نشریه علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۴۵، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۳ (ص۲۷۵-۲۶۵)

# بررسی خصوصیات جوانه‌زنی بذر گیاه دارویی گل سازویی (*Scrophularia striata*) تحت تنش‌های شوری و خشکی در دماهای مختلف

**بهرام کاروانی[1]، رضا توکل افشاری[2*]، ناصر مجنون حسینی[2] و سید امیر موسوی[3]**
۱. دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۲. استادان گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۳. گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
( تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۱۳ - تاریخ تصویب: ۹۳/۳/۱۰)

## چکیده

**جوانه‌زنی گیاهان از مراحل مهم در طول دورهٔ رشدی آنها است که اغلب تحت تأثیر تنش‌های محیطی به‌ویژه شوری و خشکی قرار می‌گیرد. در این راستا به‌منظور ارزیابی پاسخ خصوصیات جوانه‌زنی و سبز شدن گیاهچهٔ گل سازویی (*Scrophularia striata*) به تنش خشکی و شوری در دماهای مختلف، هفت آزمایش در آزمایشگاه بذر گروه زراعت دانشگاه تهران انجام گرفت. دماهای استفاده‌شده در این آزمایش هفت سطح دما شامل ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجهٔ سلسیوس بود. در هر دما برای ایجاد تنش شوری هفت سطح تنش شوری شامل صفر، ۲-، ۴-، ۶-، ۸-، ۱۰- و ۱۲- بار سدیم کلرید و برای تنش خشکی نیز هفت سطح تنش خشکی شامل صفر، ۲-، ۴-، ۶-، ۸-، ۱۰- و ۱۲- بار پلی‌اتیلن گلایکول اعمال شد. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که با افزایش تنش شوری و خشکی به‌طور معناداری از سرعت و درصد جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه کاسته شد. کمترین کاهش در خصوصیات جوانه‌زنی در هر دو تنش نسبت به شاهد در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس مشاهده شد. آستانهٔ کاهش معنادار در جوانه‌زنی ۸- بار در تنش خشکی و ۱۲- بار در تنش شوری در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس بود. دمای مطلوب برای جوانه‌زنی بذر این گیاه ۲۸/۶۹ درجهٔ سانتی‌گراد به‌دست آمد.**

**واژه‌های کلیدی:** تنش خشکی و شوری، جوانه‌زنی، دما، گل سازویی.

## مقدمه

گل سازویی با نام محلی تشنه‌داری گیاهی است خودرو، چندساله و از تیرهٔ گل میمون که در استان ایلام و مناطقی از استان خوزستان رشد می‌کند (Mozafarian, 1999). گل سازویی در اقلیم خشک معتدل تا نیمه‌مرطوب سرد و خاک با بافت شنی و شنی سیلتی می‌روید. گزارش شده که هر دو قسمت دانه و برگ گل سازویی حاوی عوامل ضد سرطان و افزایندهٔ رشد سلول‌ها هستند (Ardeshirylajimi *et al*., 2010). امید سبزواری و همکاران (۱۳۸۸) نتیجه گرفتند که عصارهٔ خام گل سازویی تأثیرات سمی ناشی از استامینوفن را کاهش می‌دهد و عمل حفاظتی ضد زخم کبد دارد. در غرب کشور به‌صورت سنتی از جوشانده و دم‌کردهٔ این گیاه برای درمان عفونت‌های سطحی و عمقی و فشار خون بالا استفاده می‌شود. بهناز شوهانی و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند که پماد گل سازویی اثر زیادی در بهبود زخم پوستی خرگوش دارد و احتمال می‌رود که اجزای مؤثر این گیاه موجب تحریک ساخت کلاژن و انقباض سریع‌تر زخم، رگ‌زایی، اتساع عروقی و همچنین کاهش التهاب، خونریزی و عدم زخم می‌شود.

خشکی و شوری از مهم‌ترین تنش‌های محیطی محدودکنندهٔ رشد در محصولات زراعی هستند. این تنش‌ها هم در اقلیم‌های مرطوب و هم در اقلیم‌های خشک وجود دارند (Szaboles, 1994). تنش خشکی بر

تلفن: ۰۹۱۵۱۸۲۶۲۰۹
E-mail: Tavakkol@ut.ac.ir

جنبه‌های مختلف رشد گیاه اثر می‌گذارد و موجب کاهش و به تأخیر افتادن جوانه‌زنی، کاهش رشد اندام‌های هوایی و کاهش تولید مادهٔ خشک می‌شود. حساس‌ترین مرحلهٔ زندگی گیاه، جوانه‌زنی است و موفقیت در گذراندن این دوره نقش مهمی در مراحل دیگر استقرار گیاه خواهد داشت (Saidian, 1996). تنش رطوبتی بسیاری از جنبه‌های متابولیسم و رشد را در گیاهان تحت تأثیر قرار می‌دهد (De & Kar, 1995). کاهش پتانسیل اسمزی و ماتریک سبب کاهش دسترسی بذر به رطوبت می‌شود. بنابراین پتانسیل آب محیط بر سرعت جذب آب و جوانه‌زنی بذر تأثیر مستقیم دارد (Rahimian Mashhadi *et al*., 1991). تنش شوری پس از خشکی، مهم‌ترین و متداول‌ترین تنش محیطی محصولات زراعی است و بیش از ۱۰۰ سال است که موضوع بسیاری از تحقیقات کشاورزی بوده است. از کل زمین‌های قابل کشت در ایران تنها حدود ۸/۱ میلیون هکتار فاریاب هستند. سیستم اصلی تولید محصول در ایران براساس کشاورزی فاریاب است و حدود ۵۰ درصد زمین‌ها تحت تأثیر انواع تأثیرات شوری خاک قرار دارند. اکثر مناطق زراعی در ایران مستعد شوری هستند و منابع خاکی و آبی مستعد شوری از موانع اصلی تولیدات کشاورزی به‌شمار می‌روند. تخمین زده شده که در مناطق شور موجود، میانگین کاهش عملکرد ممکن است به‌طور تقریبی به بیش از ۵۰ درصد برسد (Qureshi *et al*., 2007). به‌طور معمول بیشترین حساسیت به شوری در چرخهٔ زندگی گیاهان به هنگام جوانه‌زنی و در ابتدای رشد گیاهچه مشاهده می‌شود (Kermode, 1990). تنش شوری از طریق کاهش سرعت جذب آب یا افزایش خروج یون‌ها که ممکن است فعالیت‌های هورمونی و آنزیمی را تغییر دهد، جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Huang & Redman, 1995). بررسی تأثیرات خشکی و شوری بر سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی و همچنین رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه در بسیاری از گیاهان نشان داده است که تنش خشکی و شوری در مرحلهٔ جوانه‌زنی، آزمونی اطمینان‌بخش در ارزیابی تحمل به تنش در بسیاری از گونه‌ها است، به‌طوری‌که خشکی و شوری سبب کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی و همچنین کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌شوند (Ghoulam & Fares., 2001). در زمینهٔ تأثیر تنش خشکی و شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی انواع گیاهان دارویی پژوهش‌های متعددی صورت گرفته است. حسینی و رضوانی مقدم (Hosseini & Rezvanimoghadam., 2006) با بررسی بذر اسفرزه؛ برومندزاده و کوچکی (Bromandzadeh & Kocheki., 2005) با مطالعهٔ بذور زنیان، رازیانه و شوید؛ و گواهی و همکاران (Govahiet al., 2006) با تحقیق دربارهٔ بذور سیاهدانه تحت تأثیر تنش خشکی و شوری گزارش کردند که با افزایش این دو تنش به‌طور معناداری خصوصیات جوانه‌زنی کاهش یافتند. کوچکی و ظریف کتابی (Kocheki & Zarifketabi., 1996) در تحقیقی با عنوان «تعیین درجهٔ حرارت مطلوب جوانه‌زنی و بررسی تأثیرات شوری و خشکی بر چند گونهٔ مرتعی»، گزارش کردند که حداکثر مقدار جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و طول و تعداد ریشه‌چه در تیمار شاهد (آب مقطر) به‌دست‌آمد و با کاهش پتانسیل آب و شوری، مقدار و درصد جوانه‌زنی کاهش یافت. گل سازویی به‌لحاظ داشتن مواد مؤثر فراوان از مهم‌ترین گیاهان دارویی است که تا کنون دربارهٔ جوانه‌زنی بذر آن تحقیقی صورت نگرفته است. همچنین سازگاری به‌نسبت خوب این گیاه دارویی با وضعیت آب‌وهوایی ایران اهمیت زیادی دارد. بر این اساس بررسی مقاومت این گیاه به تنش‌های خشکی و شوری در مرحلهٔ جوانه‌زنی به‌منظور گسترش کشت‌وکار این گیاه ضروری است.

## مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی و مقایسهٔ تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی و شوری در دماهای مختلف بر جوانه‌زنی و خصوصیات گیاهچهٔ گیاه دارویی گل سازویی (*Scrophularia striata*) هفت آزمایش جداگانه در قالب طرح کاملاً تصادفی در هفت دمای متفاوت در شرایط آزمایشگاهی انجام گرفت. رژیم دمایی مورد استفاده شامل هفت سطح ( ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجهٔ سلسیوس) بود. در هر دما به‌منظور ایجاد تنش خشکی، هفت سطح پتانسیل خشکی (صفر، ۲-، ۴-، ۶-، ۸- ، ۱۰- ،۱۲- بار ) اعمال شد که بنابر دستورالعمل میچل و کافمن (Michel & Kaufman., 1973) با

استفاده از پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ اعمال شد و به‌منظور ایجاد تنش شوری هفت سطح پتانسیل شوری شامل صفر، ۲-، ۴-، ۶-، ۸- ، ۱۰- و ۱۲- بار اعمال شد که با استفاده از نمک کلروسدیم با مقادیر لازم تهیه شد (Poljakoff *et al* .,1994). همچنین برای ایجاد سطح تنش صفر بار (شاهد) در هر آزمایش از آب مقطر استفاده شد. برای مقایسه و ارزیابی تنش خشکی و شوری از پتانسیل‌های اسمزی یکسان استفاده شد. این آزمایش در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر گروه زراعت دانشگاه تهران انجام گرفت. ۵۰ عدد بذر به‌مدت ۳۰ ثانیه با محلول هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد ضدعفونی شده و پس از شست‌وشو با آب مقطر، بر روی کاغذ صافی در داخل ظروف پتری منتقل شدند. سپس برای تیمارهای خشکی و شوری مقادیر ۵ میلی‌لیتر محلول پلی‌اتیلن گلایکول و کلروسدیم به هر پتری دیش اضافه شد و به دمای مورد نظر در ژرمیناتور منتقل شدند.

بذرها روزانه بازبینی شده و تعداد بذرهایی که ریشه‌چهٔ آنها به اندازهٔ ۲ میلی‌متر قابل رؤیت بود به‌عنوان بذرهای جوانه‌زده شمارش شد. در روز آخر آزمایش (ثابت شدن جوانه‌زنی به‌مدت ۷۲ ساعت) نیز طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در ۱۰ گیاهچه اندازه‌گیری شده و براساس میانگین گزارش شد. درصد جوانه‌زنی کل (Gt) با استفاده از فرمول Gt= (n/N*100) محاسبه شد که در آن n: تعداد بذور جوانه‌زده (نرمال و غیرنرمال) در پایان آزمایش، و N : تعداد کل بذور است.

درصد جوانه‌زنی نرمال (Gn) نیز با همین روش محاسبه شد. سرعت جوانه‌زنی با استفاده از فرمول $\frac{1}{MG'}$ که $MGT= \frac{\sum(ni\times di)}{N}$ محاسبه شد (Ellis & Roberts, 1981). که در آن ni: تعداد بذور جوانه‌زده در پایان di و N: تعداد بذور جوانه‌زده در پایان آزمایش است. شاخص بنیه نیز با استفاده از فرمول $VI = \frac{L_s\times}{100}P_g$ محاسبه شد که در آن VI : شاخص بنیه، Ls : میانگین طول گیاهچه (mm) و Pg : درصد جوانه‌زنی کل در پایان آزمایش است (Abdul-Baki & Anderson, 1970). تجزیهٔ آماری داده‌های آزمایش و همچنین محاسبهٔ دماهای کاردینال با استفاده از نرم‌افزار آماری Sigmaplot صورت گرفت. مقایسهٔ کلیهٔ میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام گرفت و نمودارها با نرم‌افزار Excel رسم شدند.

## نتایج

نتایج این آزمایش به‌طور کلی نشان داد که با افزایش تنش خشکی و شوری در دماهای مختلف، کلیهٔ خصوصیات جوانه‌زنی شامل درصد جوانه‌زنی کل و نرمال، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و شاخص بنیه کاهش یافت و بذور این گونه نیز در همهٔ دماها مقاومت بیشتری در برابر تنش شوری نسبت به خشکی نشان دادند و شاخص‌های جوانه‌زنی در تنش شوری نسبت به تنش خشکی کمتر تحت تأثیر قرار گرفتند (شکل‌های ۲ تا ۴ و جدول ۱). پایین‌ترین سطح دمای تحت بررسی در این پژوهش ۵ درجهٔ سلسیوس بود که جوانه‌زنی در بذور شاهد در این دما ۸/۶۶ درصد بود. سطح تحمل بذور در تنش خشکی در این دما تا پتانسیل ۴- بار بود که حدود ۴ درصد جوانه‌زنی داشتند، اما بذور در تنش شوری مقاومت بیشتری نشان دادند و در پتانسیل ۶- بار شوری نیز ۵ درصد جوانه‌زنی داشتند. در این دما بذور در تنش خشکی در سطح ۶- بار و در تنش شوری در سطح ۸- بار کاهش ۱۰۰ درصدی جوانه‌زنی داشتند. سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و شاخص بنیه نیز به‌طور میانگین در تنش شوری بیشتر از تنش خشکی بود (شکل‌های ۲ تا ۴). همچنین اثر شوری و خشکی بر همهٔ شاخص‌های جوانه‌زنی در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۱). در این دما بین سطوح مختلف تنش خشکی از نظر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه تفاوت معناداری وجود داشت. از نظر درصد جوانه‌زنی تفاوت معناداری در سطح ۲- بار بین تنش شوری و خشکی وجود نداشت، اما در سطوح ۴- و ۶- بار تفاوت معنادار بود. از نظر سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه نیز در سطوح ۲-، ۴- و ۶- بار تفاوت بین تنش خشکی و شوری معنادار بود و این شاخص‌ها در تنش شوری بیشتر از خشکی بودند. در دمای ۱۰ درجه کلیهٔ شاخص‌های جوانه‌زنی در همهٔ سطوح تنش خشکی و شوری بهبود یافتند و تأثیرات شوری و خشکی بر آنها در

سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۱). در این دما از نظر درصد جوانه‌زنی در تنش خشکی کلیهٔ سطوح تنش تفاوت معناداری داشتند و در تنش شوری بین ۲- بار با شاهد تفاوت معنادار نبود. همچنین بذور در تنش خشکی در سطح ۸- بار و در تنش شوری در سطح ۱۰- بار کاهش ۱۰۰ درصدی در جوانه‌زنی داشتند (شکل ۲). بین سطوح مساوی تنش خشکی و شوری در سرعت جوانه‌زنی به‌جز در سطح ۸- بار تفاوت معناداری مشاهده نشد (شکل ۳)، اما از نظر شاخص بنیه بین سطوح مساوی تنش خشکی و شوری تفاوت معناداری وجود داشت (شکل ۴). در دمای ۱۵ درجهٔ سلسیوس نیز کلیهٔ صفات جوانه‌زنی تحت تأثیر تنش قرار گرفتند و ۵۸ درصد جوانه‌زنی در شرایط عدم تنش مشاهده شد. در این دما بین سطوح مختلف تنش خشکی و شوری تفاوت معناداری در درصد جوانه‌زنی وجود داشت، اما با مقایسهٔ سطوح مساوی تنش خشکی و شوری در سطح ۲- و ۴- بار عدم تفاوت و در سطح ۶- و ۸- بار تفاوت معناداری در درصد جوانه‌زنی و شاخص بنیه وجود داشت (شکل‌های ۲ و ۴).

جدول ۱. نتایج تجزیهٔ واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات جوانه‌زنی بذر گل سازویی تحت تیمار تنش شوری، خشکی و دماهای مختلف

| دما (C) | منابع تغییر | درجهٔ آزادی | جوانه‌زنی کل | جوانه‌زنی نرمال | سرعت جوانه‌زنی | طول ریشه‌چه | طول ساقه‌چه | شاخص بنیه |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۵ | تیمار (شوری و خشکی) | ۱۳ | ۴۱/۹۹** | ۳۳/۶۷** | ۰/۰۰۷۴** | ۵۵/۲۷** | ۱۲۷/۱۱** | ۵/۰۷** |
| | خطا | ۲۷ | ۰/۵۹ | ۰/۴۹ | ۰/۰۰۰۰۰۳ | ۰/۳۶ | ۰/۳۵ | ۱/۷۶ |
| | ضریب تغییرات | | ۲۲/۵۴ | ۲۴/۶۲ | ۳/۹۳ | ۱۵/۸۶ | ۱۰/۰۶ | ۱۹/۷۰ |
| ۱۰ | تیمار | ۱۳ | ۲۱۶/۱۲** | ۱۹۳/۴۷** | ۰/۰۰۷۱** | ۱۰۱/۷۳** | ۱۴۷/۵۱** | ۱۹/۱** |
| | خطا | ۲۷ | ۱/۲۳ | ۱/۴۲ | ۰/۰۰۰۲ | ۰/۴۷ | ۰/۶۱ | ۰/۱۶ |
| | ضریب تغییرات | | ۱۱/۶۲ | ۱۵/۲۱ | ۱۱/۲۵ | ۱۰/۴۲ | ۹/۴۶ | ۱۶/۹۰ |
| ۱۵ | تیمار | ۱۳ | ۱۳۲۵/۸۶** | ۱۲۰۹/۹۹** | ۰/۰۱۹** | ۱۱۰/۵۴** | ۲۲۸/۳۵** | ۱۷۸/۲۷** |
| | خطا | ۲۷ | ۱/۶۱ | ۱/۱۴ | ۰/۰۰۰۲۵ | ۰/۴۷ | ۱/۰۴ | ۰/۴۰ |
| | ضریب تغییرات | | ۵/۰۷ | ۵/۱ | ۲/۴۳ | ۸/۴۲ | ۸/۹۹ | ۸/۲۱ |
| ۲۰ | تیمار | ۱۳ | ۲۳۸۹/۷۱** | ۲۲۵۶/۲۹** | ۰/۰۷۵** | ۱۲۹/۶۷** | ۳۱۴/۳۸** | ۴۴۹/۲۲** |
| | خطا | ۲۷ | ۲/۱۹ | ۱/۵۲ | ۰/۰۰۰۳۲ | ۰/۵۴ | ۰/۹۵ | ۰/۴۸ |
| | ضریب تغییرات | | ۴/۶۳ | ۴/۴۳ | ۸/۷۱ | ۸/۴۲ | ۷/۴۵ | ۶/۲۳ |
| ۲۵ | تیمار | ۱۳ | ۳۳۹۱/۲۶** | ۳۲۱۹/۲۲** | ۰/۰۹۷** | ۱۵۵/۹۵** | ۳۴۹/۰۴** | ۷۲۷/۵۴** |
| | خطا | ۲۷ | ۱/۵۲ | ۱/۱۴ | ۰/۰۰۰۳۴ | ۱/۰۲ | ۰/۷۱ | ۰/۸۰ |
| | ضریب تغییرات | | ۳/۳۲ | ۳/۳۸ | ۷/۵۵ | ۱۰/۹ | ۶/۱۹ | ۶/۴۴ |
| ۳۰ | تیمار | ۱۳ | ۱۱۳۵/۸۰** | ۹۲۹/۶۷** | ۰/۰۸** | ۱۳۶/۸۴** | ۲۴۰/۱۹** | ۲۰۵/۵۱** |
| | خطا | ۲۷ | ۳/۰۶ | ۱/۶۷ | ۰/۰۰۰۴۴ | ۰/۸۱ | ۱/۸۲ | ۰/۵۳ |
| | ضریب تغییرات | | ۸/۱۵ | ۸/۰۲ | ۹/۲۵ | ۱۰/۲۸ | ۱۱/۴۲ | ۱۰/۱۳ |
| ۳۵ | تیمار | ۱۳ | ۲۰۸/۵۰** | ۱۶۷/۱۱** | ۰/۰۷۲** | ۱۱۱/۸۹** | ۲۲۹/۲۹** | ۳۱/۱۳** |
| | خطا | ۲۷ | ۰/۷۹ | ۰/۶۶ | ۰/۰۰۰۱۲ | ۰/۹۷ | ۳/۸۷ | ۰/۸۵ |
| | ضریب تغییرات | | ۱۱/۱۷ | ۱۳/۱۷ | ۶/۵۲ | ۱۵/۲۴ | ۲۰/۸۷ | ۲۲/۵۶ |

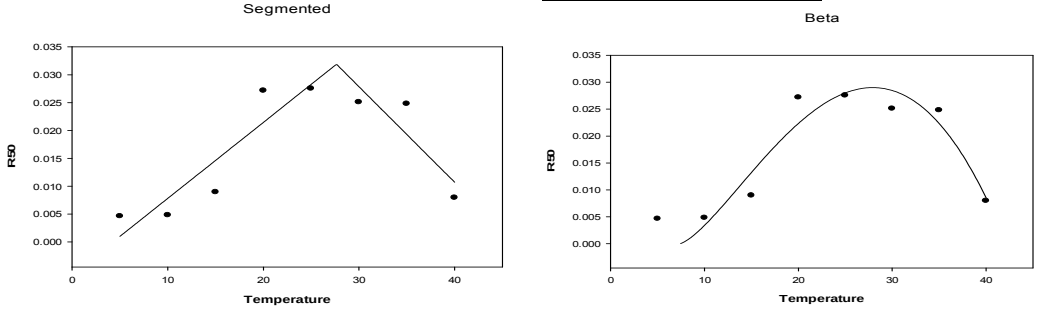
** معنادار در سطح احتمال ۱ درصد.

از نظر سرعت جوانه‌زنی بین سطوح مساوی تنش خشکی و شوری در ۲- بار تفاوت معناداری وجود نداشت، ولی در سایر سطوح تفاوت معنادار بود (شکل ۳). مشابه با دماهای دیگر اثر تنش شوری و خشکی بر کلیهٔ شاخص‌های جوانه‌زنی در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۱). در دمای ۲۰ درجهٔ سلسیوس تفاوت بین سطوح مختلف تنش در تنش خشکی و شوری از نظر درصد جوانه‌زنی بیشتر شد و اختلاف معنادار بود. در تنش خشکی در پتانسیل ۸- بار و در تنش شوری در پتانسیل ۱۲- بار کاهش ۱۰۰ درصدی در جوانه‌زنی مشاهده شد. در این دما، بین سطوح مساوی تنش خشکی و شوری اختلاف معناداری در درصد جوانه‌زنی وجود داشت، به‌طوری‌که این شاخص در تنش شوری بیشتر از خشکی بود (شکل ۲). همچنین در این دما، بین سطوح مساوی تنش خشکی و شوری از نظر سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه تفاوت معنادار بود، به‌طوری‌که این شاخص‌ها در تنش شوری بیشتر از خشکی بود. بین سطوح ۲- بار و ۴- بار تنش خشکی تفاوت معناداری در سرعت جوانه‌زنی وجود داشت (شکل‌های ۳ و ۴). بیشترین مقاومت به شرایط تنشی در دمای ۲۵ درجه مشاهده شد (جدول ۱ و شکل‌های ۲ تا ۴)، به‌طوری‌که بذور نزدیک به ۹۰ درصد جوانه‌زنی در

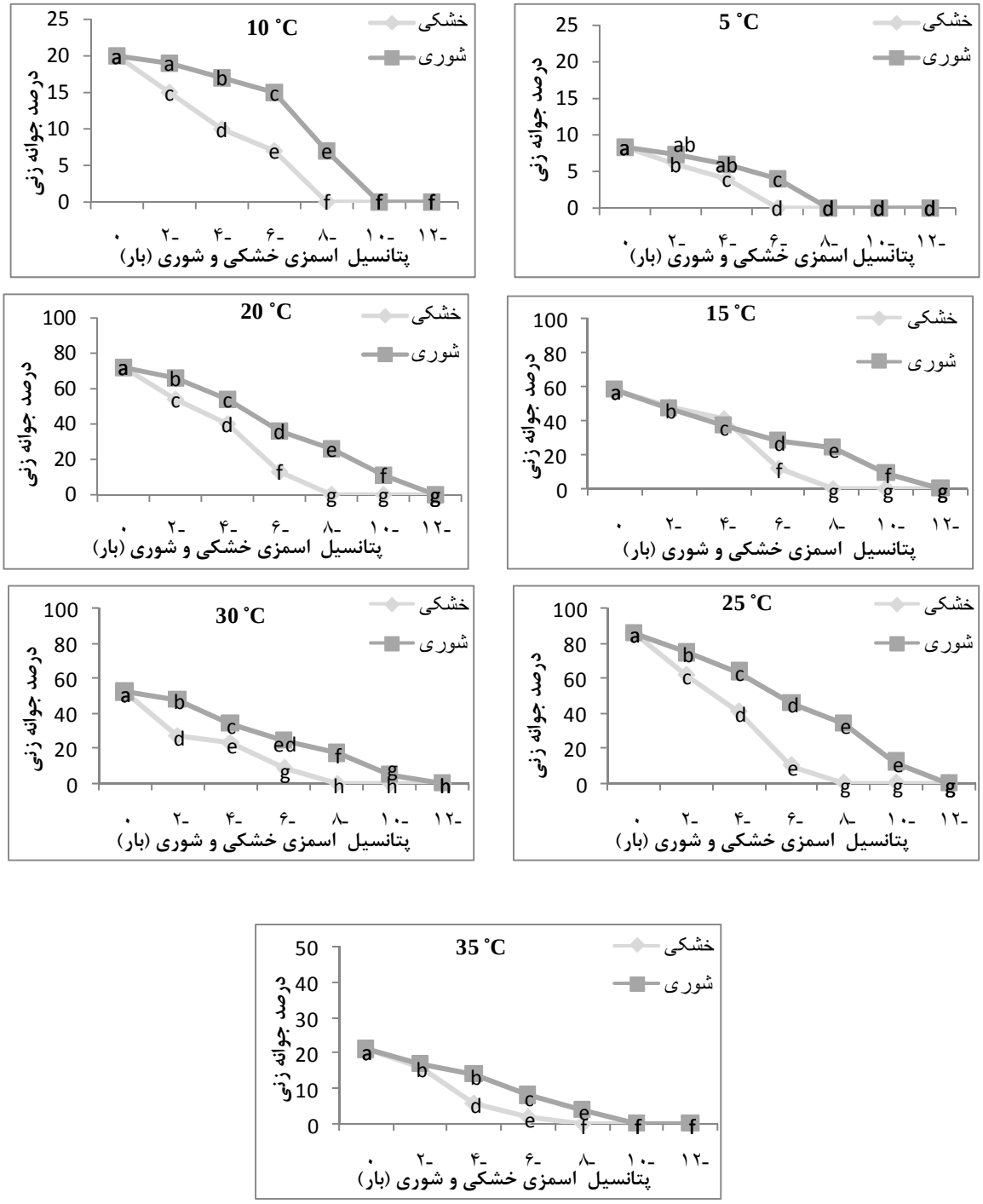
وضعیت بدون تنش در این دما داشتند و در دیگر سطوح تنش خشکی و شوری نیز جوانه‌زنی در مقایسه با سایر دماها بیشتر بود. همچنین در این دما بین سطوح مساوی تنش خشکی و شوری تفاوت معناداری در درصد و سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه وجود داشت. در این دما در تنش خشکی در پتانسیل ۶- بار، ۱۰ درصد؛ و در تنش شوری در پتانسیل ۱۰- بار، ۱۲ درصد جوانه‌زنی مشاهده شد (شکل‌های ۲، ۳ و ۴). در دمای ۳۰ درجهٔ سلسیوس نیز کلیهٔ خصوصیات جوانه‌زنی با افزایش شدت تنش کاهش یافتند و جوانه‌زنی در این دما در وضعیت بدون تنش ۵۲ درصد بود (شکل ۲). بین پتانسیل‌های مساوی تنش خشکی و شوری در این دما نیز اختلاف معناداری در درصد و سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه وجود داشت. در تنش شوری در این دما بین پتانسیل ۲- با ۴- بار و ۸- با ۱۰- بار اختلاف معناداری در سرعت جوانه‌زنی وجود نداشت. در این دما هم کلیهٔ خصوصیات جوانه‌زنی در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر تنش خشکی و شوری قرار گرفتند (جدول ۱). آخرین سطح دمای تحت بررسی ۳۵ درجهٔ سلسیوس بود که در این دما خصوصیات جوانه‌زنی در کلیهٔ سطوح تنش خشکی و شوری با کاهش بیشتری مواجه شدند (جدول ۱) و جوانه‌زنی به ۲۱ درصد در شرایط عدم تنش رسید و نیز بین پتانسیل‌های مساوی شوری و خشکی تفاوت معناداری در درصد و سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه وجود داشت. در تنش شوری بین پتانسیل ۲- و ۴- بار تفاوت معناداری در درصد جوانه‌زنی و شاخص بنیه وجود نداشت. درصد جوانه‌زنی و شاخص بنیه در این دما در سطوح مختلف تنش خشکی و شوری نزدیک به دمای ۱۰ درجهٔ سلسیوس بود، اما سرعت جوانه‌زنی در این دما بسیار بیشتر از دمای ۱۰ درجه بود (شکل‌های ۲، ۳ و ۴). به‌منظور محاسبهٔ دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذر این گیاه دو مدل دوتکه‌ای (Segmented) و بتا (Beta) با استفاده از نرم‌افزار Sigmaplot برازش داده شد و دماهای کاردینال محاسبه شد. دمای حداقل ($T_b$) برای جوانه‌زنی این بذر با استفاده از مدل دوتکه‌ای برابر ۴/۲۶±۳/۴۴ و با استفاده از مدل بتا برابر ۷/۳۳±۴/۴۴ درجهٔ سانتی‌گراد به‌دست آمد. دمای مطلوب ($T_o$) نیز در مدل دوتکه‌ای برابر ۲۷/۶۵±۲/۸۱ و در مدل دندان بتا ۲۷/۹۲±۲/۲۹ درجهٔ سانتی‌گراد را نشان داد. دمای حداکثر ($T_c$) نیز در مدل دوتکه‌ای ۴۶/۲۶±۵/۷۰ و در مدل بتا ۴۲/۱۴±۱/۵۸ درجهٔ سانتی‌گراد به‌دست آمد (جدول ۲، شکل ۱). با توجه به اینکه مدل بتا دارای ($R^2$) بالاتری است، دقت بیشتری در محاسبهٔ دماهای کاردینال دارد و بنابراین دماهای کاردینال برآوردشده توسط این مدل از اعتبار بیشتری برخوردارند. نتایج نشان داد که زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد از جوانه‌زنی ($f_o$) در مدل بتا حدود ۳۵ ساعت و برای مدل دوتکه‌ای حدود ۳۱ ساعت خواهد بود (جدول ۲).

جدول ۲. محاسبهٔ دماهای کاردینال بذر گل سازویی با استفاده از مدل‌های برازش‌داده‌شده

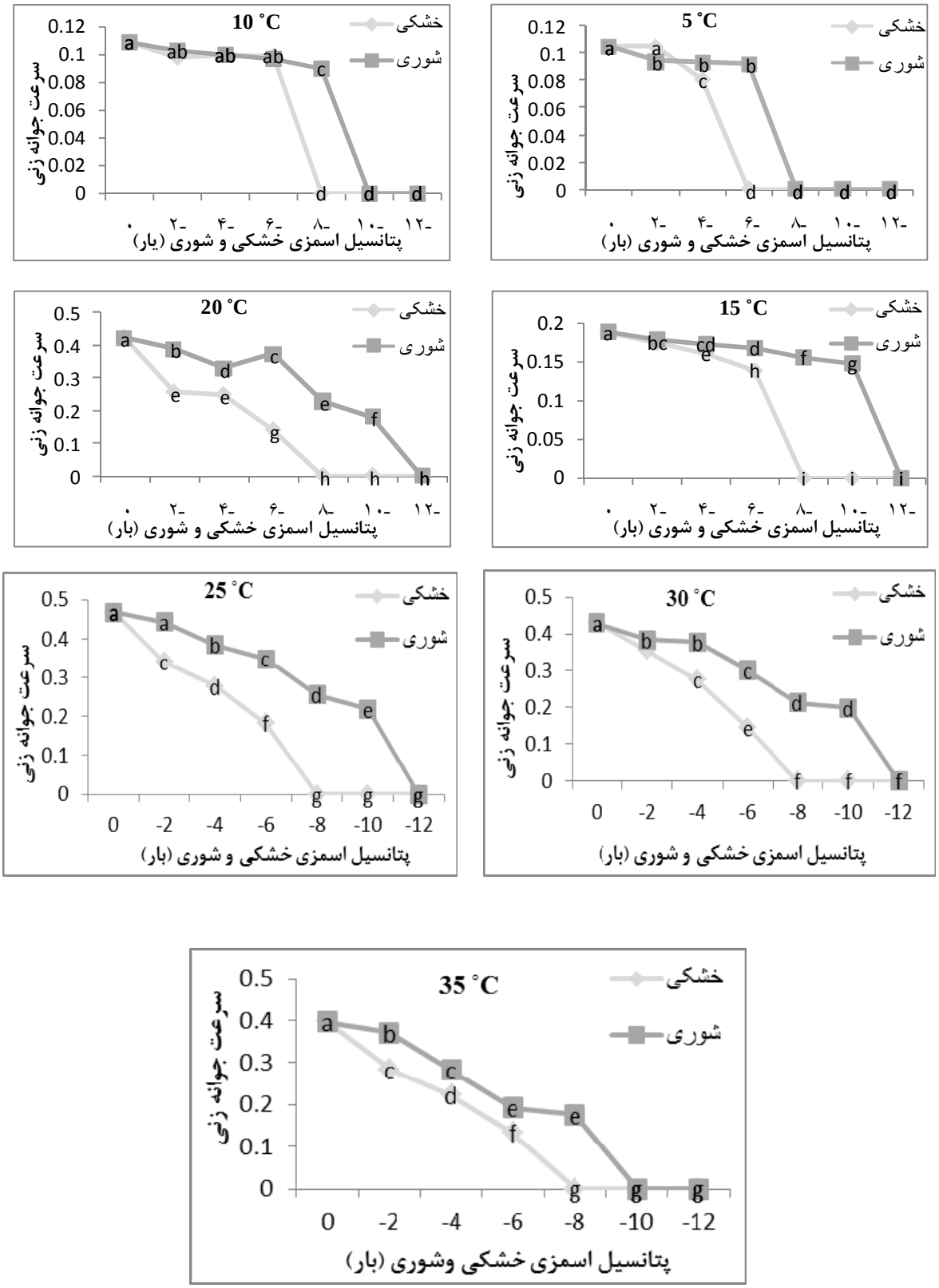
| مدل برازش‌داده‌شده | مدل دوتکه‌ای | مدل بتا |
|---|---|---|
| پارامتر | D50 | D50 |
| دمای حداقل | ۴/۲۶۱۴ ± ۳/۴۴۲۶ | ۷/۳۳۵۴ ± ۴/۴۴۸۰ |
| دمای مطلوب | ۲۷/۶۵۱۷ ± ۲/۸۱۶۰ | ۲۷/۹۲۳۲ ± ۲/۲۹ |
| دمای حداکثر | ۴۶/۲۶۲۴ ± ۵/۷۰۶۷ | ۴۲/۱۴ ± ۱/۵۸۸۷ |
| $f_o$ | ۳۱/۳۵۴۸ ± ۴/۱۶۲۹ | ۳۴/۴۸۸۸ ± ۲/۹۱۵۰ |
| $R^2$ | ۰/۸۳۰۳ | ۰/۹۰۴۹ |



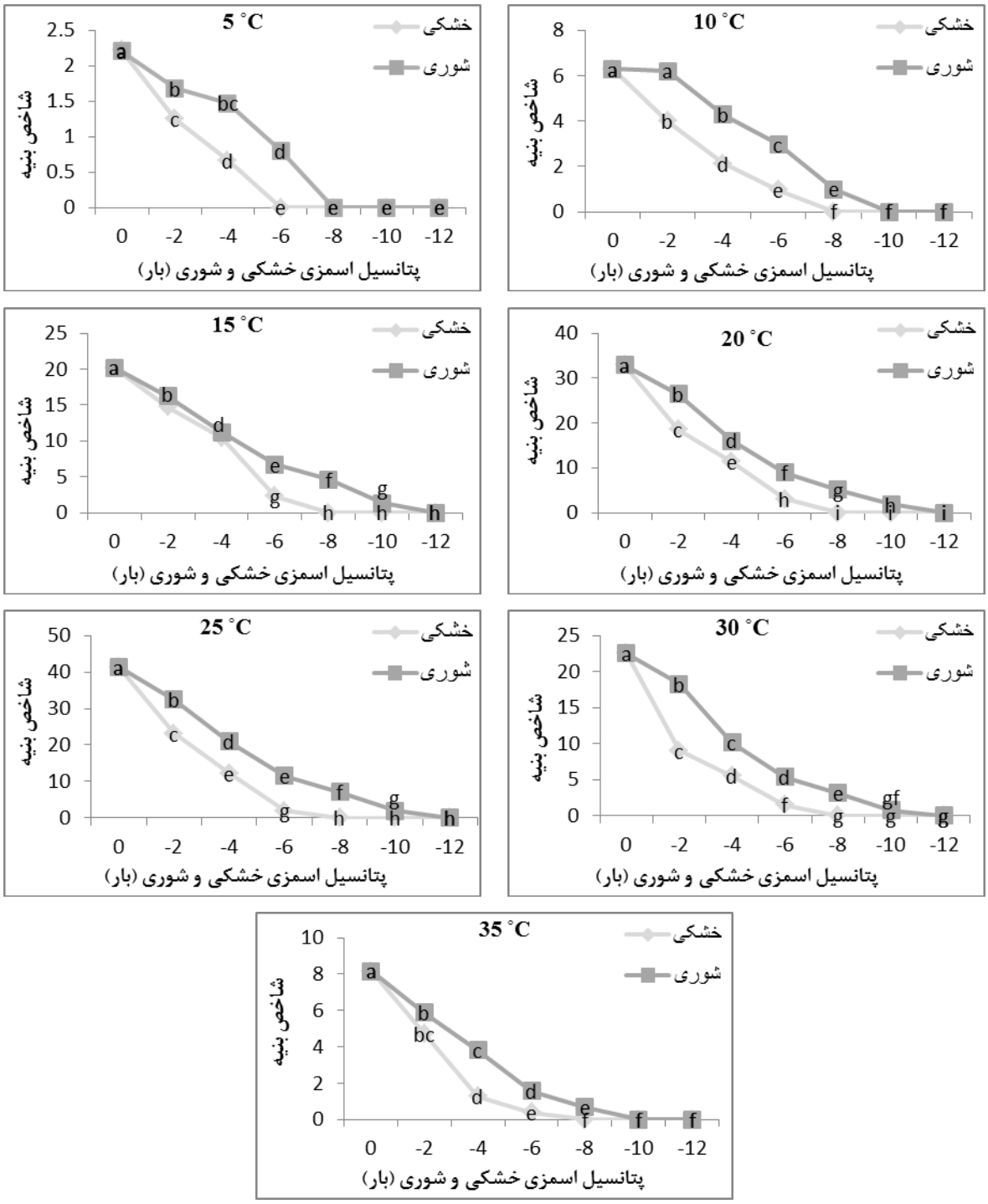

شکل ۱. مدل‌های بتا و دوتکه‌ای برازش‌داده‌شده برای محاسبهٔ دماهای کاردینال بذر گل سازویی




شکل ۲. درصد جوانه‌زنی کل در پتانسیل‌های اسمزی خشکی و شوری در دماهای مختلف (میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک نیستند تفاوت معناداری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.)




شکل ۳. سرعت جوانه‌زنی در پتانسیل‌های اسمزی خشکی و شوری در دماهای مختلف (میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک نیستند تفاوت معناداری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.)




شکل ۴. شاخص بنیهٔ گیاهچه در پتانسیل‌های اسمزی خشکی و شوری در دماهای مختلف (میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک نیستند تفاوت معناداری در سطح احتمال ۵ درصد دارند.)

## بحث

در مجموع نتایج نشان داد تحت تأثیر سطوح تنش خشکی با استفاده از پلی‌اتیلن گلایکول و تنش شوری در دماهای مختلف، همهٔ پارامترهای جوانه‌زنی کاهش یافتند. پژوهش‌های دیگر محققان از جمله آخوندی و همکاران (Akhondi *et al*., 2006) و کابلی و صادقی (Kaboli & sadeghi, 2001) دربارهٔ گیاهان مرتعی این نتایج را تأیید می‌کند. همچنین عیسوند و همکاران (Eisvand *et al*., 2008) گزارش کردند که اعمال تنش خشکی ۱۰- بار در مرحلهٔ جوانه‌زنی تا حد زیادی

خصوصیات جوانه‌زنی گیاه *Agropyron elongatum* را کاهش داد. تنش خشکی با محدود کردن جذب آب توسط بذر، تأثیر بر حرکت و انتقال ذخایر بذر، یا با تأثیر مستقیم بر ساختمان آلی و سنتز پروتئین جنین جوانه‌زنی بذر را کاهش می‌دهد (Dodd & Donovan, 1999). ننش شوری نیز با افزایش فشار اسمزی و کاهش جذب آب توسط بذرها و همچنین از طریق تأثیرات سمی یون‌های سدیم و کلر، جوانه‌زنی بذرها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Chadho & Rajender, 1995). درصد جوانه‌زنی کل به‌شدت تحت تأثیر دما، تنش شوری و تنش خشکی قرار گرفت و کاهشی ۱۰۰ درصدی در پتانسیل ۸- بار تنش خشکی و ۱۲- بار تنش شوری در همهٔ دماها نشان داد. بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به بذور شاهد در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس بود. همچنین افزایش دما از ۵ تا ۲۵ درجهٔ سلسیوس سبب افزایش تحمل به تنش و درصد جوانه‌زنی شد و بذور این گیاه تحمل بیشتری به شرایط تنش در دماهای بیشتر داشتند. سرعت جوانه‌زنی نیز با افزایش تنش خشکی و شوری در همهٔ دماها کاهش یافت، اما افزایش دما سرعت جوانه‌زنی را افزایش داد و بیشترین سرعت جوانه‌زنی در بذور شاهد (بدون تنش) در دمای ۲۵ درجه به‌دست آمد و کمترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به دمای ۵ درجه بود. سرعت جوانه‌زنی یکی از شاخص‌های ارزیابی تحمل به خشکی است، به‌طوری‌که گونه‌هایی که تحت تأثیر شرایط خشکی دارای سرعت جوانه‌زنی بیشتری باشند، بخت بیشتری برای سبز شدن دارند (Sarmadnia & Azizi., 1995). کاهش سرعت جوانه‌زنی در اثر کاهش پتانسیل آب ناشی از کاهش یا عدم جوانه‌زنی در پتانسیل‌های خشکی و همچنین افزایش زمان رسیدن به حداقل مقدار سطح آبگیری است (Delusia & Schlesinger, 1995). همچنین دشتی و همکاران (Dashti *et al*., 2007) با مطالعهٔ تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی و شوری بر جوانه‌زنی بذور گل ختمی به کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی با افزایش سطوح خشکی اشاره کردند. به‌علاوه برومندزاده و کوچکی (Bromand Zadeh *et al*., 2005)، قنواتی و همکاران (Ghonavati *et al*., 2006) و گواهی و همکاران (Govahi *et al*., 2006) در مطالعات مختلف به کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور با افزایش تنش خشکی و شوری اشاره کرده‌اند. با توجه به اینکه آب یکی از عوامل اصلی فعال‌کنندهٔ جوانه‌زنی است و همچنین قابلیت دسترسی به آب با کاهش پتانسیل اسمزی کاهش می‌یابد، پتانسیل آب محیط تأثیر مستقیمی بر سرعت جذب آب و در نتیجه جوانه‌زنی بذر دارد (Kocheki *et al*., 1998).

در مطالعات کرامر و همکاران (Keramer *et al*., 1991)، کاهش جوانه‌زنی تحت تأثیر تنش خشکی به کاهش رطوبت سلول و تأثیر آن بر ساخت پروتئین‌ها و ترشح هورمون‌ها نسبت داده شد. به‌طور کلی به‌دلیل کاهش پتانسیل آب سلول‌های در حال رشد، درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج تحقیق، بذور این گیاه در همهٔ دماها و همهٔ سطوح تنش مقاومت بیشتری در برابر تنش شوری نسبت به تنش خشکی نشان دادند. مشابه این نتایج، رضازاده و کوچکی (Rezazadeh & kocheki, 2005) و حسینی و رضوانی مقدم (Hosseini & Rezvani moghadam, 2005) نیز با مطالعهٔ تأثیر تنش خشکی و شوری گزارش کردند که تنش خشکی نسبت به شوری تأثیر منفی بیشتری بر سرعت و درصد جوانه‌زنی داشت. افزایش سطوح تنش خشکی و شوری در همهٔ دماها همچنین سبب کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و در نتیجه شاخص بنیهٔ گیاهچه شد و این تأثیر در دماهای پایین‌تر بیشتر بود. با افزایش دما از ۵ تا ۲۵ درجهٔ سلسیوس طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و شاخص بنیه در همهٔ سطوح تنش افزایش یافت و در تنش شوری نسبت به تنش خشکی طول ریشه‌چه و ساقه‌چه کمتر تحت تأثیر قرار گرفت.

حسینی و رضوانی مقدم (Hosseini & Rezvani Moghadam, 2005) و گواهی و همکاران (Govahi *et al*., 2005) با بررسی سطوح مختلف تنش خشکی و شوری به کاهش طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و شاخص بنیه اشاره کردند که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. کاهش طول ریشه‌چه با افزایش آب را تاکل (Takkel, 2000)نیز گزارش کرده است. یکی از عوامل کاهش طول ساقه‌چه در شرایط تنش خشکی، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از بافت‌های ذخیره‌ای بذر به جنین بیان شده است. به‌طور کلی بذور جوانه‌زده در محیط‌های

تحت وضعیت تنش، ساقه‌چه و ریشه‌چهٔ کوتاه‌تری دارند (Katregi *et al*., 1994).

**نتیجه‌گیری کلی**

با توجه به نتایج این آزمایش‌ها به‌نظر می‌رسد جوانه‌زنی بذرهای گل سازویی نسبت به تنش شوری و خشکی از حساسیت زیادی برخوردار است، هر چند که تا حدودی این حساسیت در مورد شوری کمتر از خشکی بود. همچنین خصوصیات جوانه‌زنی این گونه در دمای ۲۵ درجه در برابر تنش دارای مقاومت بهتری نسبت به عدم تنش (شاهد) بودند. برای دستیابی به نتایج دقیق‌تر باید آزمایش‌هایی به‌منظور تعیین تغییرات بیوشیمیایی موجود در بذر و همچنین صدمات وارد بر غشای سلولی در تعیین هدایت الکتریکی انجام گیرد.

## REFERENCES


1. Abdul-Baki, A. & Anderson, J. D. (1970). Viability and leaching of sugars from germination barley. *Crop Science*, 10, 31-34.
2. Akhondi, M., Safarnejad, A. & Lahouti, M. (2004). Investigation of morphological indexes an genotypes selection of resistance alfalfa (*Medicago sativa* L.) in osmosic stress (PEG). *Pajohesh and Sazandegi*, 62, 50-57. (In Farsi)
3. Ardeshirylajimi, A., Rezaie-Tavirani, M., Mortazavi, S. A., Barzegar, M., Moghadamnia,S. H. & Rezaee, M. B. (2010). Study of anti-cancer property of *Scrophularia striata* extract on the human astrocytoma. *Cell Line*, 9, 403-410.
4. Bromand-Zadeh, F. & Kocheki, A. S. (2005). Response of seed germination fennel to osmotic and matric potentials due to sodium chloride and polyethylene glycol 6000 at different temperatures. *Iranian Journal of Crop Research*, 3, 213-207. (In Farsi)
5. Chadho, K. & Rajender, G. (1995). *Advance in Horticulture Medicinal and Aromatic Plants*. Michigan.
6. Dashti, M., Shirdel, M. & ZarifKetabi, H. (2007). Effects of water stress and salinity on germination and seedling growth characteristics of *Althaea officinalis*. Abstracts of third conference of medicinal plants. Shahed university. Iran,pp 387.
7. De, R. & Kar, R. K. (1995). Seed germination and seeding growth of mungbean (*vigna radiate*) under water stress induced by PEG 6000. *Seed Science and Technology*, 21,301-308.
8. Delucia, E. H. & Schlesinger, W. H. (1995). Photosynthetic rate and nutrient use effeciency among evergreen and decidoud shrubs in okefenokee swamp. *Plant Science*, 156,19-28.
9. Dodd, G. L. & Donovan, L. A. (1999).Water potential and ionic effects on germination and seeding growth of two cold desert shrubs. *American Journal of Botany*, 86, 1146- 1153.
10. Eisvand, H., Tavakkol-Afshari, R., Sharifzadeh, R., MadahArefi, H. & Hesamzadeh, S. M. ( 2008). Physiological quality improvement of deteriorated seeds in wheatgrass (*Agropyron elongatum* Host) by using hormonal priming for stress and non-stress condition. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 39, 53-65. (In Farsi)
11. Ellis, R. A. & Roberts, E. H. (1981). The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology*, 9, 373-409.
12. Ghoulam, C. & Fares, K. (2001). Effect of salinity on seed germination and early seedling growth of sugar beet (*Beta vulgaris*). *Seed Science and Technology*, 29, 357-364.
13. Govahi, M., Safari, M., Safari, Gh. & Shajy A. (2005). Evalution of drought and salinity on seed germination of *Cuminum cyminum*, Abstracts of the Ninth Congress of Agronomy and Plant breeding. Iran, pp 597.
14. Ghanavati, M., Hoshmand, S. A. & Zeinali, H. (2006). Effect of different salinity levels on seed germination of two chamomile. Abstracts of the Ninth Congress of Iranian Crop Science, Iran. pp.597.
15. Hosseini, H. & Rezvani Moghaddam, C. ( 2005). Effect of drought and salinity stress on germination of psyllium (*Plantago ovate*). *Iranian Journal of Agricultural Research*, 4, 22-15. (In Farsi).
16. Huang, J. & Redman, R. bE. (1995). Salt tolerance of Hordeum and Brassica species during germination and early seedling growth. *Canadian journal of Plant Science*, 75, 815-9.
17. Kaboli, M. & Sadeghi, M. (2001). Effect of drought stress on germination of three Onobrochis species. *Pajohesh and Sazandegi*, 64, 51-57. (In Farsi)
18. Katergi, N., Van Hoorn, J. W., Hamdy, A., Karam, F. & Mastrortilli, M. (1994). Effect of salinity on emergence and on water stress early seedling growth of sunflower and maize. *Agricultural Water Management*, 26, 81-91.

19. Kermode, R. (1990). Regulatory mechanism involved in the transition from seed development to germination. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 9, 155-188.
20. Kochaki, A. & Ketabi, Z. H. (1996). Determination of optimum temprature of germination on investigation of salat and drought effecs on some species rangeland. *Journal of Desert*, 1, 28-30. (In Farsi)
21. Kocheki, A. S., Rashed Mohasel, M. & Asr Abadi, C. E. (1988). *Principles of crop physiology and developmental*. Razavi press. Pp. 121-75.
22. Michel, B. E. & Kaufman, M. R. (1973). The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, 51, 914-916.
23. Mozafarian, V. A. (1999). *Khuzastan flora: Agriculture natural resources research*. Publication Center of Khuzestan Province, Iran. (In Farsi).
24. Poljakoff-mayber, A., Somers, G. F., Werker, E. & Gallagher, J. I. (1994). Seeds of *Kosteletzkya virginica* ( *Malvacceace*), their structure, germination and salt tolerance. *American Journal of Botany*, 81, 54-59.
25. Qureshi, A. S., Qadir, M., Heydari, N., Turnal, H. & Javadi, A. (2007). A review of management strategies for salt prone land and water resources in iran. Colomo, Sri Lanca: *International Water Management Institute*. (IWMI Working paper 125). pp:30.
26. Rahimian-Mashhadi, H., Bagheri Kazemabad, A. & Paryab, A. (1991). Effect of PEG and NaCl induced water potential at different temperatures on germination and seedling vigor of several wheat populations. *Agriculture Science and Technology*, 5, 35-42. (In Farsi)
27. Saeidian, F. (1996). *Evaluation of drought resistance and water use efficiency in pasture species*. Master's Thesis. University of Tehran, Iran.
28. Sarmadnia, Gh. & Azizi, M. (1993). Study on storage time effects on quality indexes of soybean seed. *Agricutural Sciences and Technology*, 9, 71-91. (In Farsi)
29. Shoohani, B. & Taheri Moghadam, M. ( 2010). Effects of *Scrophularia striata* extract on wound healing in rabbit, *Scientific Journal of Ilam University of Medical Science*, 17,4-9.
30. Szaboles, I. (1994). soils and salinization. In handbook of plant and crop stress.CRC press. Edition 2nd. pp: 1-12.
31. Takel, A. (2000). Seedling emergence and growth of sorghum genotypes under variable soil moisture deficit. *Acta Agronomica Hungarica*, 48, 95-102.