نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۰، شماره ۱ ، بهار ۱۳۹۱، ص. ۱۰-۱

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 10, No. 1, Spring. 2012, p. 1-10

بررسی خصوصیات جوانه زنی گل ختمی(*Althea officinalis* L.) تحت تأثیر تنش خشکی و شوری

رستم یزدانی بیوکی[۱] - پرویز رضوانی مقدم[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۱/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۶/۳۱

چکیده

خشکی و شوری از مهم‌ترین تنش‌های محیطی محدود کننده بهره برداری اقتصادی از زمین‌ها برای تولید گیاهان هستند. در این راستا به منظور مطالعه تأثیر تنش‌های خشکی و شوری بر جوانه‌زنی گیاه گل ختمی‌دو آزمایش جداگانه در شرایط کنترل شده بصورت طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار به اجرا درآمد. در آزمایش اول از پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ برای ایجاد سطوح تنش خشکی (۰، ۲-، ۴-، ۶- و ۸- بار) و در آزمایش دوم از نمک کلرور سدیم به منظور ایجاد سطوح تنش شوری (۰، ۲-، ۴-، ۶-، ۸- و۱۰- بار) استفاده شد. نتایج نشان داد که با کاهش پتانسیل اسمزی در دو تنش خشکی و شوری درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش یافت. بطور کلی بذور گل ختمی‌شرایط تنش شوری را بهتر از تنش خشکی تحمل کردند، به طوری که تا ۱۰- بار تنش شوری و تن‌ها تا ۸- بار تنش خشکی قادر به جوانه‌زنی بودند. در پتانسیل‌های اسمزی ۲- و ۴- بار درصد جوانه‌زنی در تنش شوری در مقایسه با تنش خشکی بیشتر کاهش یافت، در حالی که در سطوح بالاتر تنش (۶- و ۸- بار) کاهش درصد جوانه‌زنی در تنش خشکی بیشتر بود به نحوی که در پتانسیل اسمزی ۶- بار درصد جوانه‌زنی در تنش خشکی ۶۳ درصد و در تنش شوری ۸۰ درصد کاهش یافت. طول ریشه‌چه در سطوح اولیه تنش (۲-، ۴- و ۶- بار) در واکنش به تنش شوری نسبت به تنش خشکی بیشتر کاهش نشان داد، اما طول ساقه‌چه بر خلاف طول ریشه‌چه بیشتر تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت و نسبت به سایر خصوصیات اندازه گیری شده نیز از حساسیت بیشتری برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی: ختمی، تنش شوری، جوانه‌زنی، پلی اتیلن گلایکول، کلرید سدیم

مقدمه

گل ختمی‌با نام علمی*Althaea officinalis* از خانواده پنیرک (Malvaceae) گیاهی است علفی، چند ساله، به ارتفاع ۰/۷ تا دو متر، دارای ریشه‌هایی بلند، دوکی شکل به ضخامت ۲-۱ سانتیمتر که به رنگ خاکستری مایل به زرد است (۱۱). ختمی‌یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی دارای لعاب (گل آن تا ۲۰ درصد و ریشه آن تا ۳۰ درصد)، قندها، نشاسته، آسپارژین، پکتین و مواد دیگر است. از جمله خواص درمانی این گیاه می‌توان به ضد سرفه بودن، خلط آور بودن، نرم کننده پوست و مجاری تنفسی اشاره کرد. در طب سنتی از ریشه این گیاه علیه بیماری‌های معده و روده استفاده می‌شد. ختمی در نواحی مختلف مخصوصا در سواحل ماسه ای زمین‌های کم و بیش شور و نواحی مرطوب می‌روید و خاک سبک، عمیق و حاوی ترکیبات هوموس برای کشت آن مناسب است. این گیاه در تمام مناطق اروپا به صورت وحشی و در ایران در کناره چشمه ها و نهرها دیده می‌شود (۲)

ختمی هم از طریق بذر و هم از طریق رویشی تکثیر می‌شود و البته تکثیر با بذر مناسبتر است. بذر تازه‌ی این گیاه قوه رویشی نامناسبی دارد، از این رو باید از بذرهای ۲ تا ۳ ساله استفاده کرد. بذر ختمی۱۰ تا ۱۵ روز پس از کاشت در دمای مناسب و رطوبت کافی سبز می‌شود (۱۰).

خشکی و شوری از مهم‌ترین تنش‌های محیطی محدود کننده رشد محصولات زراعی محسوب می‌شوند، مشکلی که هم در اقلیم‌های مرطوب و هم در اقلیم‌های خشک وجود داشته و با افزایش سطح زیر کشت آبی بر اهمیت آن افزوده می‌شود (۳۷). کمبود آب در ایران همواره به عنوان یک عامل محدود کننده کشت و پرورش گیاهان زراعی و دارویی مطرح بوده است (۱۶). تنش خشکی بر

۱ و ۲ – به‌ترتیب دانشجوی دکتری بوم شناسی زراعی و استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: rezvani@um.ac.ir

جنبه‌های مختلف رشد گیاه اثر گذاشته و موجب کاهش و به تاخیر افتادن جوانه‌زنی، کاهش رشد اندام‌های هوایی و کاهش تولید ماده خشک می‌گردد و از آنجائیکه رشد و نمو گیاهان از جوانه‌زنی شروع می‌شود و برای ادامه حیات باید بذور جوانه بزنند تا بتوانند خود را با شرایط محیطی تطبیق دهند و در خاک مستقر گردند و با توجه به این که حساس‌ترین مرحله زندگی یک گیاه مرحله جوانه‌زنی است، موفقیت گذراندن این دوره نقش مهمی‌در مراحل دیگر استقرار گیاه خواهد داشت (۱۲).

تنش شوری پس از خشکی از مهم‌ترین و متداول ترین تنش‌های محیطی تولید محصولات زراعی است و بیش ازحدود ۱۰۰ سال است که موضوع بسیاری از تحقیقات بوده است. از کل زمین‌های قابل کشت در ایران تن‌ها حدود ۸/۱ میلیون هکتار فاریاب هستند. سیستم اصلی تولید محصول در ایران بر اساس کشاورزی فاریاب است، و حدود ۵۰ درصد از زمین‌ها تحت تاثیر انواع اثرات شوری خاک‌ها قرار دارند. اکثر مناطق زراعی ایران مستعد شوری هستند. منابع خاکی و آبی مستعد شوری از موانع اصلی در تولیدات کشاورزی هستند. تخمین زده شده که در مناطق شور موجود میانگین کاهش عملکرد ممکن است به بیشتر از ۵۰ درصد برسد (۳۵). از آنجا که تحمل به شوری در گیاهان یک فرآیند پیچیده است که در آن تغییرات مورفولوژیکی، فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی درگیر هستند، زنده ماندن و رشد در محیط‌های شور نیز نتیجه فرآیندهای سازگاری مانند انتقال یون و جایگزینی آن‌ها، سنتز محلول‌های اسمزی و تجمع آن‌ها در جهت تنظیم اسمزی و تغییر و تبدیل پروتئین‌ها برای تعمیر سلول‌ها است (۲۳). معمولاً بیشترین حد حساسیت به شوری در چرخه زندگی گیاهان به هنگام جوانه زدن و در ابتدای رشد دانه مشاهده می‌گردد (۲۶). تنش شوری از طریق کاهش سرعت جذب آب و یا افزایش خروج یون ها که ممکن است فعالیت‌های هورمونی و آنزیمی‌را تغییر دهد باعث تحت تأثیر قرار دادن فرآیند جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی می‌شود (۲۵). در بیشتر گیاهان مرحله جوانه‌زنی حساس ترین مرحله به شوری تلقی می‌شود (۲۱).

بررسی اثر خشکی و شوری بر سرعت و درصد جوانه‌زنی و همچنین رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه در بسیاری از گیاهان نشان داده است که تنش خشکی و شوری در مرحله جوانه‌زنی یک آزمون قابل اطمینان در ارزیابی تحمل بسیاری از گونه ها است، به طوری که خشکی و شوری باعث کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی و همچنین کاهش رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌گردد (۲۴).

در رابطه با تأثیر تنش‌های خشکی و شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی انواع گیاهان دارویی آزمایش‌های متعددی انجام شده است. در این زمینه دشتی و همکاران (۶) با مطالعه تأثیر تنش‌های خشکی و شوری بر روی گیاه دارویی گل ختمی نشان دادند که بذور گل ختمی‌نسبت به خشکی حساس بود، به طوری که بذور تن‌ها در ۵- بار جوانه زدند و بین سرعت جوانه‌زنی بذور در تیمار ۵- بار تنش خشکی و شاهد اختلاف معنی داری وجود داشت. در حالی که درصد جوانه‌زنی تفاوت معنی داری با شاهد در سطح تنش ۵- بار نداشت. درصد جوانه‌زنی تا غلظت ۲۰۰ میلی مولار کلرید سدیم با شاهد در سطح یک درصد تفاوت معنی داری را نشان نداد، اما با افزایش شوری درصد و سرعت جوانه‌زنی اختلاف معنی داری را در سطح یک درصد نشان دادند.

حسینی و رضوانی مقدم (۴) با بررسی بذر اسفرزه و برومندرضازاده و کوچکی (۱) با مطالعه بذر زنیان، رازیانه و شوید و گواهی و همکاران (۱۵) نیز با مطالعه بذور سیاهدانه تحت تأثیر تنش خشکی و شوری نشان دادند که با افزایش این دو تنش به طور معنی داری از سرعت و درصد جوانه زنی، طول ریشه چه و ساقه‌چه کاسته شد. علاوه بر این حسنی (۳) با مطالعه تأثیر تنش خشکی بر بذور ریحان و خمری و همکاران (۵) در مورد چای ترش، سنای هندی، زوفا، ریحان و کنگر فرنگی و رضایی و علی نژاد (۹) در مورد زیره سبز با مطالعه تأثیر تنش شوری گزارش کردند که درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بذور کاهش یافت.

باتوجه به اینکه خشکی و شوری از مهمترین عوامل محدود کننده رشد گیاهان می‌باشند. این تحقیق با هدف بررسی اثرات تنش‌های خشکی و شوری بر خصوصیات گیاهچه‌های گل ختمی‌انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور مطالعهٔ تأثیر تنش‌های خشکی و شوری بر جوانه‌زنی گیاه گل ختمی‌دو آزمایش جداگانه در شرایط کنترل شده در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. بذر مورد استفاده از باغ گیاهان دارویی وابسته به قطب علمی‌گیاهان زراعی ویژه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی تهیه شد. در آزمایش اول از پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ مطابق با روش میچل و کافمن (۲۸) برای ایجاد سطوح تنش خشکی (۰، ۲-، ۴-، ۶- و ۸- بار) استفاده شد. در آزمایش دوم از مقادیر معینی نمک کلرور سدیم به ترتیب به میزان (۰، ۳/۲۸، ۶/۵۶، ۹/۸۴، ۱۳/۱۲ و ۱۶/۴) گرم در یک لیتر آب مقطر به منظور ایجاد سطوح تنش شوری (۰، ۲- ،۴- ،۶-، ۸- و۱۰- بار) استفاده شد (۳۳). سطوح مختلف خشکی و شوری بر اساس تحقیقات انجام شده (۶) تعیین شد. قبل از شروع آزمایش بذرها با استفاده از هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد به مدت دو دقیقه ضد عفونی شدند و سپس به منظور حذف مواد ضدعفونی کننده سه مرتبه با آب مقطر شستشو شدند. پتری دیش ها نیز به منظور ضدعفونی کردن به مدت دو ساعت در دمای ۱۶۰ درجه سانتیگراد درون آون قرار داده شد. سپس از محلول‌های پلی اتیلن گلایکول و کلرید سدیم تهیه شده هر کدام به میزان پنج میلی لیتر به طور جداگانه به هر پتری دیش اضافه

شد. در نهایت ۲۵ عدد بذر با قوه نامیه ۷۰ درصد جوانه‌زنی به داخل هر پتری دیش اضافه شد و در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد (با توجه به مطلوب بودن دمای ۲۰ درجه سانتیگراد برای اکثر بذور) در داخل ژرمیناتور در شرایط روشنایی قرار داده شد. بذرهای جوانه زده بصورت روزانه به مدت ۱۴ روز از شروع کشت شمارش و ثبت گردید. به سبب تبخیر آب در مواقع لازم به پتری دیش ها آب مقطر اضافه شد.

درصد جوانه‌زنی از تقسیم تعداد نهایی بذور جوانه زده بر تعداد بذور کشت شده به دست آمد. برای محاسبه سرعت جوانه‌زنی نیز تعداد بذور جوانه زده شده در هر روز تا پایان دوره جوانه‌زنی شمارش گردید و سرعت جوانه بر حسب جوانه‌زنی نسبی بذور از طریق معادلهٔ زیر بدست آمد (۱۸).

معادلهٔ (۱)

سرعت جوانه‌زنی =X1.Y1 + (X2-X1).Y2 +... + (Xn-Xn-1).Yn

که در آن Xn درصد بذور جوانه زده در شمارش n ام و Yn تعداد روز از ابتدای کشت تا زمان شمارش n ام است.

پس از گذشت ۱۴ روز از شروع کشت طول ریشه‌چه و ساقه‌چه‌های کلیه بذور جوانه زده با خط کش اندازه گیری و سپس توسط ترازو وزن تر آن‌ها بطور جداگانه محاسبه شد. سپس ریشه‌چه و ساقه‌چه ها به مدت ۴۸ ساعت درون آون در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد و درنهایت وزن آن‌ها اندازه گیری و به عنوان وزن خشک ثبت گردید. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS (۳۶) و مقایسه میانگین ها داده ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

تنش خشکی

نتایج نشان داد که تیمارهای خشکی از نظر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه با هم اختلاف معنی داری داشتند ($p<۰/۰۵$) (جدول ۱).

درصد و سرعت جوانه‌زنی با کاهش پتانسیل اسمزی روند کاهشی و مشابهی را نشان دادند. سطح عدم تنش بیشترین جوانه‌زنی (۶۲ درصد) و سرعت جوانه‌زنی (۴/۳۲ در روز) را دارا بود. سرعت و درصد جوانه‌زنی در سطوح ۰، ۲- و ۴- بار تفاوت معنی داری با هم نداشتند و از سطح تنش ۶- بار به بعد کاهش معنی داری در درصد و سرعت جوانه‌زنی مشاهده شد به طوری که سطح ۶- بار نسبت به تیمار شاهد ۸۰ درصد کاهش جوانه‌زنی و ۸۸ درصد کاهش سرعت جوانه‌زنی را نشان دادند (جدول ۲).

دشتی و همکاران (۶) با مطالعهٔ تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی و شوری بر روی بذور گل ختمی‌به کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی با افزایش سطوح خشکی اشاره کردند. علاوه بر این سایر محققان (۱، ۳، ۱۳ و ۱۵) نیز با بررسی تأثیر سطوح مختلف خشکی به کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی اشاره کردند. با توجه به اینکه آب یکی از عوامل اصلی فعال کننده جوانه‌زنی است و قابلیت دسترسی به آب با کاهش پتانسیل اسمزی کاهش می‌یابد، پتانسیل آب محیط تأثیر مستقیمی‌بر سرعت جذب آب و در نتیجه جوانه‌زنی گیاه دارد (۱۴). در مطالعاتی که توسط کرامر و همکاران (۲۲) انجام گرفت کاهش جوانه‌زنی تحت تأثیر تنش خشکی به کاهش رطوبت سلول و تأثیر آن بر ساخت پروتئین ها و ترشح هورمون ها نسبت داده شد. بطور کلی بدلیل کاهش پتانسیل آب سلول‌های در حال رشد درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد.

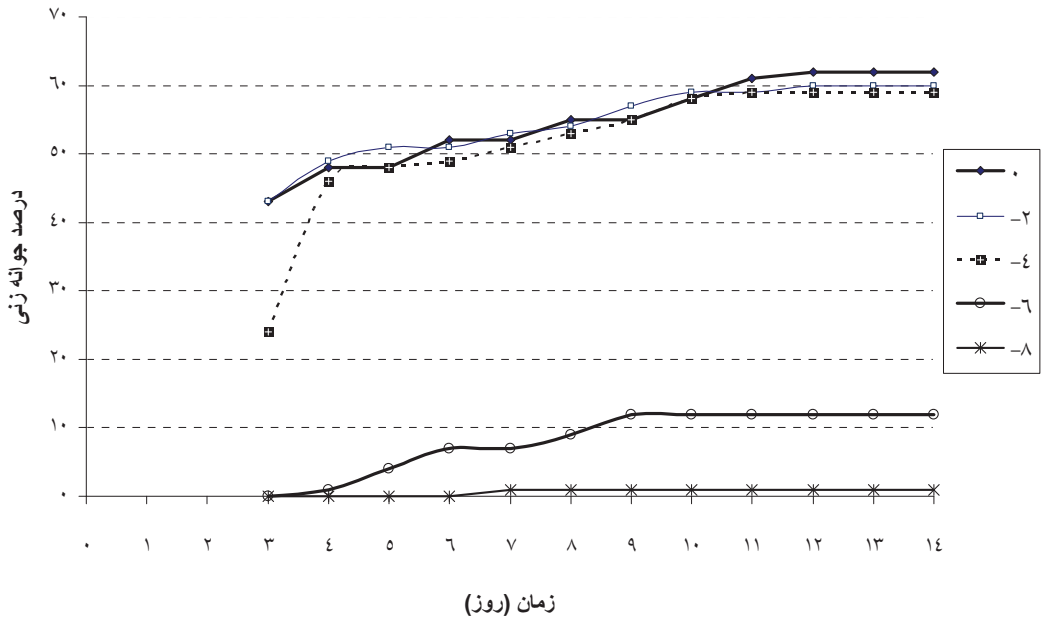
طول ریشه‌چه و ساقه‌چه نیز با افزایش سطح تنش خشکی کاهش یافتند، بیشترین و کمترین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه به ترتیب مربوط به تیمار شاهد و ۸- بار بود. تیمارهای ۰، ۲- و ۴- بار از لحاظ طول ریشه‌چه و تیمارهای ۰ و ۲- بار از لحاظ طول ساقه‌چه تفاوت معنی داری با هم نداشتند. میزان کاهش طول ریشه‌چه از پتانسیل اسمزی صفر به ۸- بار برابر ۲۲/۲۸ میلی متر بود، در حالی که طول ساقه‌چه در تیمار ۸- بار نسبت به تیمار شاهد ۱۰۰ درصد کاهش نشان داد (جدول ۲). طول ساقه‌چه در عکس العمل به تنش خشکی نسبت به سایر خصوصیات اندازه گیری شده از حساسیت بیشتری برخوردار بود.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات جوانه‌زنی مربوط به تأثیر سطوح مختلف خشکی در گیاه گل ختمی

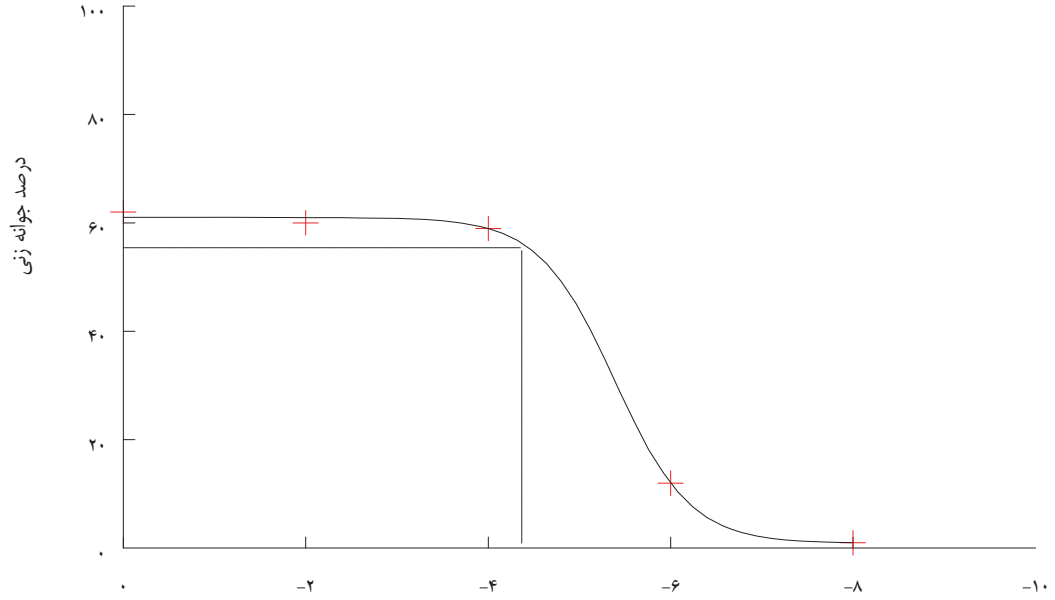
منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن تر ریشه‌چه	وزن تر ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه
تیمار	۴	۳۲۷۱/۶۴**	۱۵/۲۳**	۲۹۰/۷۷**	۶۱۲/۴۷**	۰/۱۵**	۲۱/۳۳**	۱/۷۱**	۰/۰۵*
خطا	۱۵	۳۴/۴۳	۰/۱۳	۱۶/۷۰	۶/۰۰	۰/۰۲۵	۱/۱۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

* معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد



شکل ۱- درصد جوانه‌زنی گیاه گل ختمی‌در تیمارهای مختلف خشکی با گذشت زمان



Y10%= 6.5 X10%= -6.15
a1 0.000335
a0 -0.004181

شکل ۲- درصد جوانه‌زنی گیاه گل ختمی در تیمارهای مختلف خشکی با گذشت زمان

مطابق با نتایج این آزمایش حسنی (۳) نیز با مطالعهٔ سطوح تنش آبی بر گیاه دارویی ریحان عنوان داشت که ریشه‌چه ها نسبت به شرایط تنش خشکی کمتر از ساقه‌چه ها تحت تأثیر قرار گرفتند. حسینی و رضوانی مقدم (۴) و گواهی و همکاران (۱۵) با بررسی اثر سطوح تنش خشکی و شوری به کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه اشاره کردند که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. در واقع با

افزایش تنش خشکی، آب قابل دسترس بذور جهت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد و در نتیجه با کاهش سرعت فعالیت‌های متابولیکی طول ریشه‌چه کاهش می‌یابد (۲۷). کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در شرایط تنش خشکی امری طبیعی بوده و عدم انتقال یا کاهش مواد غذایی از بافت‌های ذخیره ای بذر به جنین می‌تواند یکی از علل آن باشد.

جدول ۲- مقایسات میانگین خصوصیات جوانه‌زنی گیاه گل ختمی تحت تأثیر سطوح مختلف خشکی

تیمارهای خشکی (بار)	سرعت جوانه‌زنی (تعداد در روز)	طول ریشه‌چه (میلی متر)	طول ساقه‌چه (میلی متر)	وزن تر ریشه‌چه (میلی‌گرم در گیاهچه)	وزن تر ساقه‌چه (میلی‌گرم در گیاهچه)	وزن خشک ریشه‌چه (میلی‌گرم در گیاهچه)	وزن خشک ساقه‌چه (میلی‌گرم در گیاهچه)
۰	۴/۳۲^{a}	۲۲/۷۸^{a}	۲۹/۸۳^{a}	۰/۵۱^{a}	۵/۱۷^{a}	۰/۰۵^{a}	۰/۳۲^{a}
-۲	۴/۳۱^{a}	۱۷/۷۲^{ab}	۲۸/۰۶^{a}	۰/۴۵^{a}	۵/۸۱^{a}	۰/۰۴^{a}	۰/۲۲^{a}
-۴	۳/۸۰^{a}	۱۸/۴۷^{ab}	۲۱/۲۰^{b}	۰/۴۲^{a}	۳/۳۷^{b}	۰/۰۳^{a}	۰/۱۸^{a}
-۶	۰/۴۸^{b}	۱۵/۶۷^{b}	۱۱/۹۰^{c}	۰/۲۵^{b}	۲/۵^{b}	۰/۰۳^{a}	۰/۲۵^{a}
-۸	۰/۰۳^{c}	۰/۵۰^{c}	۰/۰۰^{d}	۰/۰۲^{c}	۰/۰۰^{c}	۰/۰۰^{b}	۰/۰۰^{b}

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری اختلاف معنی داری ندارند ($p<۰/۰۵$).

از لحاظ وزن تر ریشه‌چه سطوح ۰، ۲- و ۴- بار اختلاف معنی داری با هم نداشتند. میزان کاهش وزن تر ریشه‌چه از شاهد تا سطوح تنش ۶- و ۸- بار به ترتیب برابر ۰/۲۶ و ۰/۴۹ میلی‌گرم در گیاهچه بود. بیشترین وزن تر ساقه‌چه به سطح تنش ۲- بار برابر با ۵/۸۱ میلی‌گرم در گیاهچه مربوط بود که نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی داری نداشت. دو سطح تنش ۴- و ۶- بار با اختلاف ۰/۸۷ میلی‌گرم در گیاهچه اختلاف معنی داری با هم داشتند. همچنین با توجه به اینکه در پتانسیل اسمزی ۸- بار ساقه‌چه ای تولید نشد وزن تر آن کمترین میزان را داشت (صفر میلی‌گرم در گیاهچه) (جدول۲). حسنی (۳) نشان داد که با کاهش پتانسیل آب از صفر تا ۰/۴۱- مگاپاسکال وزن تر ریشه چه و ساقه‌چه کاهش یافت.

وزن خشک ریشه و ساقه‌چه نیز با کاهش پتانسیل آب کاهش یافتند. تیمار شاهد به ترتیب با ۰/۰۵ و ۰/۳۲ میلی‌گرم در گیاهچه بیشترین وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه را داشت که با سطوح تنش ۲-، ۴- و ۶- از اختلاف معنی داری برخوردار نبود. همچنین کمترین وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه به پتانسیل اسمزی ۸- بار (صفر میلی‌گرم در گیاهچه) مربوط بود (جدول ۲). گواهی و همکاران (۱۵) نیز با بررسی تأثیر شوری و خشکی بر روی جوانه‌زنی بذر گیاه دارویی سیاه دانه گزارش کردند که افزایش تنش خشکی باعث کاهش وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه شد.

نتایج ضرایب همبستگی نشان داد که تمامی‌خصوصیات جوانه‌زنی مورد مطالعه تحت تأثیر تنش خشکی از همبستگی مثبت و معنی داری با یکدیگر برخوردار بودند، بیشترین همبستگی بین سرعت جوانه‌زنی با درصد جوانه‌زنی (۰/۹۸**) بود (جدول ۳). با افزایش سرعت جوانه‌زنی تعداد بذور جوانه زده در یک زمان مشخص افزایش یافت، بنابراین اگر در تیماری سرعت جوانه‌زنی افزایش یابد می‌توان عنوان داشت که بذور بیشتری جوانه زده و در نهایت درصد جوانه‌زنی افزایش می‌یابد.

جدول ۳- مقادیر ضرایب همبستگی بین صفات مرتبط با سطوح مختلف خشکی در گیاه گل ختمی

خصوصیات جوانه‌زنی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن تر ریشه‌چه	وزن تر ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه
درصد جوانه زنی	۱							
سرعت جوانه زنی	۰/۹۸**	۱						
طول ریشه چه	۰/۶۹**	۰/۶۸**	۱					
طول ساقه‌چه	۰/۹۱**	۰/۹۲**	۰/۸۵**	۱				
وزن تر ریشه‌چه	۰/۵۳**	۰/۵۱**	۰/۷۹**	۰/۷۲**	۱			
وزن تر ساقه‌چه	۰/۸۱**	۰/۸۳**	۰/۸۰**	۰/۹۳**	۰/۶۸**	۱		
وزن خشک ریشه چه	۰/۵۱*	۰/۵۳**	۰/۷۸**	۰/۷۳**	۰/۹۲**	۰/۷۴**	۱	
وزن خشک ساقه‌چه	۰/۴۹*	۰/۵۵**	۰/۷۰**	۰/۷۱**	۰/۷۴**	۰/۶۶**	۰/۶۹**	۱

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

تنش شوری

نتایج نشان داد که اثر تیمارهای مختلف شوری همانند سطوح مختلف خشکی بر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه بذر گل ختمی‌معنی دار بود ($p<۰/۰۵$) (جدول ۴).

درصد جوانه‌زنی با کاهش پتانسیل آب روند کاهشی نشان داد به طوری که با کاهش پتانسیل اسمزی درصد جوانه‌زنی از ۵۸ درصد در تیمار شاهد به شش درصد در تیمار شوری ۱۰- بار رسید. میزان کاهش درصد جوانه‌زنی از پتانسیل اسمزی صفر به ۱۰- بار برابر با ۵۲ درصد بود. سطوح تنش ۰ و ۲- بار تفاوت معنی داری ($p<۰/۰۵$) از نظر درصد جوانه‌زنی نداشتند. همچنین سطوح تنش ۴-، ۶- و ۸- بار به ترتیب نسبت به تیمار شاهد ۳۹، ۶۳ و ۸۲ درصد کاهش جوانه‌زنی نشان دادند (جدول ۴). قنواتی و همکاران (۱۳) و گواهی و همکاران (۱۵) نیز کاهش درصد جوانه‌زنی با افزایش سطوح تنش شوری را گزارش کرده اند که با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت داشت. همچنین پولجاکوف و همکاران (۳۳) کاهش جوانه‌زنی بذر تحت تنش شوری را به دلیل تأثیر مستقیم کلرور سدیم بر روی رشد جنین گزارش کردند. شوری با کاهش پتانسیل آب از طریق اثرات سمی یون هایی مثل سدیم و کلر جوانه‌زنی بذور را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۳۴، ۳۸ و ۳۹).

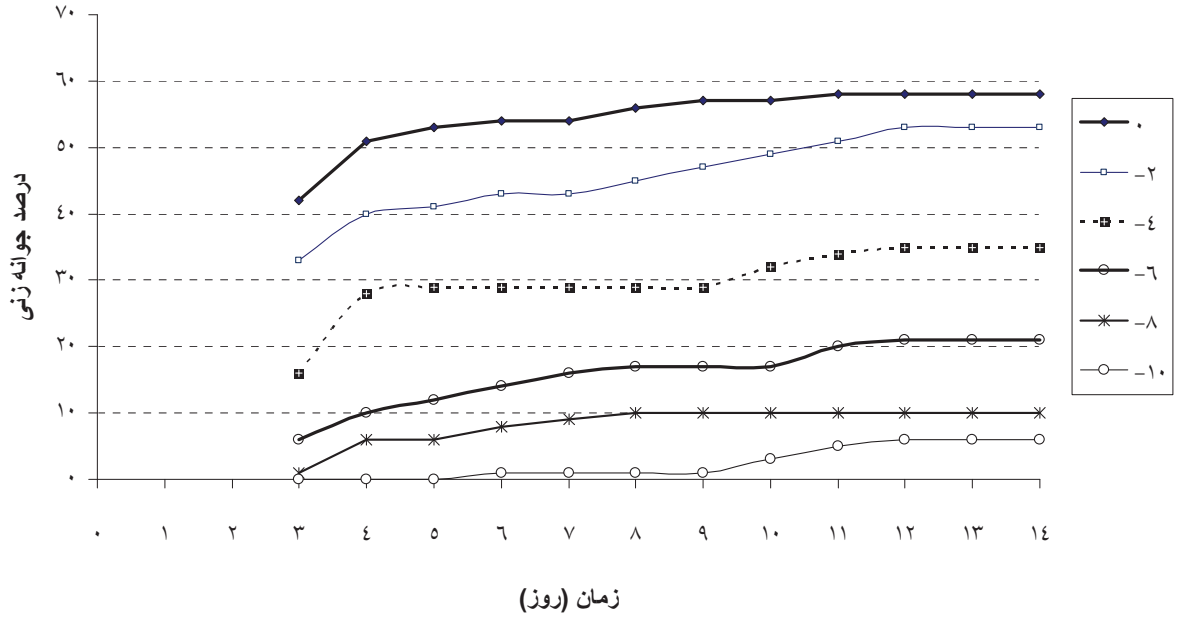
سرعت جوانه‌زنی با کاهش پتاسیل شوری نسبت به درصد جوانه‌زنی از روند تغییرات شدیدتری برخوردار بود. به طوری که تیمار شاهد با بیشترین سرعت جوانه‌زنی (۴/۳۱ در روز) با سایر تیمارها اختلاف معنی داری نشان داد. کمترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به سطح تنش ۱۰- بار بود که نسبت به تیمار شاهد ۹۶ درصد کاهش داشت (جدول ۵).

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات جوانه‌زنی مربوط به تأثیر سطوح مختلف شوری در گیاه گل ختمی

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن تر ریشه‌چه	وزن تر ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه
تیمار	۵	۱۹۱۴/۸۰**	۱۱/۳۶**	۳۲۴/۰۰**	۶۵۶/۸۰**	۰/۰۷**	۶۵/۸۴**	۲/۰۹**	۰/۱۳**
خطا	۱۸	۴۵/۵۵	۰/۱۷	۲/۲۰	۸/۷۹	۰/۰۰۰۲	۵/۳۱	۰/۰۱	۰/۰۲

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

* معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد



شکل ۳- درصد جوانه‌زنی گیاه گل ختمی‌در تیمارهای مختلف شوری با گذشت زمان

جدول ۵- مقایسات میانگین خصوصیات جوانه‌زنی گیاه گل ختمی‌تحت تأثیر سطوح مختلف شوری

تیمارهای شوری (بار)	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی (تعداد در روز)	طول ریشه‌چه (میلی متر)	طول ساقه‌چه (میلی متر)	وزن تر ریشه‌چه (میلی‌گرم در گیاهچه)	وزن تر ساقه‌چه (میلی‌گرم در گیاهچه)	وزن خشک ریشه‌چه (میلی‌گرم در گیاهچه)	وزن خشک ساقه‌چه (میلی‌گرم در گیاهچه)
۰	۵۸^{a}	۴/۳۱^{a}	۲۵/۴۷^{a}	۳۱/۷۵^{a}	۰/۴۹^{a}	۶/۴۴^{a}	۰/۰۴^{a}	۰/۳۷^{a}
-۲	۵۳^{a}	۳/۵۷^{b}	۱۹/۶۲^{b}	۳۳/۸۴^{a}	۰/۴۶^{a}	۷/۰۵^{a}	۰/۰۴^{a}	۰/۴۵^{a}
-۴	۳۵^{b}	۲/۲۷^{c}	۱۶/۲۸^{c}	۳۲/۲۰^{a}	۰/۲۴^{b}	۶/۰۰^{a}	۰/۰۳^{a}	۰/۳۸^{a}
-۶	۲۱^{c}	۱/۱۲^{d}	۱۰/۸۲^{d}	۲۱/۹۷^{b}	۰/۲۰^{b}	۴/۷۵^{b}	۰/۰۲^{a}	۰/۲۶^{a}
-۸	۱۰^{d}	۰/۵۴^{de}	۴/۴۱^{e}	۱۷/۴۳c	۰/۱۵^{c}	۴/۲۷^{b}	۰/۰۲^{a}	۰/۳۱^{a}
-۱۰	۶^{d}	۰/۱۵^{e}	۲/۲۰^{f}	۰/۴۱^{d}	۰/۰۵^{d}	۰/۰۸^{c}	۰/۰۰^{b}	۰/۰۰^{b}

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری اختلاف معنی داری ندارند (p<۰/۰۵).

دشتی و همکاران (۶) با بررسی تأثیر تنش آبی و شوری بر جوانه‌زنی گل ختمی‌به نتایج مشابهی دست یافتند، به طوری که با افزایش شوری درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش پیدا کردند. دوازده امامی(۷) با بررسی تأثیر شوری بر روی بابونه، اسفرزه، روناس، مریم گلی، بادرنجبویه، رازیانه، انیسون، زنیان، گاوزبان و زوفا گزارش کرد که افزایش شوری آب درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور را کاهش داد و روند کاهشی سرعت جوانه‌زنی در اثر افزایش شوری شدیدتر از کاهش درصد جوانه‌زنی بود، به طوری که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. همچنین خمری و همکاران (۵) در مورد چای ترش، سنای هندی، زوفا، ریحان و کنگر فرنگی و حسینی و رضوانی مقدم (۴) در بررسی اسفرزه گزارش کردند که سطوح مختلف شوری، سرعت جوانه‌زنی را کاهش داد. تنش شوری از طریق کاهش سرعت جذب آب در نتیجه ی اثر اسمزی و یا افزایش خروج یون ها با تغییر فعالیت‌های هورمونی و آنزیمی، سرعت جوانه‌زنی بذور را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲۵).

با افزایش شدت تنش شوری طول ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش یافتند، به طوری که این روند کاهشی در مورد طول ریشه‌چه نسبت به طول ساقه‌چه بیشتر محسوس بود. تمام سطوح تنش از لحاظ طول ریشه‌چه با هم اختلاف معنی داری داشتند (p<۰/۰۵). بیشترین طول ریشه مربوط به تیمار شاهد و کمترین آن مربوط به تیمار ۱۰- بار بود که نسبت به شاهد ۹۱ درصد کاهش نشان داد. از لحاظ طول ساقه‌چه بین سطوح ۰، ۲- و ۴- بار اختلاف معنی داری مشاهده نشد و سطح تنش ۲- بار بیشترین طول ساقه‌چه را داشت (۳۳/۸۴ میلی متر) (جدول ۵). کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در اثر افزایش تنش شوری توسط سایر محققان (۴، ۱۵ و ۱۹) نیز گزارش شد. بطور معمول کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در محلول کلرور سدیم بدلیل سمیت یون ها و اثر منفی آن‌ها بر غشای سلول است (۸). تنش شوری با کاهش جذب آب و با ایجاد اختلال در ترشح آنزیم‌هایی از جمله آمیلاز و لیپاز مانع از تجزیه مواد اندوخته بذر شده و در نتیجه انرژی لازم جهت خروج ریشه‌چه و ساقه‌چه ها و رشد آن‌ها فراهم نمی‌شود (۳۱).

وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه نیز تحت تأثیر افزایش تنش شوری قرار گرفتند و کاهش معنی داری نشان دادند (p<۰/۰۵). وزن تر ریشه‌چه در سطوح ۰ و ۲- بار و وزن تر ساقه‌چه در سطوح تنش ۰، ۲- و ۴- بار اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشتند. بیشترین وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه به ترتیب مربوط به تیمارهای صفر و ۲- بار بودند. میزان کاهش وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه از شاهد تا پتانسیل ۱۰- بار به ترتیب برابر ۰/۴۴ و ۶/۳۶ میلی‌گرم در گیاهچه بود (جدول ۵). مطابق با نتایج این آزمایش رضایی و علی نژاد (۹) نیز با بررسی اثر سطوح شوری صفر، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر نمک طعام بر جوانه‌زنی زیره سبز نشان دادند که وزن تر گیاهچه با افزایش سطوح مختلف شوری کاهش یافت.

با افزایش تنش شوری از وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه نیز کاسته شد. بجز سطح تنش ۱۰- بار که کمترین وزن خشک ریشه‌چه (صفر میلی‌گرم در گیاهچه) را داشت، سایر سطوح تنش اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشتند. از لحاظ وزن خشک ساقه‌چه نیز تا سطح ۶- بار اختلاف معنی داری مشاهده نشد. سطوح تنش ۲- و ۱۰- بار به ترتیب بیشترین و کمترین وزن خشک ساقه‌چه را داشتند (جدول ۵). کاهش وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه با افزایش تنش خشکی امر طبیعی بوده که توسط رضایی و علی نژاد (۹) و گواهی و همکاران (۱۵) نیز گزارش شد.

نتایج ضرایب همبستگی نشان داد که بین خصوصیات اندازه گیری شده همبستگی مثبت و معنی داری وجود داشت (p<۰/۰۵). بین سرعت جوانه‌زنی با درصد جوانه‌زنی بیشترین همبستگی وجود داشت (۰/۹۹**) (جدول ۶). به طوری که با افزایش سرعت جوانه‌زنی، درصد بذور جوانه زده در طی یک زمان مشخص، افزایش یافت.

جدول ٦- مقادیر ضرایب همبستگی بین صفات مرتبط با سطوح مختلف شوری در گیاه گل ختمی

خصوصیات جوانه‌زنی	درصد جوانه زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه چه	طول ساقه‌چه	وزن تر ریشه‌چه	وزن تر ساقه‌چه	وزن خشک ریشه چه	وزن خشک ساقه‌چه
درصد جوانه زنی	۱							
سرعت جوانه زنی	۰/۹۹**	۱						
طول ریشه چه	۰/۹۴**	۰/۹۵**	۱					
طول ساقه‌چه	۰/۷۸**	۰/۷۷**	۰/۸۵**	۱				
وزن تر ریشه چه	۰/۷۷**	۰/۷۳**	۰/۸۲**	۰/۷۸**	۱			
وزن تر ساقه‌چه	۰/۶۴**	۰/۵۹**	۰/۷۸**	۰/۶۶**	۰/۴۹*	۱		
وزن خشک ریشه چه	۰/۵۰*	۰/۵۹**	۰/۵۷**	۰/۷۲**	۰/۷۱**	۰/۶۶**	۱	
وزن خشک ساقه‌چه	۰/۵۷**	۰/۵۵**	۰/۶۲**	۰/۶۱**	۰/۵۱**	۰/۶۷**	۰/۵۰*	۱

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

با توجه به نتایج حاصل از دو آزمایش و عدم جوانه‌زنی بذور در پتانسیل‌های ۱۰- بار تنش خشکی و ۱۲- بار تنش شوری، بذور گل ختمی‌نسبت به سطوح تنش خشکی و شوری از مقاومت پایینی برخوردار بودند. همچنین بذور گل ختمی‌تا حدودی نسبت به تنش شوری مقاومت بالاتری نشان داد، به طوری که بذور تا ۱۰- بار تنش شوری قادر به جوانه‌زنی بودند، ولی در مورد تنش خشکی بذرها تن‌ها تا سطح ۸- بار جوانه زدند. دشتی و همکاران (۶) نیز مطابق با نتایج این آزمایش با بررسی سطوح خشکی و شوری بر روی جوانه‌زنی بذور گل ختمی‌گزارش کردند که تن‌ها تا پتانسیل اسمزی ۵- بار تنش خشکی بذور جوانه زدند و همچنین درصد جوانه‌زنی تا غلظت ۲۰۰ میلی مولار کلرید سدیم با شاهد در سطح یک درصد تفاوت معنی داری را نشان نداد و به عدم جوانه‌زنی بذور در۳۵۰ میلی مولار کلرور سدیم اشاره کردند که نشان از مقاومت پایین گل ختمی‌به خشکی وشوری بود. درصد جوانه‌زنی در پتانسیل‌های اسمزی ۲- و ۴- بار در تنش شوری در مقایسه با تنش خشکی بیشتر کاهش یافت، در حالی که در سطوح بالاتر تنش (۶- و ۸- بار) کاهش درصد جوانه‌زنی بیشتر در تنش خشکی محسوس بود، به طوری که در سطح تنش ۶- بار پتانسیل اسمزی درصد جوانه‌زنی در تنش خشکی ۶۳ درصد و در تنش شوری ۸۰ درصد کاهش یافت (جدول ۳ و ۴). با توجه به گزارش موجود (۶) و نتایج این تحقیق که حاکی از کاهش ۹۸ و ۸۰ درصدی جوانه‌زنی به ترتیب در پتانسیل‌های اسمزی ۸- و ۶- بار تنش خشکی بود و همچنین مقاومت پایین بذور به تنش شوری، پتانسیل اسمزی صفر تا ۵- بار می‌تواند به عنوان مطلوب ترین شرایط به منظور جوانه‌زنی بذور گل ختمی‌باشد. مطابق با یافته‌های فوق برومند رضا زاده و کوچکی (۱) و حسینی و رضوانی مقدم (۴) نیز با مطالعه تأثیر تنش خشکی و شوری اظهار داشتند که تنش خشکی نسبت به تنش شوری تاثیر منفی شدیدتری بر سرعت و درصد جوانه‌زنی داشت.

سرعت جوانه زنی بذور در شرایط تنش خشکی در سطوح اولیه تنش (۰، ۲- و ۴- بار) نسبت به تنش شوری بیشتر کاهش داشت، در حالی که در پتانسیل‌های اسمزی (۶- و ۸- بار) تنش شوری کاهش بیشتری در سرعت جوانه‌زنی نشان داد. تاثیر بیشتر تنش خشکی در کاهش درصد و سرعت جوانه زنی بذور نسبت به تنش شوری در پتانسیل‌های مشابه توسط اکچو و همکاران (۳۲) با بررسی بذور نخود فرنگی و اشرف و ابوشاکرا (۲۰) با بررسی بذور گندم نیز گزارش شد که با نتیجه حاصل از این آزمایش مطابقت داشت.

طول ریشه‌چه در شرایط تنش شوری نسبت به تنش خشکی از شاهد تا سطح ۶- بار بیشتر تحت تأثیر قرار گرفت، در حالی که در پتانسیل اسمزی ۸- بار کاهش طول ریشه‌چه در شرایط تنش خشکی بیشتر از تنش شوری بود. در پتانسیل اسمزی ۶- بار طول ریشه‌چه به ترتیب در تنش خشکی و شوری ۱۸ و ۵۷ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافتند (جدول ۳و ۴). که علت آن می‌تواند بدلیل ایجاد تنش یونی علاوه بر تنش اسمزی در تیمار شوری باشد (۸).

طول ساقه‌چه بر خلاف طول ریشه‌چه در تنش خشکی نسبت به تنش شوری بیشتر تحت تأثیر قرار گرفت، به طوری که در پتانسیل اسمزی ۸- بار در تیمار خشکی ساقه‌چه ای ایجاد نشد، در حالی که در مورد تنش شوری بذور تا ۱۰- بار تولید ساقه‌چه داشتند (جدول ۳و ۴). برومند رضا زاده و کوچکی (۱) گزارش کردند که طول ریشه چه و طول ساقه‌چه در شرایط تنش شوری کاهش بیشتری از خود نشان دادند، به طوری که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. کاهش اجزای جوانه‌زنی مورد مطالعه را می توان به کاهش سرعت و میزان جذب اولیه آب و نیز اثرات منفی پتانسیل‌های اسمزی پایین و سمیت یون‌های Na^+ و Cl^- بر فرایندهای بیوشیمیایی مراحل کاتوبولیک و آنابولیک جوانه زنی نسبت داد (۲۹ و ۳۰).

منابع

۱- برومندرضازاده، ز. و ع. کوچکی. ۱۳۸۴. بررسی واکنش جوانه زنی بذر زنیان، رازیانه و شوید به پتانسیل های اسمزی و ماتریک ناشی از کلرید سدیم و پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ در دماهای مختلف، مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ج ۳، ص ۲۱۷-۲۰۷.

۲- توکلی صابری، م. و م. صداقت. ۱۳۶۶. گیاهان دارویی. ترجمه. نشر روز بهان تهران. ص ۹۴.

۳- حسنی، ع. ۱۳۸۴. اثر تنش آبی ناشی از پلی اتیلن گلایکول بر خصوصیات جوانه زنی بذر گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*). تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ش ۲۱، ص ۵۴۳-۵۳۵.

۴- حسینی، ح. و پ. رضوانی مقدم. ۱۳۸۵. اثر تنش خشکی و شوری بر جوانه‌زنی اسفرزه(*Plantago ovata*). مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ج ۴، ص ۲۲-۱۵.

۵- خمری، ع.، ش. ا. سارانی، و م. دهمرده. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر شوری بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه در شش گونه گیاه دارویی. فصلنامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ج۲۳، ص ۳۳۹-۳۳۱.

۶- دشتی، م.، م. شیردل. و ح. ظریف کتابی. ۱۳۸۶. تأثیر تنش آبی و شوری بر جوانه‌زنی و خصوصیات رشد گیاهچه گیاه دارویی گل ختمی. سومین همایش گیاهان دارویی، دانشگاه شاهد، ص ۲۰۶.

۷- دوازده امامی، س. ۱۳۸۱. اثر تنش شوری و سرما بر خصوصیات جوانه‌زنی گیاه دارویی بابونه، خلاصه مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، ص ۵۷۲.

۸- رحیمیان مشهدی، ح.، ع. باقری کاظم آباد، و ا. پاریاب. ۱۳۷۰. اثر پتانسیل‌های مختلف حاصل از پلی اتیلن گلایکول و کلرور سدیم توام با درجه حرارت بر جوانه‌زنی توده‌های گندم دیم. مجله علوم و صنایع کشاورزی، ج۵، ص۴۲-۳۷.

۹- رضایی، م. و علی نژاد، ط. ۱۳۸۳. بررسی تأثیر شوری بر جوانه‌زنی زیره سبز. مجموعه چکیده مقالات اولین همایش ملی زیره سبز. ص ۸۵-۸۴.

۱۰- زرگری، ع. ۱۳۷۵.گیاهان دارویی. جلد سوم. چاپ پنجم. موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران. ص ۵۰۱-۵۰۰.

۱۱- زمان، س. ۱۳۷۹. گیاهان دارویی: روش‌های کشت، برداشت و شرح مصور رنگی ۲۵۶ گیاه. ترجمه. انتشارات ققنوس. تهران. ص.۱۰۲

۱۲- سعیدیان، ف. ۱۳۷۵. بررسی مقاومت به خشکی و کارایی مصرف آب در دو گونه مرتعی. پایان نامه کارشناسی ارشد مرتعداری. دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تهران.

۱۳- قنواتی، م.، س. هوشمند، و ح. زینعلی. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری بر جوانه‌زنی دو گیاه بابونه، خلاصه مقلات نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، ص ۵۹۷.

۱۴- کوچکی، ع.، م. راشد محصل، م. نصیری، و م. صدر آبادی. ۱۳۶۷. مبانی فیزیولوژی رشد و نمو گیاهان زراعی. انتشارات آستان قدس رضوی. ص ۱۲۱-۷۵.

۱۵- گواهی، م.، م. صفاری، غ. صفاری. و ا. شجیع. ۱۳۸۵. بررسی تنش خشکی و شوری بر روی جوانه‌زنی بذر گیاه دارویی سیاه دانه، خلاصه مقالات نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاع نباتات ایران، ص ۵۹۸.

۱۶- لباسچی، م. و ا. شریفی عاشورآبادی. ۱۳۸۳. شاخص‌های رشد برخی گونه‌های گیاهان دارویی در شرایط تنش خشکی. فصلنامه پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ج ۲۰، ص ۲۶۱-۲۴۹.

۱۷- مقتولی، م. م. ر. و چایی چی، ۱۳۷۸. بررسی اثر شوری و نوع نمک بر جوانه‌زنی و رشد اولیه سورگوم. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ج ۶، ص ۴۰-۳۳.

۱۸- هاشمی‌دزفولی، ا.، و م. آقاعلیخانی. ۱۳۷۸. خفتگی و رویش بذر. (ترجمه). دانشگاه شهید چمران اهواز

19- Akbari, G., S.A.M. Modarres Sanavy, and S. Yousefzadeh. 2007. Effect of auxin and salt stress (NaCl) on seed germination of wheat cultivars (*Triticum aestivum*). Pakistan Journal of Biological Sciences. 10: 2557- 2561.

20- Ashraf, C. M, and S. Abu-Shakra. 1978. Wheat seed germination under low temperature and moisture stress. Agronomy Journal. 70: 135-139.

21- Catalan, I., Z. Balzarini, E. Talesnik, R. Sereno, and U. Karlin. 1994. Effect of salinity on germination and seedling growth of *Prosopis flexuosa*. Forest Ecology and Management. 63: 347-357.

22- Cramer, G.R., E. Epstein, and A. Lauchli. 1991. Effect of sodium, potassium and calcium on salt – stressed barley. II. Element analysis. Physiology. Plantarum. 81:187-292.

23- Fougere, F., D.L. Rudulier, and J.G. Streeter. 1991. Effects of salt stress on amino acid, organic acid, and carbohydrate composition of roots bacteroids, and cytosol of alfalfa (*Medicago sativa*). Plant Physiology. 96: 1228-

1236.
24- Ghoulam, C, and K. Fares. 2001. Effect of salinity on seed germination and early seedling growth of sugar beet (*Beta vulgaris*). Seed Science and Technology. 29: 357-364.
25- Huang, J. and R.E. Redmann. 1995. Salt tolerance of *Hordeum* and *Brassica* species during germination and early seedling growth. Canadian Journal of Plant Science 75: 815-9.
26- Kermode, R. 1990. Regulatory mechanisms involved in the transition from seed development to germination. Critical Reviews in Plant Sciences. 9: 155- 188.
27- Krishramurthy, L., O. Ito, C. Johansen, and N.P. Saxsena. 1998. Length to weight ratio of chickpea roots under progressively reducing soil moisture conditions in a vertisol. Field Crops Research. 58: 177-185.
28- Michel, B.E, and M.R. Kaufman, 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology. 51: 914-916.
29- Misra, N, and U.N. Dwivedi. 1995. Carbohydrate metabolism during seed germination and seedling growth in green gram under saline stress. Plant Physiology. 33: 33-40.
30- Neto, N.B.M., S.M. Saturnino, D.C. Bomfim, and C.C. Custodio. 2004. Water stress induced by mannitol and sodium chloride in soybean cultivars. Brazilian Biology and Technology. 47: 521-529.
31- Niu, X., R.A. Bressan, P.M. Hasegawa, and J.M. Pardo. 1995. Ion homeostasis in NaCl stress environment. Plant Physiology. 109: 735- 742.
32- Okcu, G., M.D. Kaya, and M. Atak. 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum*). Turkian Journal of Agriculture and Forestry. 29: 237-242.
33- Poljakoff-mayber, A., G. F. Somers, E. Werker, and J. I. Gallagher. 1994. Seeds of *Kosteletzkya virginica* (Malvaceace), their structure, germination and salt tolerance. American Journal of Botany. 81: 54-59.
34- Pujol, J.A., J.F. Calvo, and L. Ramyrez-Dyaz. 2000. Recovery of germination in different osmotic conditions by four halophytes in Southeastern Spain. Annals of Botany. 85: 279-286.
35- Qureshi, A.S., M. Qadir, N. Heydari, H. Turral, and A. Javadi. 2007. A review of management strategies for salt-prone land and water resources in Iran. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. (IWMI Working Paper 125). pp: 30.
36- SAS Institute, 2000. The SAS System for Windows, Release 8.0. Statistical Analysis Systems Institute, Carry, NC.
37- Szaboles, I. 1994. Soils and salinization. In Handbook of plant and crop stress. CRC Press. Edition 2nd. pp: 1-12.
38- Tobe, K., X.M. Li, and K. Omasa. 2004. Effects of five different salts on seed germination and seedling growth of *Haloxylon ammodendron* (Chenopodiaceae). Seed Science Research. 14: 345-353.
39- Zhu, J. K. 2001. Plant salt tolerance. Trends in Plant Science. 6: 66-71.