ^a	۰/۰۴۱ ^a	۷/۶۵ ^a	۰/۰۱۸ ^a	۶/۵۰ ^a	۲۵/۹۸ ^a	۶۲/۳۵ ^a	Juanillo-92

۱- در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۴- مقایسه میانگین^۱ وضعیت جوانه‌زنی و خصوصیات رشد گیاهچه ژنوتیپ‌های تربیت‌یکاله تحت تاثیر خشکی (محلول PEG-6000)

رتبه	نسبت وزن ساقه‌چه به ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه (gr)	طول ساقه‌چه (cm)	وزن خشک ریشه‌چه (gr)	طول ریشه‌چه (cm)	سرعت جوانه زنی	درصد جوانه‌زنی	ژنوتیپ
۸	۱/۰۷۱ ^a	۰/۰۴۵ ^a	۴/۲۶ ^{ab}	۰/۰۴۳ ^a	۵/۶۴ ^a	۳۴/۱۸ ^a	۷۴/۲۲ ^{ab}	ET-82-15
۸	۱/۰۷۸ ^a	۰/۰۴۱ ^a	۳/۷۸ ^b	۰/۰۳۸ ^a	۴/۴۹ ^a	۳۲/۶۰ ^a	۷۰/۳۳ ^a	ET-82-8
۸	۱/۰۷۳ ^a	۰/۰۴۴ ^a	۳/۸۷ ^b	۰/۰۴۱ ^a	۵/۶۸ ^a	۳۳/۷۷ ^a	۷۲/۶۶ ^a	ET-79-17
۷	۱/۰۴۸ ^a	۰/۰۴۳ ^a	۴/۷۷ ^a	۰/۰۴۱ ^a	۵/۹۳ ^a	۳۳/۰۶ ^a	۷۰/۴۴ ^a	Juanillo-92

۱- در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

دسته‌بندی رقم‌ها بر اساس تحمل به شوری در مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه را کارا دانسته، زیرا غلظت بالای نمک موجب کاهش جوانه‌زنی و سبز شدن می‌شود (۱۸).

با افزایش سطوح شوری وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه نیز کاهش یافت. پتانسیل آب منفی ناشی از شوری تاثیر بیشتری بر کاهش وزن ریشه و ساقه‌چه داشت (شکل ۴ و ۶). تاثیر پتانسیل آب منفی بر وزن ریشه‌چه و ساقه‌چه متفاوت بود و وزن خشک ریشه‌چه بیشتر تحت تاثیر قرار گرفت. این در حالی است که افراد و همکاران (۱) نیز در بررسی جوانه زدن ارقام کلزا در شرایط شوری به این نتیجه رسیدند که وزن تر و خشک گیاهچه در شرایط تنش شوری کاهش می‌یابد و این اثرات روی ساقه‌چه بیشتر از ریشه‌چه است.

این امر می‌تواند ناشی از واکنش متفاوت گونه‌ها به پتانسیل آب منفی باشد. گلزار و همکاران (۱۵) نشان دادند که گراس‌های مختلف تحمل متفاوتی به سطوح شوری دارند. با وجود این که افزایش شوری مانع از جوانه‌زنی می‌شود، ولی در شوری ۵۰۰ میلی مول حدود ۳۰ درصد بذوری چمن شور پا گربه‌ای جوانه زدند که مقاومت بسیار بالایی آن را نشان می‌دهد. ردمن (۲۵) دریافت که بین وارته‌های یونجه از نظر مقاومت به سمیت و فشار اسمزی ایجاد شده توسط کلرید سدیم تفاوت وجود دارد. جذب آب اولین مرحله‌ی جوانه زدن می‌باشد و مقدار آن به ترکیب شیمیایی بذر بستگی دارد. پروتئین‌ها، موسیلاژها بیشتر کلوئیدی و آب دوست بوده و پیش از نشاسته آب را جذب می‌کنند (۷).

نکته جالب توجه در این زمینه این بود که در پتانسیل‌های پایین‌تر تاثیر شوری بر درصد و سرعت جوانه‌زنی کمتر از خشکی بود. هر چند مقاومت ژنوتیپ‌ها به تحمل پتانسیل منفی ناشی از شوری بیشتر از خشکی بود و بذور در شرایط خشکی در پتانسیل حدود ۱۰- جوانه‌زنی نداشتند، ولی در شرایط شوری تا ۱۵- جوانه‌زنی ادامه داشت (شکل ۱ و ۲). شرما (۲۷) با مطالعه اثر تنش شوری و خشکی بر روی ۵۰ گونه از گیاهان مرتعی نتیجه گرفت که جوانه‌زنی در همه گونه‌ها با کم شدن سطوح پتانسیل آب کاهش می‌یابد و این کاهش بسته به گونه‌های مختلف و نوع ماده اسمتیک متفاوت می‌باشد.

کاهش جذب آب توسط بذر در اثر تنش خشکی باعث کاهش فرآیندهای فیزیولوژیک و متابولیک آن شده و لذا وفور مواد در دسترس برای ادامه حیات گیاه با مشکل روبرو می‌شود (۸) و کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در شرایط شوری ممکن است به خاطر پتانسیل اسمزی پایین و ممانعت از جذب آب، سمیت یون‌های Na^+ یا Cl^- و یا عدم تعادل عناصر غذایی باشد (۱۹). با افزایش شوری درصد جوانه‌زنی در ژنوتیپ‌های جو (۲) و گندم (۶) به طور معنی‌داری کاهش یافت که به احتمال زیاد این کاهش در نتیجه اثرات فیزیکی و شیمیایی ناشی از مسمومیت و یا پتانسیل اسمزی پایین باشد (۱۵).

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه نیز همزمان با کاهش پتانسیل اسمزی کاهش یافت (شکل ۳ و ۵)، هر چند حساسیت طول ساقه‌چه بیشتر بود. تحقیقات نسبتاً زیادی که بر روی جوانه‌زنی گیاهان زراعی مختلف انجام شده است بیانگر این واقعیت است که با افزایش شوری طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و همچنین وزن خشک گیاهچه به طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد کاهش یافت (۲۰ و ۲۳). آچاربا و همکاران (۱۰) نیز

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین وضعیت جوانه‌زنی و خصوصیات رشد گیاهچه ژنوتیپ‌های تربیتکاله

شماره	صفت	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
۱	درصد جوانه‌زنی	۱	۰/۹۶** ^۱	۰/۹۴*	۰/۹۶**	۰/۸۹*	۰/۹۹**	۰/۹۴**
۲	سرعت جوانه زنی	۰/۹۹**	۱	۰/۹۱*	۰/۸۹*	۰/۸۸*	۰/۹۵*	۰/۸۵ ^{NS}
۳	طول ریشه‌چه (cm)	۰/۸۳*	۰/۸۳*	۱	۰/۹۵**	۰/۹۸**	۰/۹۷**	۰/۸۳ ^{NS}
۴	وزن خشک ریشه‌چه (gr)	۰/۷۹ ^{NS}	۰/۸۰ ^{NS}	۰/۹۶**	۱	۰/۹۳**	۰/۹۸**	۰/۸۸*
۵	طول ساقه‌چه (cm)	۰/۵۹ ^{NS}	۰/۵۹ ^{NS}	۰/۹۳**	۰/۸۹**	۱	۰/۹۴*	۰/۷۳ ^{NS}
۶	وزن خشک ساقه‌چه (gr)	۰/۸۳*	۰/۸۲*	۰/۹۷**	۰/۹۸**	۰/۸۹*	۱	۰/۹۰*
۷	نسبت وزن ساقه‌چه به ریشه‌چه	۰/۹۰*	۰/۸۶*	۰/۶۱ ^{NS}	۰/۵۰ ^{NS}	۰/۳۳ ^{NS}	۰/۵۹ ^{NS}	۱

NS، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

اعداد بالای قطر مربوط به آزمایش شوری و اعداد زیر قطر مربوط به شرایط خشکی می‌باشند.

بررسی روابط همبستگی موجود بین صفات مورد مطالعه، حاکی از آن بود که بین درصد و سرعت جوانه‌زنی و طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه و نسبت وزن ساقه‌چه به ریشه‌چه تحت شرایط پتانسیل منفی ناشی از شوری همبستگی معنی‌دار و بالایی وجود دارد (جدول ۵). این همبستگی در شرایط پتانسیل منفی ناشی از خشکی تنها بین درصد و سرعت جوانه زنی، طول ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و نسبت وزن ساقه‌چه به ریشه‌چه مشاهده شد.

به طور کلی با توجه به نتایج بدست آمده از نظر مقاومت به شوری در شرایط آزمایشگاهی به ترتیب ژنوتیپ ET-*Juanillo-92* بررسی روابط همبستگی موجود بین صفات مورد مطالعه، حاکی از آن بود که بین درصد و سرعت جوانه‌زنی و طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه و نسبت وزن ساقه‌چه به ریشه‌چه تحت شرایط پتانسیل منفی ناشی از شوری همبستگی معنی‌دار و بالایی وجود دارد (جدول ۵). این همبستگی در شرایط پتانسیل منفی ناشی از خشکی تنها بین درصد و سرعت جوانه زنی، طول ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و نسبت وزن ساقه‌چه به ریشه‌چه مشاهده شد.

بدینوسیله از آقایان مهندس جواد رضایی، مهندس سید فاضل فاضلی و مهندس فرزاد حسین پناهی جهت مساعدت در اجرای این آزمایش تشکر و قدردانی می‌گردد.

سپاسگزاری

منابع

- انفراد، ا. ن. مجنون حسینی، ک. پوستینی و ا.ع. خواجه احمد عطاری. ۱۳۸۳. بررسی جوانه زدن ارقام کلزا در شرایط شوری. مجله‌ی کشاورزی. جلد ۵، شماره ۲، صص ۱۷-۷. نشریه‌ی علمی مجتمع آموزش عالی اَبوریجان.
- اعتصامی، م. و س. گالشی. ۱۳۸۷. ارزیابی واکنش ده ژنوتیپ جو (*Hordeum vulgare* L.) به شوری در مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد پانزدهم، شماره ۵، صص ۱-۷.
- آل ابراهیم، م.ت.، م. جامحمدی، ف. شریف‌زاده و س. تکاسی. ۱۳۸۷. بررسی اثرات تنش شوری و خشکی بر جوانه زنی و رشد گیاهچه لاین‌های اینبرد ذرت (*Zea mays* L.). مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، جلد اول، شماره ۲، صص ۳۵-۴۳.
- باقری کاظم آبادی، ع.، غ. سرمندیا و ش. حاج رسولیها. ۱۳۶۷. بررسی عکس‌العمل توده‌های مختلف اسپرس نسبت به تنش‌های خشکی و شوری در مرحله جوانه‌زنی. مجله علوم و صنایع کشاورزی. ش. ۲. صص ۴۱-۵۵.
- سرمندیا، غ.، ح. توکلی و ع. قربانی. ۱۳۶۷. بررسی مقاومت به خشکی توده‌های مختلف گندم در مرحله جوانه زنی. مجموعه مقالات و نتایج اولین کنفرانس تحقیقات و بررسی مسائل دیم در ایران. مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، خرداد ماه، صص ۵۷ تا ۸۰.
- سعیدی، م.، ع. احمدی، ک. پوستینی و م.ر. جهانسوز. ۱۳۸۶. ارزیابی ویژگی‌های جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های مختلف گندم در شرایط تنش اسمزی و همبستگی آنها با سرعت سبز شدن و مقاومت به خشکی در شرایط مزرعه‌ای. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال یازدهم، ش ۱، صص ۲۸۱-۲۹۴.
- کوچکی، ع. و س. سرمندیا. ۱۳۸۰. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). چاپ نهم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. صص ۲۹۹-۲۵۹.
- کرندادی، ع.، س. گالشی، ا. زینلی و م. ر. زنگی. ۱۳۸۳. بررسی تحمل شوری سی ژنوتیپ پنبه در مرحله جوانه زنی. مجله علوم و صنایع کشاورزی، ۱۸: ۱۰۹-۱۲۶.
- نقیبی، ع. ۱۳۸۷. نشریه تربیتکاله. سایت سازمان جهاد کشاورزی استان مرکزی.

- 10- Acharya, S. N., B. A. Dartoch and J. W. Oosavce. 1992. Salt stress tolerance in native Alberta populations of slender wheatgrass and alpine bluegrass. *Can. J. Plant. Sci.* 72: 785-792.
- 11- Ashraf, M. and G. waheed. 1990. Screening of local lexoric of lentil (*Lens culinaris* Medik) for salt tolerance at two growth stages. *Plant and Soil.* 110: 63-67.
- 12- Cachorro, P., and A. Ortiz. 1993. Growth, water relations and solute composition of *phaseolus vulgaris*, under saline conditions. *Plant Sci.* 95:23-29.
- 13- Emmerich, W. E. and S. P. Hardgree. 1990. Polyethylene glycol solution contact effect on seed germination. *Agron. J.* 82: 1103-1107.
- 14- Erekul, O. and W. Kohn. 2006. Effect of weather and soil conditions on yield components and bread-making quality of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and winter triticale (*Triticosecale* Wittm) varieties in North-East Germany. *J. Agron. Crops Sci.* 192, 452-464.
- 15- Gulzar, S., M.A.Khan and I.A. Ungar. 2001. Effect of salinity and temperature on the germination of *Urochondra setulosa* (Trin) C. E. Hubbard. *Seed Sci. Tech.* 29: 21-29.
- 16- Gupta, A. K., J. Sigh, N. Kaur, and R. Sigh. 1993. Effect of polyethylene glycol induced water stress on uptake, translocation and transport of sugars in chickpea seedling. *Plant Physiol. Biochem.* 31: 743-747.
- 17- Harris, D. 1996. The effects of manure, genotype seed priming, depth and date of sowing on the emergence and early growth of *sorghumbicolor* L. Moench in semi-arid Botswana. *Soil tillage Research.* 40: 73-88
- 18- Horst, G.L. and R.M.Taylor. 1983. Germination and initial growth of Kentucky Bluegrass in soluble salts. *Agron. J.* 75:679-681.
- 19- Karpenstein-Machan, M., B.Honermeier, F. Hartmann. 1994. Triticale—Produktion aktuell. DLG-Verlag, Frankfurt M, p. 144S.
- 20- Kaya, M.D., G. Okcu., M. Atak., Y. Cikili and O. Kolsarici. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Europ. J. Agronomy.* 24: 291-295.
- 21- Livingston, N. J. and E. D. Jong. 1990. Matric and osmotic potential effects on seedling emergence at different temperatures. *Agronomy Journal.* 82: 995-998.
- 22- Lynch, J. and A. Lauchli. 1988. Salinity affects intracellular calcium in corn root protoplasts. *Plant Physiol.*, 87: 351-356
- 23- Okcu, G., M.D. Kaya, and M. Atak. 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum Sativum* L.). *Turk. J. Agric. For.* 29:237-242.
- 24- Opoku, G., F. M. Davies, E. V. Zetrio, and E. E. Camble. 1996. Relationship between seed vigor and yield of white beans (*Phaseolus vulgaris* L). *Plant Variety Seed.* 9: 119-125
- 25- Redman, R. E. 1974. Osmotic and specific ion effects on the germination of Alfalfa. *Can. J. Bot.* 52: 803-808.
- 26- Satvir, K., A. K. Gupta and K. Narinder. 2003. Priming of chickpea seeds with water and Mannitol overcomes the effect of salt stress on seedling growth. *ICPM.* 10: 18-20.
- 27- Sherma, M.L. 1973. Simulation of drought and its effect on germination of five pasture species. *Agron. J.* 65:982-987.