

تأثیر اعمال شدت‌های مختلف تنش شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی گیاه دارویی نوروبک (*Salvia leriifolia Benth.*)

منصوره احمدی^۱، سید علی محمد مدرس ثانوی^{۲*}، محمد کافی^۳، فاطمه سفیدکن^۴، سعید ملک‌زاده شفارودی^۵

۱. دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
 ۲. نویسنده مسئول مکاتبات، استاد، گروه زراعت، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
 ۳. استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه فردوسی، مشهد
 ۴. استاد، بخش تحقیقات گیاهان دارویی، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران
 ۵. دانشیار، گروه بیوتکنولوژی و به‌نژادی گیاهی، دانشگاه فردوسی، مشهد
- (تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۹ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۲۶)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر اعمال سطوح مختلف تنش شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاه دارویی نوروبک، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه فیزیولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. در این آزمایش سطوح مختلف تنش شوری شامل شاهد (۰)، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۵۰، ۱۷۵ و ۲۰۰ میلی‌مولار از نمک‌های کلرید سدیم و کلرید کلسیم با نسبت ۱۰ به ۱ بکار برده شد. با افزایش شدت شوری درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه، شاخص بنه بذر و وزن گیاهچه نوروبک به طور معنی‌داری (در سطح یک درصد) کاهش یافت. به منظور تعیین بهترین مدل رگرسیونی برای توصیف واکنش جوانه‌زنی بذر گیاه نوروبک به شوری چهار مدل خطی، درجه دوم، دوتکه‌ای و لجستیک برازش داده شد. برای درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه و شاخص بنه بذر مدل دوتکه‌ای با RMSE به ترتیب برابر ۰/۲، ۰/۲۵، ۰/۴ و R^2 به ترتیب برابر ۰/۹۹، ۰/۹۸، ۰/۹۹ و ۰/۹۹ و برای وزن گیاهچه مدل لجستیک با RMSE و R^2 برابر ۰/۱ و ۰/۹۸ به عنوان مدل برتر محسوب می‌شوند. بررسی این مدل‌ها نشان داد میزان کاهش مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر گیاه نوروبک تا حدود ۹۰ میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت. بذور این گیاه قادرند طی مراحل جوانه‌زنی و سبز شدن تا حد شوری ۹۰ میلی‌مولار نمک (هدایت الکتریکی نه‌دسی‌زیمنس بر متر) را بدون کاهش معنی‌دار در مؤلفه‌های جوانه‌زنی تحمل کنند.

کلمات کلیدی: آستانه تحمل شوری، بنه بذر و مدل‌های رگرسیونی.

Effects of different levels of salinity stress on germination properties of medicinal plant *Salvia Leriifolia Benth*

M. Ahmadi¹, S. A. M. Modarres-Sanavy^{2*}, M. Kafi³, F. Sefidkon⁴, S. Malekzadeh Shafaroudi⁵

1. Ph.D student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Madares University, Tehran
 2. Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Madares University, Tehran.
 3. Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
 4. Professor, Medicinal plants and by-products Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran
 5. Associate Professor, Department of Crop Biotechnology and Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
- (Received: Feb. 07, 2017 – Accepted: May. 16, 2017)

Abstract

In order to study the effects of different levels of salinity stress on *Salvia leriifolia* germination indices, an experiment was conducted at physiology laboratory, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad in 2014. The experiment was arranged based on a completely randomized design with three replications. Treatments were different levels of salinity including 0, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175 and 200 mmol, prepared by mixing NaCl and CaCl₂ in a 10:1 molar ratio. Evaluated indices were germination percentage and rate, seedling length, germination seedling reduction rate, seedling dry weight and vigor index. Four non-linear regression models (linear, polynomial, 2-piece segmented and Logistic) were compared to describe the germination characteristics in different levels of salinity. The 2-piece segmented model was selected as the best one to predict germination percentage and rate, seedling length, reduction in the rate of germination and vigor index with RMSE 3.22, 0.2, 0.25 and 0.4 and R^2 0.99, 0.98, 0.99 and 0.99, and Logistic model was selected as the best model with RMSE 0.01 and R^2 0.98 to predict seedling dry weight, respectively. The results showed that by increasing of salinity levels, germination percentage, germination speed, seedling length, dry weight of seedling and vigor index significantly decreased. But there were no significant differences in germination indices up to 90 mmol salinity. Germination of *Salvia leriifolia* seeds could tolerate up to 90 mmol salinity without any significant decrease in germination properties.

Key words: Salt tolerance threshold, Seed Vigor and Regression models.

* Email: modaresa@modares.ac.ir

مقدمه

دریا دیده شده است (File Kesh *et al.*, 2004). مغز دانه منبع بسیار غنی از روغن (۵۶-۵۰٪) و پروتئین (۳۰٪) است که برای طبخ و خام‌خواری مطلوب می‌باشد. برگ‌های نوروژک حاوی کلسیم، فسفر و آهن بوده و دانه و برگ حاوی اسید چرب است به همین دلیل جزو علوفه‌های خوش‌خوراک محسوب می‌گردد (Haddad-Khodaparast and Hoseini, 1997). برگ‌های این گیاه حاوی اسانس هستند و این اسانس در تولید محصولات دارویی، بهداشتی و آرایشی کاربردهای وسیعی دارد. گزارش‌های مختلفی در ارتباط با خواص درمانی نوروژک ارائه شده است. به عنوان مثال، برگ گیاه در کاهش قند خون، ناراحتی‌های معده و به عنوان ضد تشنج و ضد التهاب بصورت سنتی مصرف می‌شود. عصاره آبی برگ آن خواب‌آور بوده و دارای اثر شل‌کنندگی عضلات است و از این نظر با دیازپام قابل مقایسه می‌باشد (Hosseinzadeh and Lary 2000). گیاه نوروژک در حفاظت از خاک در برابر فرسایش نیز جایگاه ویژه‌ای دارد که این مسئله به علت توانایی این گیاه در گسترش ریشه تا عمق ۹۰ سانتی‌متر و پراکندگی آن تا شعاع ۱۶۰ سانتی‌متر است. این ویژگی‌های منحصر به فرد نوروژک سبب شده که بتوان به صورت بالقوه آن را جزو هر سه دسته گیاهان دارویی، روغنی و علوفه‌ای قرار داد (File Kesh *et al.*, 2004).

در بسیاری از گیاهان مرحله جوانه‌زنی و رشد ابتدایی گیاهچه حساس‌ترین مراحل نسبت به تنش‌های محیطی می‌باشند (Yavari *et al.*, 2001). کاهش جوانه‌زنی در اثر تنش شوری به اثر اسمزی (Garg, 2010) و یا اثر سمی یونها (Al-Taisan, 2010) ارتباط داده شده است. لازم به ذکر است که با توجه به اینکه تاکنون آزمایشی در رابطه با بررسی تاثیر تنش شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر گیاه نوروژک صورت نگرفته است در ادامه به برخی پژوهش‌های صورت گرفته بر روی گیاهان جنس سالویا اشاره می‌گردد. در بررسی تاثیر تنش شوری بر

اگرچه شوری آب و خاک از گذشته وجود داشته، اما این معضل زیست محیطی به دلیل عملیات کشاورزی فشرده حادث شده است. امروزه، ۲۰٪ زمین‌های زیر کشت دنیا و در حدود نیمی از اراضی تحت کشاورزی فاریاب، با مشکل شوری مواجه هستند (Zhu, 2001). چنانچه این روند به همین شکل ادامه یابد، پیش‌بینی می‌شود طی سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۳۰ بسیاری از اراضی موجود قادر به تولید غذای کافی برای بشر نباشند (Vance, 2001). ایران نیز دارای مناطق وسیع با خاک‌های شور بوده و تقریباً ۳۳ میلیون هکتار (۱۵٪) از عرصه کشور که در مناطق خشک و نیمه خشک و در نواحی ساحلی قرار دارند، دارای خاک شور و قلیایی هستند. شوری در اراضی کشاورزی بسیار گسترده‌تر بوده و ۵۵٪ زمین‌های تحت آبیاری کشور از شوری متأثرند (Jafarzadeh and Aliasgharzad, 2007). در مطالعات شوری استفاده از مخلوط CaCl_2 و NaCl باعث جلوگیری از نفوذپذیری کند آب و غرقاب شدن خاک می‌شود که این امر در خاک‌های سدیمی اتفاق افتاده و هنگامی رخ می‌دهد که فقط از NaCl استفاده شود. از طرفی ایجاد مخلوط نمک‌ها باعث ایجاد محیطی با شباهت بیشتر به شوری موجود در اکثر خاک‌های زراعی شده و گیاه کمتر آسیب می‌بیند زیرا وجود یون کلسیم باعث حفاظت غشاهای سلولی ریشه که در تماس با محلول خاک هستند، می‌شود (Ahmadi, 2015).

نوروژک با نام علمی *Salvia leriifolia* گیاهی چندساله از خانواده نعنائیان (Lamiaceae) است. این گیاه در کل دنیا، تنها در ایران در استان‌های خراسان رضوی، خراسان جنوبی، سمنان و بخش‌هایی از کشور افغانستان می‌روید (Rechinger, 1982). نوروژک در اقلیم‌های فراه‌خشک بیابانی سرد با متوسط بارندگی ۲۰۰-۱۵۰ میلیمتر در ارتفاعات سنگلاخی دیده می‌شود. گسترش نوروژک در خاک‌های سبک و شنی بیشتر است. نوروژک در مناطقی با ارتفاع ۱۶۰۰-۹۰۰ متر از سطح

به هر پتری دیش ۵ میلی لیتر محلول شوری اضافه شد. برای جلوگیری از تبخیر رطوبت، هر ۳ پتری دیش داخل یک عدد کیسه پلاستیک قرار داده شد و سپس به انکوباتور با دمای 25 ± 2 درجه سانتی گراد منتقل گشت. تعداد بذور جوانه زده (با طول ریشه‌چه حداقل ۲ میلی متر) در هر روز یادداشت شد و در پایان (دوره ۱۰ روزه) طول تمام گیاهچه‌ها بر حسب میلی متر به دقت اندازه گیری شد. همچنین وزن خشک گیاهچه‌ها پس از ۴۸ ساعت که داخل آن با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند با استفاده از تراوزی دقیق (۰/۰۰۱ گرم) توزین گردید. برای تعیین شاخص‌های درصد جوانه‌زنی (رابطه ۱)، سرعت جوانه‌زنی (رابطه ۲)، کاهش میزان جوانه‌زنی (رابطه ۳)، شاخص بنیه بذر (رابطه ۴) به کمک روابط زیر عمل شد.

رابطه ۱: (Bajji et al., 2002)

$$\text{درصد جوانه‌زنی} = \frac{\text{تعداد بذور جوانه زده روز آخر شمارش}}{\text{تعداد کل بذور}} \times 100$$

رابطه ۲: (Maguire, 1962)

$$\text{سرعت جوانه‌زنی} = \sum \frac{N_i}{T_i}$$

در این فرمول N_i تعداد بذور جوانه‌زده در هر روز و T_i شماره روز پس از شروع آزمایش است.

رابطه ۳: (Shannon, 1998)

= کاهش میزان جوانه‌زنی

$$100 - \left(\frac{\text{تعداد بذرهای جوانه‌زده در شرایط تنش}}{\text{تعداد بذرهای جوانه‌زده در شرایط شاهد}} \right) \times 100$$

رابطه ۴: (Stout, 1998)

= شاخص بنیه بذر

$$\frac{\text{میانگین طول گیاهچه (میلی متر)} \times \text{درصد جوانه‌زنی نهایی}}{100}$$

به منظور توصیف واکنش جوانه‌زنی گیاه نوروژک در سطوح مختلف شوری، با استفاده از نرم‌افزار SAS ver.9.1 مدل‌های رگرسیونی خطی^۱، درجه دوم^۲،

خصوصیات جوانه‌زنی مریم گلی کبیر (*Salvia sclarea*) مشخص شد این گیاه در مرحله جوانه‌زنی تنش شوری را تا حد زیادی تحمل می‌کند. در این آزمایشات تا شوری ۱۵۰ میلی مولار، ۹۸٪ بذور جوانه زدند (Fallahi et al., 2008). در گیاه مریم گلی ترکه‌ای (*Salvia virgata*) با افزایش شوری، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن تر و خشک گیاهچه کاهش یافت. همچنین این گیاه در مرحله جوانه‌زنی به غلظت شوری ۱۰۰ میلی مولار و بالاتر حساس می‌باشد (Taleb et al., 2009).

نظر به اهمیت ویژه گیاه نوروژک به عنوان پتانسیلی بومی که ارزش‌های فراوانی از نظر دارویی و غذایی دارد و همچنین با توجه به این مساله که این گیاه بومی مناطق خشک و نیمه خشک است و با تنش شوری نیز مواجه می‌باشد لذا این تحقیق با هدف تعیین آستانه تحمل شوری در این گیاه به منظور اهلی سازی و کشت آن در مزرعه به اجرا در آمده است.

مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه اثر تنش شوری ناشی از نمک‌های کلرید سدیم و کلرید کلسیم بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر گیاه نوروژک آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و با ۹ تیمار شوری شامل شاهد (۰)، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۵۰، ۱۷۵ و ۲۰۰ میلی مولار نمک، به اجرا در آمد. در این آزمون برای ایجاد سطوح شوری از نمک‌های NaCl و CaCl₂ به نسبت ۱۰ (NaCl) به ۱ (CaCl₂) استفاده شد (Weimberg, 1987). قبل از شروع آزمایش پتری‌دیش‌ها و کاغذهای صافی با استفاده از اتوکلاو استریل شدند. آزمایش داخل پتری‌دیش‌هایی با قطر ۹ سانتی متر انجام شد. همه بذور قبل از قرار گرفتن بر روی کاغذ صافی با وایتکس ۳۰ درصد به مدت ۱۰ دقیقه ضدعفونی سطحی شده و سپس داخل پتری‌دیش قرار داده شدند. در هر پتری‌دیش یک عدد کاغذ صافی واتمن شماره ۱ قرار داده شد و روی آن ۱۰ عدد بذر قرار داده شد.

در این مدل‌ها X = شوری و Y = صفت جوانه‌زنی می‌باشد.

برای اثبات مطلوب بودن مدل انتخاب شده، خط یک به یک مقادیر پیش‌بینی شده با مدل برتر در برابر مقادیر مشاهده شده، با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم و سپس معادله و ضریب تبیین خط یک به یک محاسبه شد. آنالیز واکنش جوانه‌زنی در سطوح مختلف شوری و همچنین تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS ver.9.1 و انجام محاسبات و رسم نمودارها به کمک نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

شوری بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی مورد بررسی شامل درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، کاهش میزان جوانه‌زنی، طول گیاهچه، شاخص بنیه بذر و وزن خشک گیاهچه تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۱).

دوتکه‌ای^۳ و لجستیک^۴ بر داده‌ها برازش داده شد و بر اساس میزان ضریب تبیین (R^2) و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) مدل‌های برازش داده شده، مدل برتر انتخاب گردید. معادله مدل‌های مورد استفاده به شرح زیر می‌باشد:

$$y = a + bX \quad \text{معادله (۱)}$$

۲. مدل درجه دوم:

$$y = c + aX + bX^2 \quad \text{معادله (۲)}$$

۳. مدل دوتکه‌ای: اگر X کمتر از x_0 (نقطه شکست) بود از معادله (۱) و در غیر این صورت از معادله (۳) استفاده شد.

$$y = a - cX_0 + (b + c)x \quad \text{معادله (۳)}$$

۴. مدل لجستیک:

$$y = c / (1 + \exp(a(x - b))) \quad \text{معادله (۴)}$$

جدول ۱- میانگین مربعات تاثیر سطوح مختلف شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر گیاه نوروژک

Table 1- Mean squares of different salinity levels on *S.leriifolia* seed germination traits

میانگین مربعات							منابع تغییرات Source of differences
Mean of Squares							
وزن گیاهچه Seedling weight	شاخص بنیه بذر vigor index	طول گیاهچه Seedling length	کاهش میزان جوانه‌زنی Germination loss rate	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	جوانه‌زنی (%) Germination percentage	درجه آزادی Degree of freedom	
0.045**	26.27**	3.83**	3031.48**	0.00022**	2750**	8	شوری Salinity
0.0042	1.45	0.58	185.18	0.000024	214.81	18	خطا Error
23.1	19.8	18.6	16.5	17.5۵	20.2		ضریب تغییرات Coefficient of variation

** Significant at 1% level.

** در سطح ۱٪ معنی‌دار است.

^۱ Linear model

^۲ Polynomial model

^۳ 2-piece segmented mode

^۴ Logistic model

جوانه‌زنی گیاه نوروژک به شوری را توصیف کند. اما در مورد صفت وزن گیاهچه، مدل برتر که بیشترین مقدار ضریب تبیین و کمترین RMSE را داشت، مدل لجستیک بود (شکل ۱ و جدول ۲).

مقایسه مقدار ضریب تبیین و RMSE این مدل‌ها نشان داد که برای صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، کاهش میزان جوانه‌زنی، طول گیاهچه و شاخص بنیه بذر مدل دوتکه‌ای بهتر از سایر مدل‌ها توانست واکنش

جدول ۲- مقادیر ضریب تبیین (R^2) و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) مدل‌های رگرسیونی برازش داده شده به خصوصیات بذر و گیاهچه گیاه نوروژک در سطوح مختلف شوری

Table 2. The coefficient of determination (R^2) and root mean square error (RMSE) values for regression models fitted to *S. leriifolia* seed and seedlings characteristics at different salinity levels

مدل لجستیک		مدل دوتکه‌ای		مدل درجه دوم		مدل خطی		صفت جوانه‌زنی Germination characteristic
Logistic model	2-piece segmented model	Polynomial model	Linear model	RMSE	R^2	RMSE	R^2	
RMSE	R^2	RMSE	R^2	RMSE	R^2	RMSE	R^2	درصد جوانه‌زنی Germination percentage
4.3	0.98	3.22	0.99	5.69	0.97	11.9	0.86	سرعت جوانه‌زنی germination rate
0.44	0.88	0.2	0.98	0.3	0.83	0.4	0.76	کاهش میزان جوانه‌زنی Germination loss rate
4.19	0.98	3.86	0.99	4.9	0.98	10.3	0.9	طول گیاهچه Seedling length
0.5	0.93	0.25	0.99	0.62	0.77	0.68	0.67	شاخص بنیه بذر Seed vigor index
0.42	0.98	0.4	0.99	0.51	0.97	0.84	0.92	وزن گیاهچه Seedling weight
0.019	0.98	0.025	0.97	0.02	0.96	0.04	0.89	

درصد جوانه‌زنی می‌گردد، تعیین شد (جدول ۴). بر این اساس تا سطح شوری ۹۸/۹۴ میلی‌مولار درصد جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری با شاهد ندارد اما با افزایش بیشتر غلظت نمک، افت شدید درصد جوانه‌زنی حادث می‌گردد. این مطلب بیانگر آن است که بذور گیاه دارویی نوروژک این حد از شوری که تقریباً معادل حدود هدایت الکتریکی نه دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد را بدون کاهش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی تحمل می‌کنند. سعادت و همایی (Saadat anh Homae, 2014) در مطالعه کمی سازی اثر شوری بر جوانه‌زنی گیاه سورگوم، مدل‌های غیرخطی و نگوختن و هافمن (van Genuchten and Hoffman, 1984)، دیرکسن و همکاران (Dirksen et al., 1993) و همایی و همکاران (Homae et al., 2002) را به عنوان مدل‌های کارا در برآورد نسبی تعداد بذرهاى جوانه‌زده معرفی

به منظور تأیید بیشتر مدل برتر انتخاب شده، نمودار یک‌به‌یک مقادیر پیش‌بینی شده با هر یک از مدل‌های برتر در برابر مقادیر مشاهده شده ترسیم شد (شکل ۲). ضریب تبیین بالای نمودارهای یک‌به‌یک مطلوب بودن مدل‌های منتخب را ثابت نمود.

مقایسه میانگین‌های درصد جوانه‌زنی در سطوح مختلف شوری نشان داد که حداکثر درصد جوانه‌زنی (۱۰۰٪) مربوط به تیمار شاهد بود و با افزایش غلظت نمک، درصد جوانه‌زنی کاهش یافت (جدول ۳). کمترین درصد جوانه‌زنی در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار به میزان ۲۰٪ مشاهده شد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی تا سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت (شکل ۱-ا). با استفاده از پارامترهای برآورد شده توسط مدل دوتکه‌ای، سطحی از شوری که سبب افت معنی‌دار

میلی مولار مشاهده شد که البته با شوری ۲۰۰ میلی مولار اختلاف معنی دار نداشت (جدول ۳). نتایج برازش مدل رگرسیونی دو تکه‌ای بر تغییرات سرعت جوانه‌زنی در سطوح مختلف شوری نیز نشان داد که حدی از شوری که سرعت جوانه‌زنی از آن به بعد دچار افت می‌شود، غلظت ۲۵ میلی مولار نمک است (شکل ۱-ب). بنابراین سرعت جوانه‌زنی خیلی بیشتر از درصد جوانه‌زنی به شوری واکنش منفی نشان داده است و در غلظت کمتری از نمک دچار افت معنی دار شده است. وجود نمک به علت افزایش پتانسیل اسمزی آب، سبب کاهش سرعت جذب آب توسط بذر و در نتیجه تأخیر در آغازسازی فرآیند جوانه‌زنی بذر می‌شود. کاهش فرآیند جوانه‌زنی در اثر تنش می‌تواند با کاهش جذب آب توسط بذرها ارتباط داشته باشد. اگر جذب آب توسط بذر دچار اختلال گردد و یا به کندی انجام گیرد، فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی داخل بذر نیز به آرامی صورت خواهد گرفت. در نتیجه زمان خروج ریشه‌چه از بذر افزایش و سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (Haung and Redmann, 1995).

مؤلفه کاهش میزان جوانه‌زنی که بیانگر کاهش جوانه‌زنی در شرایط تنش می‌باشد، با افزایش شدت شوری، افزایش یافت. حداکثر، کاهش میزان جوانه‌زنی، مربوط به تیمار ۲۰۰ میلی مولار نمک بود. نتایج مقایسه میانگین تاثیر سطوح مختلف شوری بر مؤلفه کاهش میزان جوانه‌زنی نشان داد که غلظت‌های نمک ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی مولار نمک بر کاهش میزان جوانه‌زنی تاثیر معنی داری نداشتند (جدول ۳). به منظور تعیین دقیق سطحی از شوری که سبب افزایش معنی دار مؤلفه کاهش میزان جوانه‌زنی می‌شود، مدل رگرسیونی دو تکه‌ای بر تغییرات کاهش میزان جوانه‌زنی در سطوح مختلف شوری برازش داده شد. بر اساس نتایج این مدل با افزایش شوری از حد ۹۳/۹ میلی مولار، مؤلفه کاهش جوانه‌زنی افزایش معنی دار پیدا می‌کند (شکل ۲-۲). به عبارت دیگر بذرها گیاه نوروژک تا آستانه شوری ۹۳/۹ میلی مولار نمک را بدون کاهش معنی دار در میزان جوانه‌زنی تحمل می‌کنند

کردند. آنان بر اساس مقدار ضریب تبیین (R^2) و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) مدل برتر را انتخاب نمودند. مدل ونگنوختن و هافمن (van Genuchten and Hoffman, 1984) یک مدل غیر خطی بوده که در آن مقدار شوری که میزان کاهش به ۵۰ درصد برسد مشخص شده است. در این مدل ضریبی (P) وابسته به محصول، خاک و اقلیم تعریف شده است. در مدل دیرکسن و همکاران (Dirksen et al., 1993) شوری برای آستانه کاهش به مدل اضافه شده و در مدل همایی و همکاران (Homaee et al., 2002) تابع غیر خطی با دو آستانه کاهش تعریف و ضریب P اصلاح شد. جلالی و همکاران (Jalali et al., 2008) به منظور کمی کردن اثر شوری در مراحل گلدهی و بلوغ گیاه کلزا، به ترتیب مدل‌های ونگنوختن و هافمن (van Genuchten and Hoffman, 1984) و همایی و همکاران (Homaee et al., 2002) که بیشترین R^2 و کمترین RMSE را داشت، به عنوان مدل‌هایی که توانست برآورد بهتری نسبت به سایر مدل‌ها داشته باشد، معرفی کردند. در مطالعه حاضر نیز بر اساس مقدار R^2 و RMSE، مدل‌های غیرخطی دو تکه‌ای و لجستیک به عنوان مدل برتر انتخاب شدند. نمودارهای یک به یک مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده نیز ثابت کرد که این مدل‌ها به طور مطلوب مقادیر صفات جوانه‌زنی را پیش‌بینی می‌کند. کامکار و همکاران (Kamkar et al., 2011) در مطالعه گیاه خشخاش با استفاده از مدل‌های رگرسیون غیرخطی مدل دو تکه‌ای را به عنوان مدل برتر در پیش‌بینی سرعت جوانه‌زنی معرفی کردند. آن‌ها همچنین در مطالعه کمی‌سازی سرعت سبز شدن گندم در واکنش به دما با استفاده از مدل‌های رگرسیون غیرخطی مدل لجستیک را به عنوان مدل برتر انتخاب کردند (Kamkar et al., 2008).

همچنین تیمار شوری سبب کاهش سرعت جوانه‌زنی شد. با افزایش شدت تنش، سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به تیمار شاهد بود. حداقل سرعت جوانه‌زنی نیز در شوری ۱۷۵

(جدول ۴).

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های خصوصیات جوانه‌زنی بذر گیاه نوروژک تحت تأثیر سطوح مختلف شوری
Table 3 - Means comparison of seed germination characteristics of *S. leriifolia* under different levels of salinity

وزن گیاهچه Seedling (g) weight	شاخص بنیه بذر Vigor index	طول گیاهچه Seedling (cm) length	کاهش میزان جوانه‌زنی Germination loss rate	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	جوانه‌زنی (%) Germination percentage	شوری Salinity (mmol)
۰/۳۹ a	۹/۳ a	۵/۵ a	۰/۰ d	۰/۰۴۵ a	۱۰۰/۰۰ a	شاهد
۰/۴۱a	۸/۶۷ a	۴/۵ ab	۳/۳d	۰/۰۳b	۹۶/۶۷ a	۲۵
۰/۳۹a	۸/۳ a	۴/۷۴ ab	۶/۶۷d	۰/۰۳ bc	۹۳/۳۳ a	۵۰
۰/۳۵ ab	۸/۱۶ a	۴/۵۹ ab	۱۰ d	۰/۰۲۶ cd	۹۳/۳۳a	۷۵
۰/۳۲ ab	۷/۴ a	۴/۴۶ ab	۱۳/۳d	۰/۰۲۸bcd	۹۳/۳۳ a	۱۰۰
۰/۲۴bc	۴/۹ b	۴/۰ b	۴۰ c	۰/۰۲۲ de	۶۶/۶۷ b	۱۲۵
۰/۲۴bc	۴/۳ b	۳/۹ b	۴۶/۶۷ bc	۰/۰۲۴ cde	۵۳/۳۳ bc	۱۵۰
۰/۱۴cd	۲/۲۳ c	۳/۹۲ b	۷۰ ab	۰/۰۱۷ e	۳۳/۳۳ cd	۱۷۵
۰/۰۵d	۱/۳ c	۱/۴۱ c	۸۳/۳ a	۰/۰۲ de	۲۰۰/۰d	۲۰۰

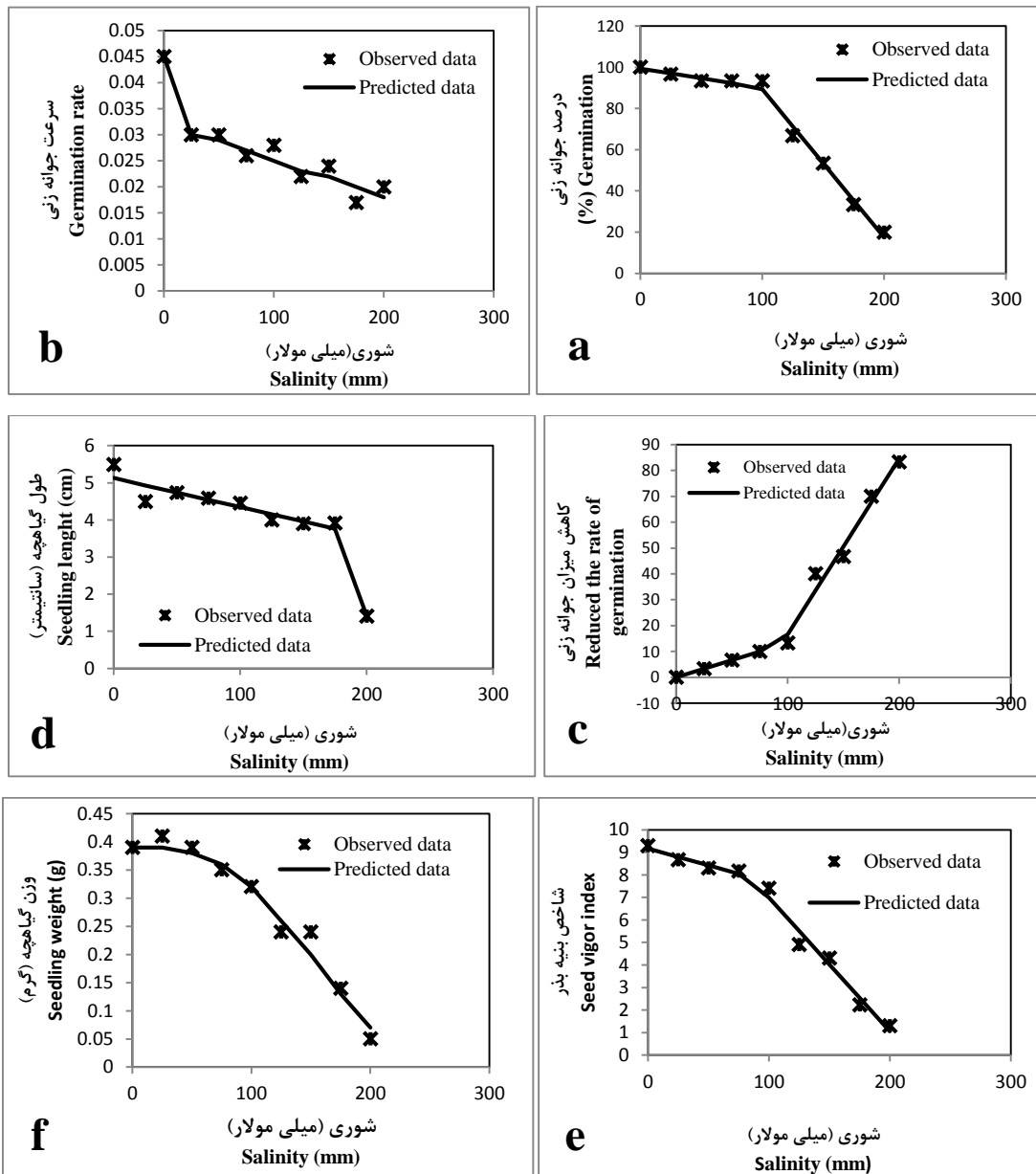
وجود حداقل یک حرف مشترک برای هر ستون، نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین سطوح تیماری در سطح احتمال ۰/۰۵ بر اساس آزمون LSD است.

جدول ۴- ضرایب مدل‌های رگرسیونی غیرخطی برازش داده شده به تغییرات خصوصیات جوانه‌زنی بذر گیاه نوروژک در سطوح مختلف شوری
Table 4- Nonlinear regression model parameters fitted to seed germination characteristics of *S. leriifolia* in different levels of salinity

ضرایب معادلات Parameters of equations				مدل برازش داده شده Fitted model	صفات جوانه‌زنی Germination characteristic
X ₀	عرض از مبدأ Intercept	b	a		
98.94±7.42	99.33±2.7	-0.062±0.07	-0.093±0.057	دوتکه‌ای Segmented	درصد جوانه‌زنی germination percentage
24.77±5.2	0.045±0.002	0.0005±0.00001	-0.00057±0.00001	دوتکه‌ای Segmented	سرعت جوانه‌زنی germination rate
93.92±9.93	-0.013±3.23	0.546±0.08	0.1335±0.06	دوتکه‌ای Segmented	کاهش میزان جوانه‌زنی Germination loss rate
181±3.5	5.13±0.16	-0.11±0.01	-0.007±0.001	دوتکه‌ای Segmented	طول گیاهچه Seedling length
85.1±12.48	9.176±0.34	-0.044±0.008	-0.0152±0.007	دوتکه‌ای Segmented	شاخص بنیه بذر Vigor index
-	0.4±0.02	149±6.82	0.02±0.005	لجستیک Logistic	وزن گیاهچه Seedling weight

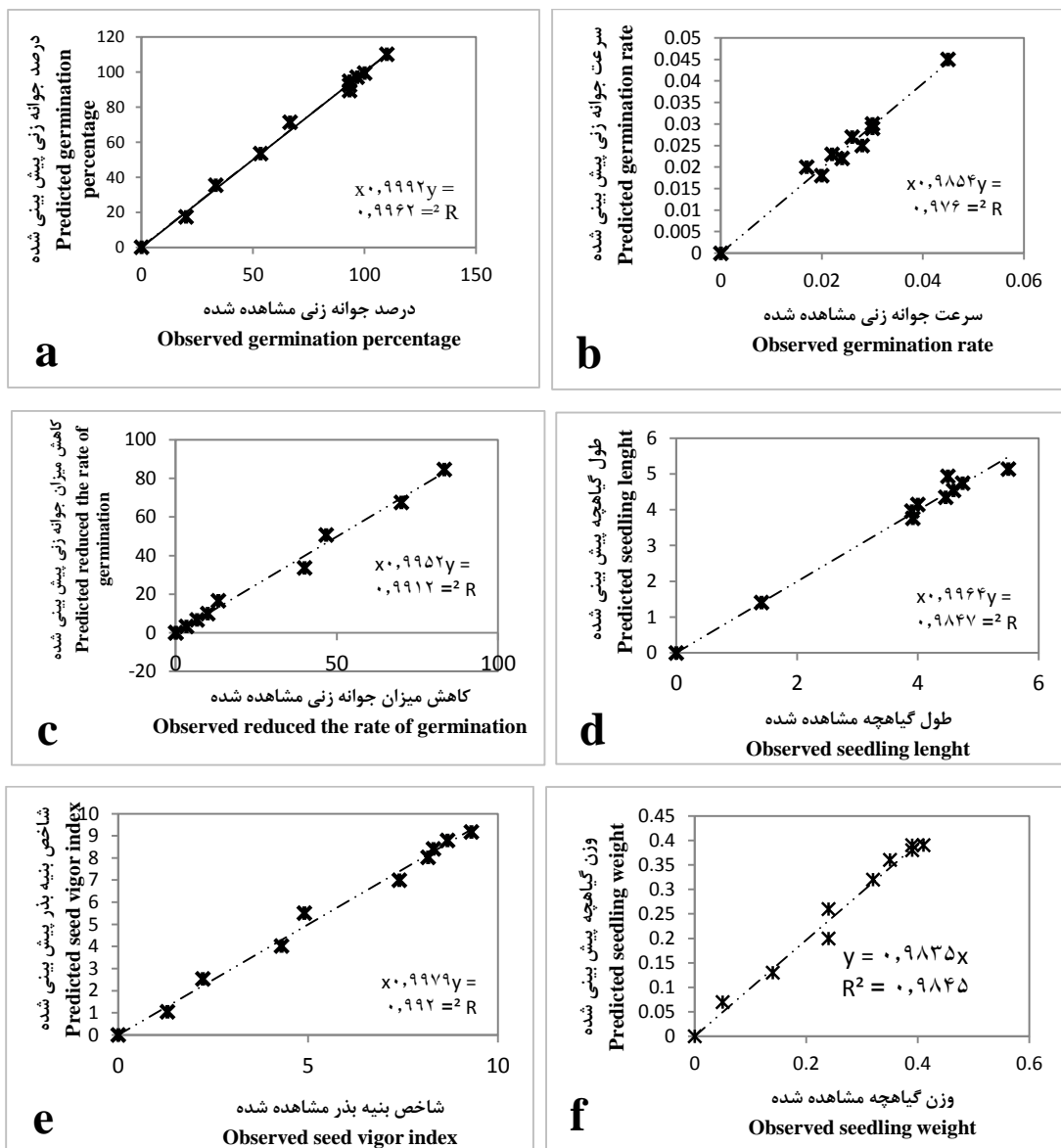
X₀ is break point in 2-piece segmented graph.

X₀ نقطه شکست نمودار دوتکه‌ای است.



شکل ۱- روند تغییرات درصد جوانه‌زنی (a)، سرعت جوانه‌زنی (b)، کاهش میزان جوانه‌زنی (c)، طول گیاهچه (d)، شاخص بیه بدر (e) و وزن گیاهچه (f) در سطوح مختلف شوری در گیاه نوروبک.

Figure 1- Changing pattern of germination percentage (a), germination rate (b), germination loss rate (c), seedling length (d), seed vigor index (e) and seedling weight (f) in different levels of salinity in *S. lerifolia*.



شکل ۲- درصد جوانه‌زنی (a)، سرعت جوانه‌زنی (b)، کاهش میزان جوانه‌زنی (c)، طول گیاهچه (d)، شاخص بنیه بذر (e) و وزن گیاهچه (f) پیش‌بینی شده با استفاده از توابع دو تکه‌ای (برای درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، کاهش میزان جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر) و لجستیک (وزن گیاهچه) در برابر مقادیر مشاهده شده در سطوح مختلف شوری.

Figure 2- Germination percentage (a), germination rate (b), germination loss rate (c), seedling length (d) and seed vigor index (e) predicted by 2-piece segmented model and seedling weight (f) predicted by logistic model versus the values observed in different levels of salinity.

این که با افزایش غلظت‌های نمک از شاهد تا ۱۰۰ میلی‌مولار، طول گیاهچه کوتاه‌تر می‌شود اما این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج برازش مدل رگرسیونی دو تکه‌ای بر تغییرات طول گیاهچه در سطوح

بررسی تأثیر سطوح مختلف شوری بر میانگین طول گیاهچه نوروزک نشان داد که با افزایش غلظت شوری، از طول گیاهچه کاسته می‌شود. طولی‌ترین گیاهچه نوروزک متعلق به تیمار شاهد بود. لازم به ذکر است که با وجود

گیاهچه‌های نوروژک کاهش می‌یابد. حداکثر و حداقل وزن خشک گیاهچه در تیمارهای شاهد و غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار نمک به ترتیب برابر ۰/۳۹ و ۰/۰۵ گرم بود. اگر چه با افزایش شوری تا حد ۱۰۰ میلی‌مولار وزن خشک گیاهچه کاهش می‌یابد اما این میزان کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). بررسی میانگین وزن خشک گیاهچه در سطوح مختلف شوری نشان داد که وزن خشک گیاهچه در شوری ۲۵ میلی‌مولار نسبت به شاهد کمی بیشتر بود، که احتمالاً تأثیر غلظت کم نمک بر افزایش رشد اولیه گیاهچه بوده است (شکل ۱-f). رومانی و احتشامی (Roumani and Ehteshami, 2014) نیز در بررسی تأثیر تنش شوری بر جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه سنبله گزارش کردند که در سطوح شوری ۰/۲- و ۰/۴- مگاپاسگال به علت تحریک رشد اولیه، میزان وزن خشک و تر گیاهچه نسبت به شاهد افزایش یافت. با افزایش غلظت شوری ساخت ترکیباتی با وزن مولکولی بالا مانند پروتئین‌ها کاهش می‌یابد، وزن خشک گیاهچه دچار نقصان می‌شود (Yamamoto *et al.*, 1997).

به طور کلی با توجه به نتایج به دست آمده در این آزمایش می‌توان نتیجه گرفت که بذور گیاه دارویی نوروژک قادرند طی مراحل جوانه‌زنی و سبز شدن تا حدود شوری ۹۰ میلی‌مولار نمک (هدایت الکتریکی نه دسی‌زیمنس بر متر) را بدون کاهش معنی‌دار در مؤلفه‌های جوانه‌زنی تحمل کنند. در این میان در تنها آزمایشی که قبلاً در مورد بررسی تأثیر اسمزی بر جوانه‌زنی گیاه نوروژک توسط حداد خداپرست (Haddad-Khodaparast and Hoseini, 1997) انجام شده است، گزارش شد که حداکثر درصد جوانه‌زنی در گیاه نوروژک در شوری (NaCl) صفر بار (شاهد) مشاهده شد و با افزایش پتانسیل اسمزی تا ۱۲- بار درصد جوانه‌زنی کاهش یافت. محققین دیگر نیز در همین زمینه در مورد سایر گیاهان دارویی به نتایج متفاوتی دست یافته‌اند. به عنوان مثال فلاحی و همکاران (Fallahi *et al.*, 2008) در بررسی تأثیر تنش شوری بر

مختلف شوری نشان داد که افت شدید طول گیاهچه در سطح شوری ۱۸۱ میلی‌مولار حادث می‌شود (شکل ۱-d). به عبارت دیگر گیاهچه‌های نوروژک قادر به تحمل شوری تا حد ۱۸۱ میلی‌مولار بدون کاهش قابل توجه در طول گیاهچه هستند (جدول ۴). کوتاه‌ترین گیاهچه ۱/۳ سانتی‌متر طول داشت که متعلق به تیمار ۲۰۰ میلی‌مولار بود. احتمالاً این مسئله به علت آن است که در غلظت‌های کم نمک، به دلیل وجود یون‌های خاص هم‌چنین تأثیر آن‌ها بر روی نفوذپذیری غشا و فعالیت آنزیم‌های مرتبط با جوانه‌زنی، روند ابتدایی جوانه‌زنی که همان خروج ریشه و رشد بعدی آن است با سرعت بیشتری انجام می‌شود. اما با منفی‌تر شدن پتانسیل آب، فشار تورژسانس درون سلولی کاهش یافته و مانع افزایش حجم سلولی می‌شود. بنابراین از رشد اندام‌های هوایی کاسته می‌شود (Kiegle and Bisson, 1996). شوری سبب کاهش شاخص بنیه بذر شده است. در بررسی اثر شوری بر شاخص بنیه بذر مشخص شد که تأثیر غلظت‌های ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌مولار بر شاخص بنیه بذر معنی‌دار نبود (جدول ۳). به منظور تعیین دقیق سطحی از شوری که در آن شاخص بنیه بذر کاهش معنی‌دار پیدا می‌کند، مدل رگرسیونی دو تکه‌ای بر تغییرات شاخص بنیه بذر در سطوح مختلف شوری برازش داده شد (شکل ۱-e). نتایج این مدل نشان داد که تا شوری ۸۵ میلی‌مولار کاهش شاخص بنیه بذر معنی‌دار نیست اما با افزایش بیشتر غلظت نمک این شاخص دچار افت شدید می‌شود. به عبارت دیگر با افزایش شوری تا آستانه ۸۵ میلی‌مولار، شاخص بنیه بذر کاهش معنی‌داری پیدا نکرده است (جدول ۴). تفاوت شاخص بنیه بذر در غلظت‌های ۱۲۵ و ۱۵۰ و همچنین ۱۷۵ و ۲۰۰ میلی‌مولار نیز غیر معنی‌دار بود. با توجه به این که شاخص بنیه بذر با درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه رابطه مستقیم دارد و با توجه به این که در اثر شوری درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه کاهش می‌یابد، شاخص بنیه بذر با افزایش غلظت شوری، کم می‌شود. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش شوری وزن خشک

وزن خشک ریشه‌چه و درصد جوانه‌زنی گیاه دارویی اسفرزه کاهش یافت. کاهش جوانه‌زنی در اثر تنش شوری به اثر اسمزی و یا به اثر سمی یون‌ها ارتباط داده شده است.

به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که برای صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، کاهش میزان جوانه‌زنی، طول گیاهچه و شاخص بنیه بذر مدل دو تکه‌ای بهتر از سایر مدل‌ها توانست واکنش جوانه‌زنی گیاه نوروژک به شوری را توصیف کند. اما برای کمی کردن تغییرات وزن گیاهچه در سطوح مختلف شوری، مدل لجستیک که بیشترین مقدار ضریب تبیین و کمترین RMSE را نسبت به سایر مدل‌ها داشت، مدل برتر محسوب می‌شود. کامکار و همکاران (2011) نیز مدل دو تکه‌ای را به عنوان مدل برتر در پیش‌بینی سرعت جوانه‌زنی در گیاه خشخاش معرفی کردند. بر اساس برآوردهای انجام شده توسط مدل‌های برتر، بذور گیاه دارویی نوروژک قادرند طی مراحل جوانه‌زنی و سبز شدن تا حد شوری ۹۰ میلی‌مولار نمک را بدون کاهش معنی‌دار در مؤلفه‌های جوانه‌زنی تحمل کنند. این مطلب نشان می‌دهد که نوروژک در مرحله جوانه‌زنی تا حدودی به شوری مقاوم است اما به منظور تعیین جایگاه این گیاه از نظر مقاومت به شوری باید آزمایشات گسترده‌تری با مدت طولانی‌تر و دامنه‌های شوری متنوع‌تر انجام شود. نتایج حاصل از این تحقیق پیش‌زمینه‌ای برای پژوهش‌های آینده بوده و همچنین در اهلی‌سازی و کشت این گیاه در مزرعه قابل استفاده می‌باشد.

خصوصیات جوانه‌زنی مریم‌گلی کبیر دریافتند که که تنش شوری تأثیر معنی‌داری بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی دارد. در این آزمایش تا آستانه شوری ۱۵۰ میلی‌مولار، ۹۸٪ بذرها جوانه زدند. اما با افزایش غلظت نمک تا ۲۵۰ میلی‌مولار، درصد جوانه‌زنی به ۴۴٪ کاهش یافت. طالب و همکاران (Taleb *et al.*, 2009) نیز گزارش کردند که شوری بر روی صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، وزن تر و خشک و شاخص بنیه بذر اثر معنی‌دار داشت. بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی در تیمار شاهد به ترتیب برابر ۷۵/۵۸ و ۲۳/۱۴ بود. با افزایش شوری، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن تر و خشک گیاهچه کاهش نشان داد. آنان با توجه به نتایج به‌دست آمده نتیجه گرفتند که گیاه *Salvia virgata* در مرحله جوانه‌زنی به غلظت شوری ۱۰۰ میلی‌مولار و بالاتر حساس می‌باشد. معصومی‌زواریان و همکاران (Masoumi-Zavarian *et al.*, 2013) دریافتند که با افزایش میزان شوری تا ۲۵۰ میلی‌مولار درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، بنیه بذر، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاهچه، وزن تر و خشک گیاهچه ماریتغال کاهش و همچنین متوسط زمان جوانه‌زنی افزایش یافت. چهارازی و همکاران (Chahrazi *et al.*, 2011) در بررسی اثر سطوح مختلف شوری بر جوانه‌زنی بذر گشنیز گزارش کردند که تنش شوری تا حد ۱۰۰ میلی‌مولار علیرغم کاهش درصد جوانه‌زنی، مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی را افزایش داد. صفرنژاد و همکاران (Safarnejad *et al.*, 2007) نتیجه گرفتند که با افزایش میزان شوری تا سطح ۵۰ میلی‌مولار،

Reference

منابع

- Ahmadi, M. 2015. Response to salinity, role of silicon in salinity tolerance and evaluation of genetic diversity in germplasm of norouzak (*salvia leriiifolia*) medicinal plant. Ph.D Thesis, Tarbiat Modares University, Iran.
- Al-Taisan, W.A. 2010. Comparative effects of drought and salt stresses on germination and seedling growth of *Pennisetum divisum* (Gmel.) Henr. Am. J. Appl. Sci, 7(5):640-646.
- Bajji, M., J.M., Kient and S. Lutts. 2002. Osmotic and ionic effects of NaCl on germination, early seedling growth and ion content of *Atriplex halimus* (Chenopodiaceae). Can. J. Bot. 80(3): 297-304.

- Chahrazi, M., F. Sedighi-Dehkordi, and K. Mousavi. 2011.** Investigating different levels of NaCl salinity on seed germination of *Coriandrum sativum*. The 7th Congress of Horticulture. Isfahan. P: 223. (In Persian)
- Dirksen, C., J.B. Kool, P. Koorevaar, and M.T. Van Genuchten. 1993.** HYSWASORSimulation model of hysteretic water and solute transport in the root zone. p. 99-122. In:D. Russo and G. Dagan (Ed.). Water flow and solute transport in soils. Springer Verlage, New York.
- Fallahi, J., M.T. Ebadi, and R. Ghorbani. 2008.** The effects of salinity and drought stresses on germination and seedling growth of Clary (*Salvia sclarea*). Environ. S. Agri. Sci. 1(1):57-67. (In Persian with English abstract)
- Fileh kesh, E., A. Ali Abadi, H. Farzaneh, M. Borzooei, and A. Dadrasi. 2004.** Ecological Study of Sabzevar *S. leriifolia* region. Proceedings of the First National Conference on the Sustainable Development of Medicinal Plants, Mashhad, 27-29 July 2004, p. 33. (In Persian)
- Garg, G. 2010.** Response in germination and seedling growth in *Phaseolus mungo* under salt and drought stress. J. Environ. Bio. 31: 261-264.
- Haddad-Khodaparast, M.H., and M. Hoseini, 1997.** Effect of environmental factors on seed germination of Norouzak (*Salvia leriifolia*) in laboratory condition. Pajouhesh and Sazandegi. 10(37): 42-47. (In Persian with English abstract)
- Haug, J., and R.E. Redmann. 1995.** Salt and drought tolerance of *Hordeum* and *Brassica* species during germination and early seedling. Can. J. Plant Sci. 75(4): 815-819.
- Homae, M., and R.A. Feddes. 2001.** Quantification of water extraction under salinity and drought. In: W. J. Horst *et al.* (Eds), Plant nutrition-food security and sustainability of agro-ecosystems. p. 376-377.
- Homae, M., R.A. Feddes, and C. Dirksen. 2002a.** Simulation of root water uptake. I.Non-uniform transient salinity using different macroscopic reduction functions. Water Manage. 57:89-109.
- Hosseinzadeh, H., and P. Lari. 2000.** The Effect of *Salvia leriifolia* Root Extracts on Morphine Dependence in Mice. Phyto. Res., 14(5): 384-387.
- Jafarzadeh, A.A. and N. Aliasghar zad. 2007.** Salinity and salt composition effects on seed germination and root length of four sugarbeet cultivars. Proceeding of "Bioclimatology and Natural Hazards" International Scientific Conference, Polana Detva, Slovakia, September 17 - 20, 2007.
- Jalali, V., M. Homae, and S. Mirnia. 2008.** Modeling Canola Response to Salinity in Productive Growth Stages. *J. Crop Prod. and Proc.*, 12, 44, 111-121.
- Kamkar, B., M. Jami Al-Ahmadi, and A. Mahdavi-Damghani. 2011.** Quantification of the cardinal temperatures and thermal time requirement of opium poppy (*Papaver somniferum* L.) seeds germinate using non-linear regression models. In. Crops and Pro., 35: 192-198.
- Kamkar, B., M. Ahmadi, A. Soltani, and E. Zeinali. 2008.** Evaluating non-linear regression models to describe response of wheat emergence rate to temperature. Seed Sci. and Tech., 2: 53-57.
- Kiegle, E.A., and M.A. Bisson. 1996.** Plasma memberane Na⁺ transport in salt-tolerant charophyte. Plant Phy., 111: 1191-1197.
- Maguire, J.D. 1962.** Speed of germination in selection and evolution for seeding vigor. Crop Sci., 2(2): 176-177.
- Masoumi-Zavarian, A., M. Yusefirad, and M. Sharif-Moghadas, 2013.** Effect of salinity stress on seed germination characteristics of *Silybum marianum*. 1st Regional Congress on Medical Plants of North of Iran. Gorgan. P: 122. (In Persian)
- Rechinger, K.H. 1982.** Flora Iranica. No. 150. Academiche Druck. U. Verlag sustalt Gratz. pp: 551-558.
- Roumani, A. and S.MR. Ehteshami. 2014.** Effect of different levels of salinity stress on seed germination and early growth of fenugreek (*Trigonella foenum* L.) seedling. Ir. J. Seed Res., 1(1):33-45. (In Persian with English abstract)
- Saadat, S. and M. Homae. 2014.** Quantification of Sorghum response to salinity in germination stage. Iranian Journal of water research in Agriculture, 28(3): 503-516. (In Persian with English abstract)
- Safarnejad, A., M.R. Salami, and H. Hamidi. 2007.** Investigating morphological characteristics of *Plantago psyllium* L. in salinity stress. Pajouhesh and Sazandegi. 20:156-160. (In Persian)

- Shannon, M.C. 1998.** Adaptation of plant to salinity. *Advanced of Agronomy*, 60: 75-119.
- Stout, D. 1998.** Rapid and synchronous germination of *Cicer milkvetch* seed following diurnal temperature priming. *J. Agro. Crop Sci.*, 181(4): 263-266.
- Taleb, E., L. Safaii, and D. Afuni. 2009.** Effect of different levels of salinity stress on seed germination and early growth of *Salvia virgata* seedling. *Iranian Congress of Medicinal Plants*. Sari. Jahad Daneshgahi of Mazandaran. 1(1):33-45. (In Persian)
- Vance, P.C. 2001.** Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition, *Plant nutrition in a world of declining renewable resources*. *Plant Physiol.*, 27: 390-397.
- Van Genuchten, M. Th., and G.J. Hoffman. 1984.** Analysis of crop salt tolerance data: model description and manual. USDA-ARS-USSL Res. Rep. No. 120. U.S.Gov. print. Office, Washington, DC.
- Weimberg, R. 1987.** Solute Adjustments in Leaves of Two Species of Wheat at Two Different Stages of Growth in Response to Salinity. *Physiol. Plant*, 70:381-388.
- Yamamoto, A., J. Turgeon, and J.M. Duich. 1997.** Seedling emergence and growth of solid matrix primed Kentucky bluegrass seed. *Crop Sci.*, 37(1): 225-229.
- Yavari, N., Y. Sadeghian, and M. Mesbah. 2001.** Using Manitol as drought stress in germination and early growth of *Sugar beet* seedling under in vitro cultures. *J. of Sugar beet.*, 17:37-43. (In Persian)
- Zhu, J.K. 2001.** Plant salt tolerance. *Trends in plant sci.* 6: 66-71.

