Iranian Journal of Weed Science
Vol 19, No 1, 2023 (119-138)
DOI: 10.22034/ijws.2024.363154.1438

مجله دانش علف‌های هرز
دورهٔ ۱۹، شمارهٔ ۱، ۱۴۰۲ (ص ۱۱۹-۱۳۸)

The role of salinity and drought stress on the germination indices of giant reed (*Arundo donax* L.) in the next generation

Mohsen Elahinejad [1], Ghorbanali Asadi [2*], Reza Tavakolafshari [3]
1,2,3. Agrotechnology Department, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
(Received: September 18, 2023 - Accepted: February 4, 2024)

ABSTRACT

In order to investigate the effect of environmental stresses on the germination and establishment of *Arundo donax* (giant reed) and its role in maintaining the survival and propagation of the plant, an experiment was conducted in 2021 at Ferdowsi University of Mashhad. In the first stage, rhizomes from the ecotype of Gorgan city were collected and in the form of a factorial design in the form of a randomized complete block design in three replications and under the treatments of salinity (0, 4, 8, and 12 ds/m) and drought (100, 75, and 50% of the field capacity) was cultivated in the research farm of Ferdowsi University of Mashhad. The results showed that the presence of both salinity and drought stress decreased the growth and development indicators of this plant including the biomass of aerial organs, biomass of underground organs, plant height, stem diameter, and leaf surface index. In the next step, the rhizomes and seeds obtained from the previous step were tested under optimal germination conditions in the laboratory. The results showed that the presence of salt and drought stress during the growing season on the mother plant also reduced the germination rate of the resulting rhizomes in the next generation (76% to less than 20%). The plants that were grown in stress-free conditions had better germination percentage, germination rate, and root and shoot length than the plants that were grown in stress conditions. In addition, the maximum germination percentage of reed seeds was related to the maximum amount of stress on the mother plant, and in the conditions of 12 ds/m salinity level and 50% dry level, the agronomic capacity of reed seeds showed 6% germination, and after that, 8 ds/m salinity level in two drought levels of 75 and 50% of the agricultural capacity, 4% of reed seeds germinated. The general results showed that giant reeds, if grown under conditions of extreme salinity and drought stress during the season, can fertilize a small part of its seeds in order to preserve the survival of its generation and escape from stress conditions, in order to create new genotypes and lead to develop the plants with greater tolerance to the environmental stress.
Key words: Environmental stress, growth, invasive plant, maintenance of survival, weed.

نقش تنش‌های شوری و خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه نی‌قمیش (*Arundo donax* L.) در نسل بعد

محسن الهی‌نژاد[۱]، قربانعلی اسدی[۲*]، رضا توکل‌افشاری[۳]
۱- به‌ترتیب دانش‌آموخته دکتری، دانشیار و استاد، گروه اگروتکنولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
(تاریخ دریافت۱۴۰۲/۶/۲۷ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۵)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنش‌های محیطی بر جوانه‌زنی و استقرار نی‌قمیش ***Arundo donax*** و نقش آن در حفظ بقا و نحوه تکثیر گیاه، آزمایشی در سال ۱۴۰۰ در دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. در مرحله اول ریزوم‌هایی از اکوتیپ شهر گرگان جمع‌آوری شد و به‌صورت طرح فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و تحت تیمارهای تنش شوری (صفر، چهار، هشت، و ۱۲ **ds/m**) و خشکی (۱۰۰، ۷۵، و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه) در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد مورد کشت قرار گرفت. نتایج نشان داد که وجود تنش‌های شوری و خشکی هر دو باعث کاهش شاخص‌های رشد و توسعه‌ای این گیاه نظیر زیست‌توده اندام هوایی، زیست‌توده اندام زیرزمینی، ارتفاع گیاه، قطر ساقه و شاخص سطح برگ شده است. در مرحله بعد ریزوم‌ها و بذور حاصل از مرحله قبل تحت شرایط بهینه جوانه‌زنی در آزمایشگاه مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج نشان داد وجود تنش‌های شوری و خشکی در طول فصل رشد بر گیاه مادری نیز موجب کاهش میزان جوانه‌زنی ریزوم های حاصل از آن در نسل بعدی از ۷۶ درصد به کمتر از ۲۰ درصد شد. گیاهانی که در شرایط بدون تنش رشد پیداکرده بودند میزان جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه بهتری را نسبت به گیاهانی که در شرایط وجود تنش رشد پیداکرده بودند داشتند. همچنین، حداکثر میزان جوانه‌زنی بذر نی‌قمیش مربوط به حداکثر میزان تنش‌های موجود روی گیاه مادری بود و در شرایط سطح شوری ۱۲ **ds/m** و سطح خشکی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بذور نی‌قمیش شش درصد جوانه‌زنی را از خود نشان دادند و پس‌ازآن سطح شوری هشت **ds/m** در دو سطح خشکی ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی توانست منجر به جوانه‌زنی چهار درصد بذور نی‌قمیش شود. نتایج کلی نشان داد نی‌قمیش در صورت رشد در شرایط تنش شدید شوری و خشکی در طول فصل می‌تواند برای حفظ بقای نسل خود و فرار از شرایط تنش نسبت به بارورسازی بخش کمی از بذور خود اقدام کند تا با ایجاد ژنوتیپ‌های جدید منجر به توسعه گیاهانی باقابلیت تحمل بیشتر به تنش‌های محیطی شود.

واژه‌های کلیدی: تنش محیطی، حفظ بقا، رویش، علف‌هرز، گیاه مهاجم.

*** Corresponding author E-mail: asadi@um.ac.ir**

مقدمه

گیاه ***Arundo donax*** یا نی‌قمیش متعلق به خانواده **Poaceae** است و تصور می‌شود که از آسیا تا منطقه مدیترانه (و شمال آفریقا) و آمریکا گسترش یافته است (**Hardion *et al.*, 2014**). این یکی از بزرگ‌ترین گیاهان علفی در جهان است. در منطقه مدیترانه، ***A. donax*** در اوایل بهار (مارس) جوانه می‌زند که چرخه رویشی خود را تا زمان گل‌دهی بین ماه‌های اوت و نوامبر ادامه می‌دهد. در اواخر پاییز، ساقه‌ها زرد می‌شوند و برگ‌ها و گل‌آذین خود را از دست می‌دهند، اگرچه ریزوم، فعال باقی می‌ماند (**Tucker, 1990**).

گیاه ***A. donax*** در کشور ایران نیز رشد می‌کند، این گیاه در برخی مناطق ایران مانند شمال کشور، استان گلستان، مازندران و گیلان و همچنین استان هرمزگان و سیستان و بلوچستان رشد می‌کند (**CABI, 2021**). به‌طور کلی، این گیاه در مناطقی با آب‌وهوای گرم و مرطوب و یا آب‌وهوای معتدل رشد می‌کند (**USDA, 2020**). همچنین، با توجه به قابلیت این گیاه در تحمل تنش‌های مختلف، در برخی مناطق کشور به‌عنوان گیاهی مقاوم به‌منظور کنترل فرسایش و چیدمان مناظر طبیعی نیز مورد استفاده قرارگرفته است (**Hashemi & Nassiri, 2016**).

A.donax دارای گل‌آذین خوشه‌ای با خوشه‌های بزرگ است که حاوی گل‌های استریل است که دانه‌های غیر قابل دوام تولید می‌کند. این گیاه از طریق جوانه‌زنی ریزوم‌ها یا گره‌های ساقه که توسط جریان آب یا عمل انسان پراکنده می‌شوند، تکثیر می‌شود. برخی از محققان ***A. donax*** را به‌دلیل سهولت تکثیر، یک گونه مهاجم در نظر گرفته‌اند (**Angelini *et al.*, 2009; Lambert *et al.*, 2010**).

یکی از مشکلاتی که برای کشت گیاه ***A. donax*** برای تولید زیست‌توده وجود دارد، ناباروری بذر است. بذر این گیاه در بسیاری از موارد نابارور است و رویش و رشد گیاه از طریق بذر بسیار کند و کم‌بازده است. علت اصلی ناباروری بذر گیاه ***A. donax***، ازدیاد نسبی ژنومی است (**Vázquez-García *et al.*, 2016**). ***A. donax*** دارای ژنومی بسیار بزرگ است که حدود هشت تا ۱۰ برابر ژنوم انسان است. این ژنوم بزرگ می‌تواند باعث ایجاد ازدیاد نسبی ژنومی و ایجاد کروموزوم‌های اضافی و یا تغییرات دیگر در ژنوم گیاه شود که منجر به ناباروری بذر می‌شود (**Pignone & Gigante, 2013**).

تحمل گیاه ***A. donax*** به تنش‌های محیطی، از جمله خشکی، شوری، سرما و آلودگی، بسیار بالاست. بررسی‌ها نشان داده است که این گیاه می‌تواند در شرایطی که خشکی و شوری خاک وجود دارد، به‌خوبی رشد کند و عملکرد خوبی داشته باشد. همچنین، ***A. donax*** می‌تواند در برابر سرما به‌خوبی تحمل کند و در مناطق با آب‌وهوای سرد نیز به‌خوبی رشد کند.

تنش‌های محیطی می‌توانند بر تکثیر جنسی گیاهان تأثیرات متعددی داشته باشند. به‌عنوان مثال، در

شرایط تنش خشکی، گیاهان معمولاً به سمت تولید بذر کمتر و تولید مثل غیر جنسی بیشتر می‌روند. این نوع استراتژی تولید، به‌عنوان استراتژی "سازگاری با تنش" شناخته می‌شود (**Chaves *et al.*, 2003**).

تنش‌های خشکی و شوری می‌توانند بر جهش در بذر گیاهان تأثیرگذار باشند. این تنش‌ها ممکن است باعث تغییراتی در ژنوم گیاه شوند که می‌تواند منجر به جهش در بذر گیاه شود. این جهش‌ها ممکن است باعث تغییرات در خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاه شوند که می‌تواند در پاسخ به شرایط جدید محیطی باعث بقا و یا انتخاب طبیعی گیاه شود (**Li *et al.*, 2018**).

نتایج تحقیقات کومار و همکاران (**Kumar *et al.*, 2018**) روی گیاه برنج (***Oryza sativa* L.**) نشان داد که تنش خشکی می‌تواند باعث افزایش جهش در بذر گیاه برنج شود. در این تحقیق، بذرهای گیاه برنج در شرایط تنش خشکی قرار گرفتند و سپس با بذرهای کنترل (بدون تنش خشکی) مقایسه شدند. نتایج نشان داد که تنش خشکی می‌تواند باعث جهش در ژنوم بذر گیاه برنج شود. همین شرایط برای تنش شوری نیز گزارش‌شده است و نتایج تحقیقات وانگ و همکاران (**Wang *et al.*, 2004**) روی گیاه ذرت (***Zea mays* L.**) نیز همین نتایج را نشان دادند و تنش شوری منجر به جهش در بذر گیاهان رشد کرده تحت شرایط تنش شده است. بنابراین، برای حفظ بقای نسل گیاهان و تولید بذر و نهال‌های جدید، باید شرایط محیطی مناسب برای رشد و توسعه گیاهان فراهم شود. همچنین، باید از روش‌های مناسب تکثیر گیاهان استفاده کرد تا بتوان به حفظ بقای نسل گیاهان و تولید بذر و نهال‌های جدید کمک کرد (**Chang & Liu, 2016**).

علیرغم مطالعات متعدد صورت‌گرفته روی ***A. donax***؛ هنوز بررسی نقش تنش‌های محیطی بر ایجاد جهش و تغییرات ژنتیکی بذور این گیاه و نسل بعدازآن مجهول مانده است و لازم است تا در این زمینه مطالعات بیشتری صورت بگیرد. هدف اصلی این پژوهش بررسی نقش تنش‌های محیطی روی گیاه مادری و تأثیر آن بر باروری بذور گیاه و ایجاد ژنوتیپ‌های جدید از آن است؛ زیرا ایجاد ژنوتیپ-های جدید ***A. donax*** در اثر تنش‌های محیطی برای حفظ بقا، با توجه به پتانسیل تهاجم‌پذیری این گیاه می‌تواند منجر به توسعه بیشتر این گیاه در نواحی شمالی ایران و سایر نقاط کشور شود و زیست‌بوم این مناطق را دستخوش تغییر قرار دهد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی نقش تنش‌های محیطی در حفظ بقا و تولید مثل علف هرز نی‌قمیش آزمایشی به‌صورت طرح کاملاً تصادفی و طی دو فاز در اتاقک رشد و ژرمیناتور با چهار تکرار انجام شد. به‌همین‌منظور ریزوم‌هایی هم‌سن به طول پنج تا ۱۰ سانتی‌متر از بین بیش از ۵۰ بوته از حاشیه ۱۰ مزرعه مختلف از اکوتیپ منطقه کوهستانی و زراعی هزار پیچ گرگان جمع‌آوری شده و به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در بهار و تابستان سال ۱۴۰۰ کشت شد. فاکتور اصلی شامل

چهار سطح شوری (سطح اول یا شاهد (S_1) بدون اعمال تنش شوری و با شوری آب آبیاری و سطوح دیگر شوری شامل چهار د سی‌زیمنس بر متر (S_2)، هشت دسی‌زیمنس بر متر (S_3) و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر (S_4) با حل‌کردن نمک **NaCl** خالص در آب آبیاری اعمال شد)، فاکتور فرعی نیز شامل تیمارهای خشکی در سه سطح آبیاری (تا حد ظرفیت زراعی به‌عنوان تیمار شاهد (I_1)، آبیاری زمین تا ر سیدن به حد ۷۵ درصد ظرفیت زراعی (I_2) و آبیاری تا ر سیدن به حد ۵۰ در صد ظرفیت زراعی (I_3) اعمال شد. پس از رشد گیاه و اعمال تنش‌ها، برداشت قسمت‌های هوایی و زیرزمینی نی‌قمیش در انتهای فصل رشد انجام شد.

در فاز اول این آزمایش بذور حاصل از گیاهان مادری که تحت تیمارهای مختلف شوری و خشکی در شرایط آب‌وهوایی شهر مشهد قرارگرفته بودند به‌صورت جداگانه درون پتری‌دیش و در ژرمیناتور تحت شرایط مناسب جوانه‌زنی قرار گرفت. قبل از کشت، بذور با استفاده از هیپوکلرید سدیم درصد به مدت سه دقیقه ضدعفونی شده و سپس شستشوی بذور به مدت پنج دقیقه با آب مقطر انجام شد. هر واحد آزمایشی شامل یک عدد پتری‌دیش همراه با دو عدد کاغذ صافی واتمن به همراه ۵۰ عدد بذر حاصل از گیاهان مادری مورد آزمایش بود. جهت جلوگیری از تبخیر آب از پتری‌دیش‌ها نیز درب آن‌ها با پارافیلم مسدود شد. واحدهای آزمایشی درون ژرمیناتور با شرایط دمایی ۲۰-۱۵ درجه سانتی‌گراد و شرایط نوری ۱۲/۱۲ ساعت (شب/روز) قرارگرفته و شمارش جوانه‌زنی بذور ۲۴ ساعت بعد از شروع آزمایش و به‌طور منظم تا مدت ۱۴ روز انجام شد. تمامی جوانه‌هایی که بیش از یک میلی‌متر رشد کرده بودند، به‌عنوان جوانه‌زده در نظر گرفته شد و صفاتی مانند درصد و سرعت جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه اندازه‌گیری شد.

در فاز دوم آزمایش، ریزوم‌های حاصل از گیاهان مادری تحت تیمارهای مختلف از عمق ۲۰ تا ۳۵ سانتیمتری خاک جهت انجام کار جمع‌آوری و غلاف دور ریزوم‌ها جدا شدند. پس از ضدعفونی این قطعات با محلول بنومیل ۰/۵ درصد، هر تیمار شامل ۱۰ عدد ریزوم به طول پنج تا ۱۰ سانتی‌متری و قطر ۳۰-۲۰ میلی‌متری حاصل از گیاهان مادری رشد کرده تحت تنش شوری و خشکی که حداقل دو جوانه داشتند بود که به‌صورت جداگانه درون بطری‌های پلاستیکی به قطر ۲۰ سانتی‌متر همراه با دو عدد کاغذ صافی واتمن در اتاقک رشد تحت شرایط دمایی ۱۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد و شرایط نوری ۱۲/۱۲ ساعت (شب/روز) قرار گرفت. جهت جلوگیری از تبخیر آب از بطری‌های پلاستیکی، درب آن‌ها با پارافیلم مسدود شد. شمارش رویش ریزوم‌ها، ۲۴ ساعت بعد از شروع آزمایش به مدت ۱۴ روز در یک زمان مشخص انجام شد. تمامی رویش‌هایی که بیش از یک سانتی‌متر رشد کرده بودند، به‌عنوان رویش پیداکرده در نظر گرفته و صفاتی مانند درصد و سرعت رویش، میانگین زمان رویش، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه اندازه‌گیری شد.

درصد رویش ریزوم ها و جوانه‌زنی بذور نیز با استفاده از معادله (۱) محاسبه شد (**Rahimian *et al*., 2006**):

معادله (۱) $\mathbf{PG} = \frac{n*100}{N}$

که در آن، **PG** درصد رویش ریزوم یا بذر، **N** تعداد کل جوانه های موجود و **n** تعداد جوانه های ریزوم یا بذری که رویش پیداکرده است. رویش هریک از تیمارها نیز از شاخص درصد جوانه‌زنی نهایی[1] (**SP**) (معادله ۲) و سرعت جوانه‌زنی[2] (**GRI**) (معادله ۳) محاسبه شد (**Holt & Orcutt, 1996**).

معادله (۲) $\mathbf{SP}= \left(\frac{g}{N}\right) * 100$

که در این معادله **g** تعداد جوانه‌های رویش‌پیداکرده، **N** تعداد کل جوانه‌های موجود در هر پتری‌دیش است.

معادله (۳) $\mathbf{GRI}=\sum_{i=1}^{n} \frac{Gi}{Di}$

که در این معادله **Gi** تعداد جوانه‌های رویش‌یافته در هر روز و **Di** تعداد روز شمارش تا روز **n** می‌باشد. به دلیل اینکه در این شاخص، جوانه‌زنی نهایی یا همان نسبت جوانه‌زنی ($\mathbf{G_{total}.N}$) در سرعت جوانه‌زنی ضرب می‌شود، به‌نوعی به معادله وزن داده شده است؛ ازاین‌رو به آن سرعت جوانه‌زنی وزن داده‌شده[3] (معادله ۴) گفته می‌شود (**Steinmaus *et al*., 2000**).

معادله (۴) $\mathbf{GRI} = \left(\frac{G_{total}}{N}\right) * \sum_{i=1}^{n} \frac{Gi}{Di}$

G_{total} تعداد کل جوانه های رویش‌پیداکرده و **N** تعداد کل جوانه‌های موجود در هر پتری‌دیش می‌باشد.

همچنین به‌منظور بررسی اثر سطوح مختلف شوری و خشکی بر درصد رویش ریزوم قمیش از یک مدل لجستیک سه‌پارامتره (معادله ۵) استفاده شد (**Chauhan *et al*., 2006**):

معادله (۵) $\mathrm{RS}(\%) = \frac{\mathrm{RS_{max}}}{[1+(x.x_{50})^{\mathrm{RS_{rate}}}]}$

که در این معادله **RS (%)**، درصد رویش ریزوم یا بذر در سطح شوری یا خشکی **X**، **RS_{max}** حداکثر درصد رویش ریزوم یا بذر، **X_{50}** سطح شوری یا خشکی لازم جهت ۵۰ در صد بازدارندگی حداکثر رویش ریزوم یا بذر و **RS_{rate}** نشانگر شیب کاهش رویش ریزوم یا بذر در اثر افزایش سطوح شوری یا خشکی می‌باشد.

تجزیه واریانس آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین با آزمون **FLSD** در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. همچنین برازش مدل ها با نرم‌افزار **Sigma plot.14** انجام شد و نمودارها با نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۶ رسم شد. مقایسه مدل‌ها بر اساس سنجه‌های **R^2_{adj}** و ریشه میانگین مربعات خطا (**RMSE=Root mean square root**) انجام شد.

نتایج و بحث

جوانه‌زنی ریزوم

[1] **Sprouting Percentage**
[2] **Germination Rate Index**
[3] **Weighted Germination Rate Index**

نتایج حاصل از بررسی اثر تنش‌های شوری و خشکی بر رشد و توسعه گیاه نی‌قمیش و تأثیر آن بر شاخص‌های مختلف جوانه‌زنی ریزوم حاصل از این گیاه (جدول ۱) نشان داد که گیاهانی که در شرایط بدون تنش رشد پیدا کرده‌اند میزان جوانه‌زنی و شاخص‌های سرعت جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه بهتری را نسبت به گیاهانی که در شرایط وجود تنش رشد پیداکرده‌اند دارا می‌باشند؛ در این آزمایش ریزوم گیاه رشد پیداکرده در شرایط عدم وجود تنش، ۷۶ درصد جوانه‌زنی داشت؛ اما وجود تنش‌های شدید شوری و خشکی روی گیاه مادری توانست جوانه‌زنی ریزوم حاصل از آن را به کمتر از ۲۰ درصد برساند؛ به عبارتی افزایش تنش‌های محیطی در شرایط رشد و توسعه‌ای گیاه نی‌قمیش می‌تواند بر درصد جوانه‌زنی نسل بعد آن تأثیرگذار باشد و میزان آن را کاهش دهد. مانس و تستر (**Munns & Tester, 2008**) در تحقیقات خود عنوان کردند که تنش شوری می‌تواند به کاهش تعداد بذرهای تولیدی در بسیاری از گیاهان در انتهای فصل منجر شود.

با افزایش تنش‌های شوری و خشکی اعمال‌شده روی گیاه مادری میزان درصد جوانه‌زنی ریزوم حاصل از کاهش پیدا کرد؛ به‌نحوی‌که افزایش تنش خشکی بدون حضور تنش شوری از سطح آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه به ۷۵ درصد و ۵۰ درصد به‌ترتیب منجر به کاهش درصد جوانه‌زنی به‌ترتیب از ۷۶ درصد به ۶۲ درصد و ۴۱ درصد شد. همچنین در صورت وجود سطوح مختلف تنش شوری در هر یک از این تیمارها روند کاهشی وجود داشت و درنهایت بیشترین کاهش درصد جوانه‌زنی مربوط به سطح خشکی ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه و سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بود. هر دو تنش شوری و خشکی توانست درصد جوانه‌زنی ریزوم نی‌قمیش را کاهش دهد. بااین‌وجود تأثیر تنش خشکی بیش از تنش شوری بود، به‌طوری‌که اختلاف درصد جوانه‌زنی ریزوم نی‌قمیش بین سطوح مختلف تنش خشکی در هر یک از سطوح تنش شوری معنی‌دار بود، اما این اختلاف در مقایسه بین سطوح مختلف تنش شوری با یکدیگر در هر سطح از خشکی کمتر و گاهی غیر معنی‌دار بود. به‌عبارت‌دیگر، گیاهان رشدکرده در شرایط تنش خشکی می‌توانند روی جوانه‌زنی نسل بعد خود نیز تأثیرگذار باشند و میزان جوانه‌زنی آن را کاهش دهند که طبیعتاً این روش می‌تواند منجر به کنترل نسبی این گیاه در طی چند نسل پس از خود شود. تنش‌های محیطی همچنین می توانند بر بقای نسل گیاهان تأثیر بگذارند. در یک تحقیق، اثر تنش خشکی بر بقای نسل گیاه دارویی چای سبز (***Camellia sinensis***) مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش بقای نسل گیاهان می‌شود (**Bao *et al.*, 2017**).

جدول ۱- شاخص‌های جوانه‌زنی ریزوم نی‌قمیش حاصل از گیاه مادری کشت‌شده در شرایط وجود سطوح مختلف شوری و خشکی در شرایط آب‌وهوایی شهر مشهد.

Table 1. Germination indices of *A.donax* rhizome obtained from the mother plant cultivated under conditions of different levels of salinity and dryness in the climatic conditions of Mashhad city.

Drought level (MPa)	Salinity level (dS.m)	SP (%)	GPD (%)	GRI (seedling day^{-1})	WGRI (seedling day^{-1})	Root length (mm)	Stem length (mm)
I_1	S_1	76 (3) ^{a}	5.42 (0.3) ^{a}	5.96 (0.5) ^{a}	4.53 (0.4)^{a}	9.6 (0.51)^{a}	15.4 (0.44)^{a}
I_1	S_2	70 (3) ^{ab}	5 (0.3) ^{a}	5.42 (0.45) ^{a}	3.79 (0.35)^{b}	9.2 (0.5)^{a}	15 (0.38)^{a}
I_1	S_3	64 (2) ^{b}	4.57 (0.27) ^{b}	4.35 (0.37) ^{b}	2.79 (0.26)^{d}	8.8 (0.41)^{ab}	14.4 (0.26)^{b}
I_1	S_4	52 (2) ^{c}	3.71 (0.15) ^{cd}	4 (0.33) ^{bc}	2.08 (0.2)^{e}	8 (0.39)^{b}	12.3 (0.15)^{d}
I_2	S_1	62(2) ^{b}	4.42 (0.23) ^{bc}	5.69 (0.47) ^{bc}	3.53 (0.34)^{bc}	8.9 (0.41)^{ab}	14.2 (0.21)^{bc}
I_2	S_2	58 (2) ^{bc}	4.14 (0.2) ^{c}	4.75 (0.45) ^{c}	2.75 (0.26)^{d}	8.5 (0.4)^{b}	13.8 (0.18)^{c}
I_2	S_3	48 (2) ^{c}	3.42 (0.13) ^{d}	4.37 (0.37) ^{cd}	2.1 (0.2)^{e}	8 (0.39)^{b}	13.4 (0.16)^{cd}
I_2	S_4	38 (1) ^{d}	2.71 (0.05) ^{e}	2.98 (0.23) ^{d}	1.13 (0.05)^{g}	7.2 (0.27)^{c}	10.5 (0.01)^{h}
I_3	S_1	46 (2) ^{cd}	3.28 (0.12) ^{de}	3.85 (0.3) ^{g}	1.77 (0.08)^{f}	7.4 (0.28)^{bc}	12.3 (0.15)^{f}
I_3	S_2	41 (2) ^{d}	3.18 (0.12) ^{d}	3.54 (0.25) ^{hi}	1.57 (0.06)^{fg}	7 (0.24)^{c}	12 (0.12)^{f}
I_3	S_3	30 (1) ^{de}	2.14 (0.03) ^{g}	2.38 (0.17) ^{i}	0.71 (0.01)^{h}	6.6 (0.13)^{cd}	11.3 (0.01)^{g}
I_3	S_4	20 (1) ^{ef}	1.42 (0.01) ^{i}	1.51 (0.1) ^{j}	0.3 (0.01)^{i}	5.7 (0.08)^{d}	8.6 (0.01)^{i}

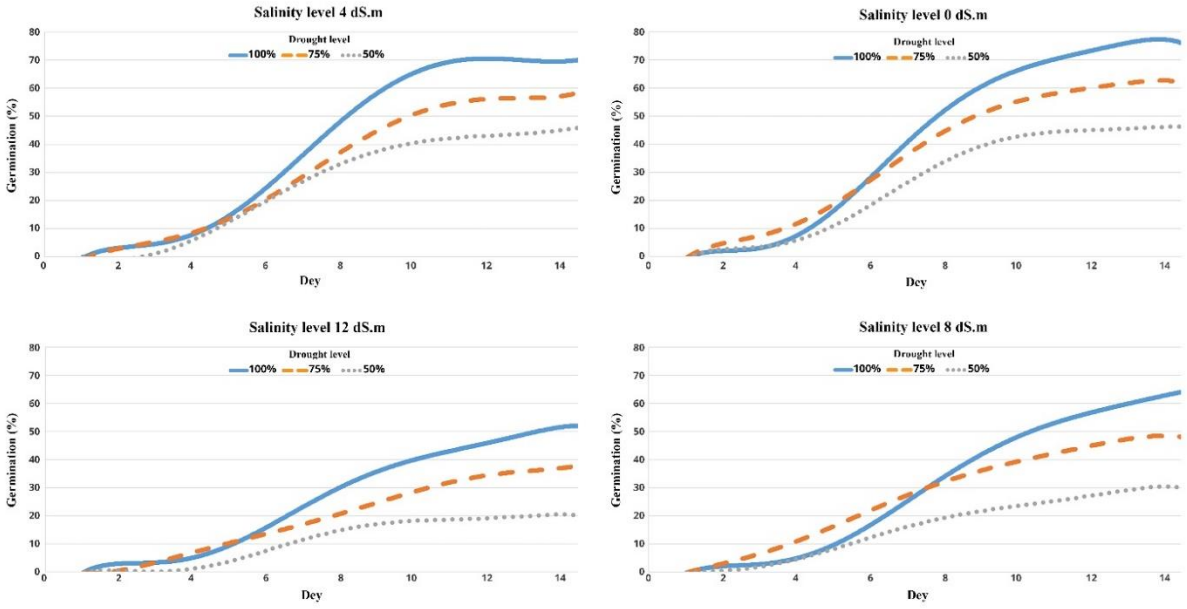
The means within the column followed by different letters differ significantly at $p\leq0.05$ level (FLSD test). The values in parenthesis are standard error of the means.

سایر شاخص‌های اندازه‌گیری شده در این آزمایش نیز نشان داد که با افزایش سطح تنش‌های شوری و خشکی پارامترهای جوانه‌زنی در ریزوم حاصل از این گیاهان تحت تأثیر قرار می‌گیرد و منجر به کاهش آن‌ها می‌شود. درصد جوانه‌زنی روزانه، سرعت جوانه‌زنی و همچنین طول ریشه چه و ساقه‌چه ریزوم نی‌قمیش حاصل از گیاه مادری رشد پیداکرده در سطوح مختلف تنش شوری و خشکی، با افزایش سطح تنش‌ها روند کاهشی را از خود نشان دادند و همچون پارامتر در صد جوانه‌زنی، با افزایش سطح تنش خشکی از ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه به ۷۵ درصد و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی این شاخص‌ها کاهش پیدا کردند، اما میزان اختلاف بین سطح خشکی ۱۰۰ درصد و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی باوجود اختلاف معنی‌دار مقدار کاهش کمتری را داشت و سطح خشکی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به‌طور قابل توجهی توانست این اختلاف را چشمگیرتر کند. به‌عنوان مثال، سرعت جوانه‌زنی وزن‌داده‌شده در شرایط عدم وجود تنش شوری به‌ترتیب از ۴/۵۳ به ۳/۵۳ و ۱/۷۷ ریزوم در روز در سطح تنش خشکی به‌ترتیب از ۱۰۰ درصد به ۷۵ درصد و ۵۰ درصد رسید که منجر به ایجاد اختلاف بسیار بین سطوح ۷۵ درصد و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی شد. همین روند در سایر پارامتر های اندازه‌گیری‌شده نیز وجود داشت و همه آنان در سطح تنش خشکی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی اختلاف زیادی را با سایر سطوح تنش خشکی نشان دادند.

در رابطه با تنش شوری نیز اختلاف بین سطوح مختلف آن در پارامترهای اندازه‌گیری شده معنی‌دار

بود و این تنش نیز توانسته بود شاخص‌های جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار دهد. به‌طور کلی افزایش تنش‌های شوری و خشکی در طول فصل رشد گیاه نی‌قمیش می‌تواند منجر به کاهش جوانه‌زنی ریزوم‌های نسل بعد از خود شود؛ اما تنش خشکی بیش از تنش شوری می‌تواند این روند را کاهش دهد و منجر به این شود که جمعیت این گیاه در منطقه کاهش پیدا کند.

نتایج مطالعه‌ای که درباره تحمل گیاه نی‌قمیش به تنش خشکی انجام شد (**Hosseini *et al.*, 2019**) نشان داد که این گیاه به تنش جزئی خشکی مقاومت خوبی دارد و می‌تواند در شرایط آبیاری محدود و با کمبود آب به خوبی رشد کند؛ اما در شرایط تنش شدید خشکی عملکرد و جوانه زنی گیاه کاهش پیدا کرد.



شکل ۱- جوانه‌زنی ریزوم نی‌قمیش حاصل از گیاه مادری کشت‌شده در شرایط مختلف شوری و خشکی و شرایط آب‌وهوایی شهر مشهد.

Figure 1. Germination of the rhizome of *.A.donax* from the mother plant cultivated in different salinity and drought conditions and the weather conditions of Mashhad city.

روند جوانه‌زنی ریزوم نی‌قمیش حاصل از گیاه مادری کشت‌شده در شرایط مختلف تنش شوری و خشکی در شهر مشهد (شکل ۱) نشان می‌دهد جوانه‌زنی ریزوم‌ها با افزایش زمان روند افزایشی دارند و پس از گذشت مدتی به ثبات می‌رسند و جوانه‌زنی جدیدی اتفاق نمی‌افتد. با توجه به نمودار، با افزایش سطح تنش‌های شوری و خشکی میزان جوانه‌زنی نهایی کاهش پیدا می‌کند. اختلاف بین سطوح مختلف شوری و خشکی در تمام نمودارها معنی‌دار بود که نشان می‌دهد هر دو تنش شوری و

خشکی به‌تنهایی می‌توانند منجر به کاهش میزان رویش جوانه‌های نی‌قمیش در نسل بعد شوند. در تمامی نمودارها رویش جوانه‌های نی‌قمیش تا حدود شش روز پس از کشت در تمامی سطوح تنش مقدار یکسانی را داشتند. پس‌ازآن این اختلاف بین سطوح مختلف تنش افزایش پیدا کرد؛ به عبارتی تأثیر تنش‌های شوری و خشکی روی گیاه مادری منجر به اختلاف در جوانه‌زنی ریزوم‌های نسل بعد می‌شود که این اختلاف در روزهای اول جوانه‌زنی زیاد مشهود نیست و پس‌ازآن این اختلاف شکل معنی‌داری را به خود می‌گیرد و گیاهی که بیشترین تنش روی آن اعمال شده است، جوانه‌زنی ریزوم حاصل از آن به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرد و میزان آن حتی باگذشت زمان ثابت باقی می‌ماند.

تغییراتی که در خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاهان در پاسخ به شرایط جدید محیطی رخ می‌دهد، به شدت وابسته به نوع تنش و محیط زیستی هستند که گیاه در آن قرار می‌گیرد. به‌عنوان مثال، تنش خشکی ممکن است باعث کاهش رشد گیاه، کاهش محتوای آب گیاه، کاهش غلظت کلروفیل، افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها و تولید پروتئین‌های خاص شود که به تنظیم تعادل آبی در گیاه کمک می‌کنند (**Chaves *et al.*, 2003**). با توجه به شکل ۱ بیشترین میزان جوانه‌زنی ریزوم‌های نی‌قمیش در بین روزهای شش تا ۱۰ پس از کشت اتفاق می‌افتد و پس‌ازآن این میزان ثابت می‌ماند و دیگر جوانه‌زنی جدیدی رخ نمی‌دهد. به‌بیان دیگر ریزوم‌های نی‌قمیش پس از قرارگیری در شرایط جوانه‌زنی تا حدود شش روز رویش کمی دارند و پس‌ازآن با جذب آب بیشتر و تحریک جوانه‌ها، رویش اتفاق می‌افتد و پس از گذشت چهار تا پنج از روند افزایشی جوانه‌زنی ریزوم‌ها این مقدار ثابت باقی می‌ماند و جوانه‌زنی جدیدی رخ نمی‌دهد. همین امر نشان می‌دهد که جوانه‌های گیاه نی‌قمیش تا چند روز پس از قرارگیری در شرایط مساعد، جوانه‌زنی در آن‌ها اتفاق نمی‌افتد تا اینکه شرایط به ثبات برسد و پس‌ازآن حداکثر رویش جوانه‌ها انجام می‌شود تا بتوانند از این شرایط استفاده کنند. در این مدت تمام جوانه‌هایی که قابلیت رویش دارند رویش می‌یابند؛ بنابراین گیاهان نی‌قمیشی رشد کرده در مناطق با نوسانات زیاد دمایی و آب‌وهوایی، شانس کمتری برای بقا خواهند داشت. این نوسانات حتی در شرایطی که تنش رخ نداده باشد منجر به کاهش جوانه‌زنی ریزوم‌های آنان می‌شود که طبیعتاً جمعیت نسل بعد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. یکی از دلایل احتمالی رشد بیشتر این گیاه در مناطق شمالی ایران اختلاف دمایی و نوسانات اقلیمی کمتر نسبت به سایر مناطق است و همین امر باعث می‌شود که ریزوم‌های این گیاه در هر موقع از سال بتوانند جوانه‌زنی داشته و جمعیت این گیاه در این مناطق را حفظ کنند. با این حال باید توجه داشت که کشت این گیاه در برخی مناطق ممکن است باعث ایجاد مشکلات اکولوژیکی شده و برای کشت آن باید از رویکردهای پایدار و مدیریت مناسب استفاده شود (**Gholami & Taheri, 2018; Jafari & Fakherifard, 2019**).

پارامترهای تأثیر سطوح تنش شوری و خشکی بر جوانه‌زنی ریزوم گیاه مادری نی‌قمیش در شرایط

آب‌وهوایی شهر مشهد (جدول ۲) نشان داد که حداکثر میزان جوانه‌زنی مربوط به تیماری بود که گیاه مادری در تنش رشد نکرده باشد. بر این اساس با افزایش میزان تنش‌های شوری و خشکی روی گیاه مادری میزان جوانه‌زنی ریزوم‌های حاصل از آن کاهش پیدا می‌کند و درصد جوانه‌زنی ریزوم‌ها از ۷۶ درصد در شرایط عدم تنش به کمتر از ۲۰ درصد در شرایط حداکثر تنش محیطی می‌رسد. همین مسئله بیانگر این موضوع است که تنش‌های محیطی علاوه بر اینکه میزان رشد و توسعه گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند، می‌توانند روی نسل بعدی این گیاه نیز اثرگذار بوده و منجر به جوانه‌زنی کمتر ریزوم‌های حاصل از آن شوند. یکی از علل این امر را می‌توان پایین‌بودن مواد ذخیره‌ای در ریزوم‌ها دانست که به علت وجود تنش محیطی گیاه نتوانسته است زیست‌توده خوبی تولید کند و مواد غذایی کمی را در ریزوم‌های خود ذخیره کرده است. همین امر باعث می‌شود تا بنیه این ریزوم‌ها نسبت به سایر ریزوم‌های دارای مواد غذایی فراوان کمتر بوده و میزان جوانه‌زنی آن‌ها تحت تأثیر قرار گیرد. بر اساس نتایج جدول ۲ با افزایش تنش خشکی میزان جوانه‌زنی ریزوم‌ها کاهش پیدا کرده و اختلاف بین سطوح ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی با یکدیگر در شرایط ثابت‌بودن تنش شوری، معنی‌دار است. این اختلاف بین سطح ۱۰۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی کمتر و در سطح خشکی شدید (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) این اختلاف شدیدتر است. لذا می‌توان عنوان کرد که تنش خشکی یکی از علل اصلی کاهش بنیه ریزوم‌های نی‌قمیش است و این تنش می‌تواند تهدیدی جدی برای نسل‌های بعدی گیاه باشد. تنش شوری نیز همانند تنش خشکی با افزایش سطح منجر به کاهش درصد جوانه‌زنی شد؛ بااین‌حال اختلاف بین سطوح مختلف این تنش در هر یک از سطوح تنش خشکی باوجود معنی‌داری، کم بود و نشان‌دهنده آن است که اثر تنش خشکی بیش از تنش شوری روی ریزوم‌های حاصل از گیاهان مادری رشدکرده در شرایط تنش است.

جدول ۲- پارامترهای تأثیر سطوح مختلف تنش شوری و خشکی بر درصد جوانه‌زنی ریزوم گیاه نی‌قمیش بر اساس مدل لجستیک سه پارامتری در شرایط آب‌وهوایی شهر مشهد.

Table 2. Parameters of influence of different levels of salinity and drought stress on the germination percentage of the rhizome of *A.donax* based on the three-parameter logistic model in the climatic conditions of Mashhad city.

Drought level(MPa)	Salinity level(dS.m)	A* (gr)	X_0 **(Dey)	B ***	R^2_{adj}	RMSE
I_1	S_1	76 (4)^{a}	7 (0.5)^{b}	1.34	0.97	1.48
I_1	S_2	70 (4)^{ab}	7.2 (0.6)^{ab}	1.26	0.97	1.37
I_1	S_3	64 (3)^{b}	7.8 (0.7)^{a}	1.22	0.96	1.36
I_1	S_4	52 (2)^{c}	7 (0.5)^{b}	1.12	0.96	1.35
I_2	S_1	62 (3)^{b}	6.7 (0.3)^{bc}	1.30	0.94	1.29
I_2	S_2	58 (2)^{bc}	7 (0.4)^{b}	1.23	0.95	1.28
I_2	S_3	48 (1)^{c}	6.2 (0.2)^{c}	1.13	0.95	1.26
I_2	S_4	38 (1)^{d}	7.2 (0.6)^{ab}	1.04	0.96	1.19
I_3	S_1	46 (1)^{cd}	6.7 (0.3)^{bc}	0.65	0.96	1.17
I_3	S_2	46 (1)^{cd}	6.2 (0.3)^{c}	0.59	0.96	1.15

I_3	S_3	30 (1)^{de}	6.5 (0.3)^{bc}	0.37	0.96	1.08
I_3	S_4	20 (1)^{ef}	6.3 (0.2)^{c}	0.28	0.95	1.07

*:maximum amount of germination, **: time to reach 50% of germination, ***: slope of the curve.

The means within the column followed by different letters differ significantly at $p \leq 0.05$ level (FLSD test). The values in parenthesis are standard error of the means.

زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی در ریزوم نی‌قمیش برخلاف پارامتر حداکثر میزان جوانه‌زنی اختلاف چندانی را بین سطوح تنش شوری و خشکی نشان نداد. در شرایط عدم وجود تنش، ریزوم‌های نی‌قمیش در هفت روز پس از قرارگیری در شرایط بهینه جوانه‌زنی به ۵۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی دست پیدا کردند؛ در حالی‌که در شرایط شدیدترین تنش‌ها این مقدار ۶/۳ روز بود که این اختلاف کم بین این دو حالت نشان می‌دهد که تنش‌های محیطی اگرچه روی بنیه ریزوم و میزان جوانه‌زنی آن نقش دارد اما نمی‌تواند منجر به کاهش یا افزایش زمان جوانه‌زنی در آن شود. به‌عبارتی، عامل وجود تنش محیطی نتوانسته است زمان جوانه‌زنی را تغییر دهد و این پارامتر به دیگر عوامل دخیل در جوانه‌زنی مرتبط است. به‌بیان دیگر، ریزوم نی‌قمیش پس از قرارگیری در شرایط بهینه جوانه‌زنی تا مدت‌زمانی نسبت به رویش مقاومت می‌کند و پس از ثبات شرایط محیطی با حداکثر توان، رویش خود را آغاز می‌کند و ظرف مدت کوتاهی به حداکثر میزان جوانه‌زنی دست می‌یابد. نتایج پارامتر شیب منحنی نمودارها نیز بیانگر این موضوع است؛ در شرایط عدم تنش شیب منحنی زیاد است و در شرایط تنش شدید این مقدار کمتر است، بااین‌حال زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی در این دو حالت نزدیک به همدیگر می‌باشد، یعنی ریزوم حاصل از گیاه مادری نی‌قمیش رشد کرده چه در شرایط وجود تنش و چه در شرایط عدم وجود تنش در پنج تا هشت روز پس از قرارگیری در شرایط بهینه جوانه‌زنی شروع به رویش می‌کند و در ظرف همین مدت کوتاه، بیشترین رویش خود را خواهد داشت. در تحقیقات سایر دانشمندان نشان داده شده است که تنش‌های محیطی می‌تواند باعث کاهش تعداد گل‌ها و میوه‌های تولیدشده توسط گیاهان شود. این امر می‌تواند به دلیل کاهش تولید اندام‌های گیاهی مانند شاخه‌ها و برگ‌ها، یا کاهش قابلیت جذب مواد مغذی و آب از خاک باشد که هر دو می‌توانند به کاهش تولید مثل منجر شوند (**Bita & Gerats, 2013; Farooq *et al.*, 2009**)؛ بنابراین، نقش تنش‌های محیطی در تکثیر جنسی و غیر جنسی گیاهان بستگی به نوع تنش و عوامل دیگری مانند گونه گیاه، شرایط محیطی و شرایط رشد دارد (**Daryanto *et al.*, 2015**).

جوانه‌زنی بذر

فنوتیپ موجود از گیاه نی‌قمیش در ایران همانند سایر فنوتیپ‌های موجود سطح جهان از طریق بذر قابلیت تکثیر ندارد و صرفاً ریزوم‌های این گیاه است که مسئول حفظ بقا و تکثیر این گیاه هستند زیرا غالباً گیاه نی‌قمیش دارای بذور با قابلیت تکثیر (دارای جنین) در گل‌آذین خود نمی‌باشند. اگرچه ***A. donax*** گل‌آذینی تولید می‌کند که بدون دانه‌های زنده است (**Johnson *et al.*, 2006**)؛ اما به‌سرعت در حال گسترش در مناطق پایین‌دست است

و آن به‌این‌علت است که هنگامی که قطعات کوچک گیاه توسط جریانات سیلابی به مناطق مختلف برده می‌شود، این قطعات روی زمین‌های مرطوب رشد کرده و توسعه پیدا می‌کنند (**Else & Zedler, 1996; Bell, 1997; Holt, 1996**).

تحقیقات نشان می‌دهد اگرچه تولید بذر توسط این گیاه در مدیترانه یا ایالات متحده آمریکا گزارش نشده است (**Johnson *et al.*, 2006; Hardion *et al.*, 2012**)، اما در ایران و افغانستان (**Bor, 1970**) و همچنین در چین و پاکستان (**Brach & Song, 2006**) گزارش‌هایی مبنی بر تکثیر این گیاه توسط بذر ارائه شده است. با این شرایط علت تشکیل بذور بارور در این گیاه در شرایط آب‌وهوایی ایران مجهول باقی مانده بود که نتایج حاصل از این آزمایش توانست یکی از دلایل بارورشدن بذور نی‌قیمش را اثبات کند. بر اساس نتایج شاخص‌های جوانه‌زنی بذور، نی‌قمیش حاصل از گیاهان مادری رشد پیداکرده در شرایط وجود تنش در شرایط آب‌وهوایی شهر مشهد (جدول ۳)، وجود تنش‌های شدید شوری و خشکی در طول فصل رشد گیاه نی‌قمیش می‌تواند عامل تحریک‌کننده‌ای برای این گیاه باشد تا به جهت حفظ و بقاء نسل پس از خود علاوه بر تولید ریزوم، بذور بارور نیز تولید کند. به علت اینکه بذور حاصل از این گیاهان دارای ژنوتیپ متفاوت با گیاه مادری هستند، در صورت ثبات شرایط نامساعد محیطی این بذور می‌توانند عاملی برای ایجاد فنوتیپ‌های جدیدی از این گیاه در این شرایط باشند و نسل نی‌قمیش را حفظ کنند. بر اساس نتایج جدول ۳ بذور نی‌قمیش حاصل از گیاه مادری رشد پیداکرده در سطوح تنش شوری هشت و ۱۲ دسی‌زیمنس و سطح خشکی ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به مقدار بسیار ناچیز جوانه‌زنی در آن‌ها اتفاق افتاد.

بر این اساس حداکثر میزان جوانه‌زنی بذر نی‌قمیش مربوط به حداکثر میزان تنش‌های موجود روی گیاه مادری بود و در شرایط سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس و سطح خشکی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بذور نی‌قمیش شش درصد جوانه‌زنی را از خود نشان دادند و پس‌ازآن سطح شوری هشت دسی‌زیمنس در دو سطح خشکی ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی توانست منجر به جوانه‌زنی چهار درصدی بذور نی‌قمیش شود. در سایر سطوح تنش بجز سطح شوری هشت دسی‌زیمنس در شرایط تنش خشکی ۷۵ درصد ظرفیت زراعی نیز جوانه‌زنی اتفاق نیفتاد و درصد جوانه‌زنی در تمامی سطوح صفر درصد بود. جلیل و همکاران (**Jaleel *et al.*, 2009**) در تحقیقاتشان اظهار کردند که تنش خشکی می‌تواند به کاهش تعداد بذرهای تولیدی در گیاه ذرت منجر شود. تنش‌های محیطی همچنین می‌توانند بر بقای نسل گیاهان نیز تأثیر بگذارند. در یک تحقیق، اثر تنش خشکی بر بقای نسل گیاه دارویی چای سبز (***Camellia sinensis***) مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش بقای نسل گیاهان می‌شود (**Bao *et al.*, 2017**).

جدول ۳- شاخص‌های جوانه‌زنی بذر نی‌قمیش حاصل از گیاه مادری کشت‌شده در شرایط وجود سطوح مختلف شوری و خشکی در شرایط آب‌وهوایی شهر مشهد.

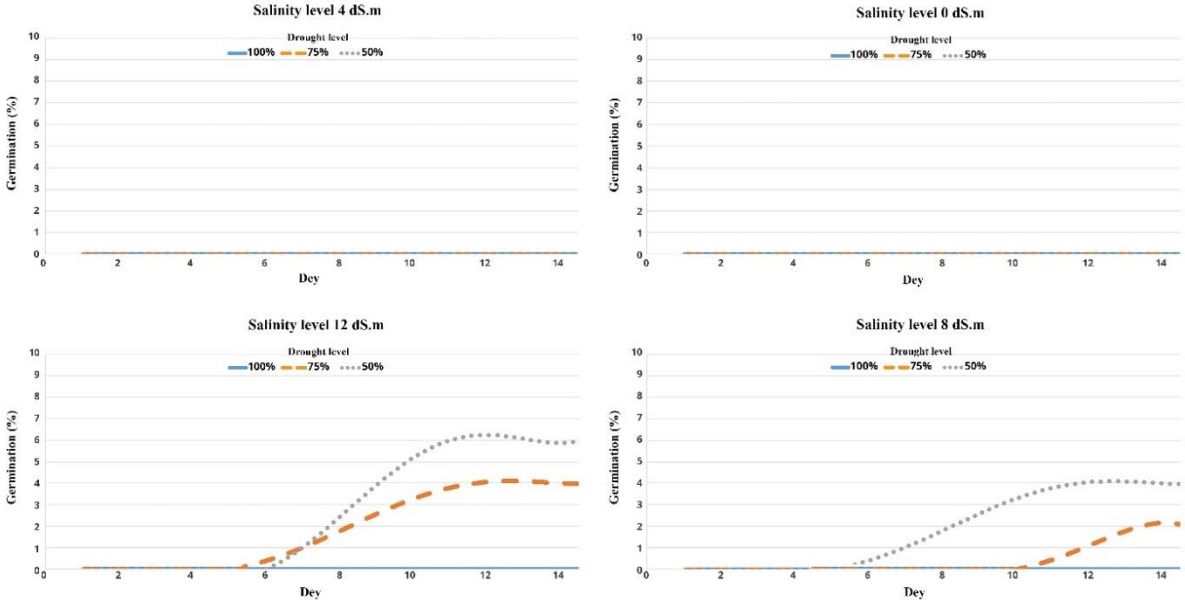
Table 3. Germination indices of *A. donax* seed obtained from the mother plant cultivated under conditions of different levels of salinity and dryness in the climatic conditions of Mashhad city.

Drought level (MPa)	Salinity level (dS.m)	SP (%)	GPD (%)	GRI (seedling day^{-1})	WGRI (seedling day^{-1})	Root length (mm)	Stem length (mm)
I_1	S_1	0	0	0	0	0	0
I_1	S_2	0	0	0	0	0	0
I_1	S_3	0	0	0	0	0	0
I_1	S_4	0	0	0	0	0	0
I_2	S_1	0	0	0	0	0	0
I_2	S_2	0	0	0	0	0	0
I_2	S_3	2 (0.2) ^{c}	0.16 (0.03) ^{d}	0.08 (0.005) ^{cd}	0.001 (0.0001)^{cd}	2.5 (0.02)^{b}	1.5 (0.01)^{bc}
I_2	S_4	4 (0.4) ^{b}	0.48 (0.05) ^{b}	0.24 (0.01) ^{b}	0.009 (0.0001)^{bc}	2.8 (0.03)^{b}	2 (0.01)^{b}
I_3	S_1	0	0	0	0	0	0
I_3	S_2	0	0	0	0	0	0
I_3	S_3	4 (0.4) ^{b}	0.48 (0.05) ^{b}	0.24 (0.01) ^{b}	0.009 (0.0001)^{bc}	2.5 (0.02)^{b}	1.6 (0.01)^{b}
I_3	S_4	6 (0.5) ^{a}	0.7 (0.07) ^{a}	0.35 (0.02) ^{a}	0.021 (0.0001)^{a}	3 (0.04)^{a}	2.3 (0.02)^{a}

The means within the column followed by different letters differ significantly at p≤0.05 level (FLSD test). The values in parenthesis are standard error of the means.

شاخص طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه تولیدی توسط بذور نی‌قمیش در این چهار سطح از سطوح مختلف تنش شوری و خشکی نشان‌دهنده رشد بذور گیاه حتی در شرایط کمی بنیه بذر به خاطر قرارگیری گیاه مادری در تنش‌های خشکی و شوری بود. بذور حاصل از این گیاهان نه‌تنها فقط دارای جوانه‌زنی نبودند بلکه توانستند تا حدی ریشه‌چه و ساقه‌چه نیز تولید کنند که بی‌شک اگر روند قرارگیری بذور در ژرمیناتور ادامه پیدا می‌کرد این بذور قابلیت رشد و استقرار نیز به دست می‌آوردند. این دو شاخص (طول ریشه‌چه و ساقه‌چه) در مقدار با یکدیگر تفاوت چندانی را نشان ندادند؛ اما مقدار رشد ریشه‌چه در این بذور بیشتر از ساقه‌چه بود که این نتیجه نشان می‌دهد بذور نی‌قمیش در صورت جوانه‌زنی بیشترین تمرکز خود را بر روی رشد ریشه‌چه به‌عنوان عامل اصلی برای دریافت آب و مواد غذایی قرار می‌دهند و پس‌ازآن ساقه‌چه و سایر اندام‌های گیاه رشد پیدا خواهند کرد. اختلاف بین سطوح خشکی و شوری بر درصد جوانه‌زنی بذور نی‌قمیش معنی‌دار بود؛ اما بااین‌وجود نمی‌توان به‌طور قطع عنوان کرد که کدام‌یک از تنش‌ها توانسته است منجر به ایجاد بذور بارور در این گیاه شود و طبیعتاً اثر متقابل هر دو تنش خشکی و شوری در سطوح مختلف می‌تواند منجر به ایجاد یک جهش در ژنوتیپ گیاه مادری شود و این گیاه را برای فرار از شرایط نامساعد محیطی و به جهت حفظ نسل و بقای خود تحریک به بارورسازی بذور خود به‌عنوان یک ژنوتیپ جدید و احتمالاً مقاوم به تنش‌های محیطی کند.

نتایج مطالعات درباره نقش تنش‌های محیطی بر رشد و تکثیر گیاه نی‌قمیش نشان داد که (**Mahmoodi & Hosseini, 2018**) تنش شوری باعث کاهش جوانه‌زنی بذرهای گیاه نی‌قمیش می شود. همچنین، دمای بالا (۳۵ درجه سانتی‌گراد) باعث کاهش جوانه‌زنی بذرهای گیاه شد؛ درحالی‌که دمای پایین (۱۵ درجه سانتی‌گراد) تأثیر معناداری بر جوانه‌زنی بذرها نداشت. بر اساس نتایج این مطالعه، می‌توان نتیجه گرفت که گیاه نی‌قمیش تحمل خوبی در برابر دمای پایین دارد، اما به تنش شوری حساس است و جوانه‌زنی بذرهای آن را کاهش می‌دهد.



شکل ۲- جوانه‌زنی بذور نی‌قمیش حاصل از گیاه مادری کشت‌شده در شرایط مختلف شوری و خشکی و شرایط آب‌وهوایی شهر مشهد.

Figure 2. Germination of the seed of *.A.donax* from the mother plant cultivated in different salinity and drought conditions and the weather conditions of Mashhad city.

نمودار روند جوانه‌زنی بذور نی‌قمیش حاصل از گیاهان مادری رشد پیداکرده در شرایط تنش شوری و خشکی در شهر مشهد (شکل ۲) نشان می‌دهد که بذور این گیاه همانند ریزوم‌های آن تا حدود شش روز پس از قرارگیری در شرایط جوانه‌زنی، رویش پیدا نکرده و پس‌ازآن رویش بذور اتفاق می‌افتد. میزان جوانه‌زنی بذور نی‌قمیش در شرایط عدم وجود تنش و یا تنش جزئی شوری و خشکی صفر بوده و این بذور زمانی جوانه‌زنی داشتند که گیاه مادری تحت شرایط تنش شدید شوری و خشکی قرار گرفته بود. جوانه‌زنی بذور در سطح تنش خشکی ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی اتفاق افتاد؛ اما بااین‌حال تأثیر تنش شوری نیز بسیار پررنگ بود زیرا جوانه‌زنی زمانی انجام شد که گیاه مادری علاوه بر قرارگیری

در معرض تنش خشکی در سطوح هشت و ۱۲ دسی-زیمنس از تنش شوری نیز قرارگرفته بود. به‌عبارتی تنش خشکی به‌تنهایی نمی‌تواند منجر به تحریک گیاه مادری برای تولید جنین بارور در بذور شود و نیازمند وجود تنش شوری در سطوح بالا نیز است. همین شرایط برای تنش شوری نیز صادق است؛ به‌نحوی‌که جوانه‌زنی بذور اگر به‌تنهایی تحت تأثیر تنش شوری بود و تنش خشکی نقشی در آن نداشت باید در شرایط تنش شدید شوری در تمامی سطوح تنش خشکی، جوانه‌زنی اتفاق می‌افتاد اما جوانه‌زنی فقط در سطوح ۵۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی انجام شده است. بااین‌وجود، از اثر متقابل دو تنش شوری و خشکی بر تحریک گیاه مادری جهت باروری بذور نمی‌توان گذشت و قطعاً هر دو تنش شوری و خشکی می‌تواند منجر به این اتفاق شود. با توجه به شکل ۲ اثر تنش خشکی نیز در سرعت جوانه‌زنی بذر نی‌قمیش تأثیرگذار است؛ به‌نحوی‌که در سطوح هشت و ۱۲ دسی‌زیمنس تنش شوری، سطح خشکی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی با سرعت بیشتر و در زمان کوتاه‌تری تحریک به جوانه‌زنی شده است، درحالی‌که سرعت جوانه‌زنی بذر در شرایط تنش خشکی ۷۵ درصد ظرفیت زراعی کمتر بود. نتایج نشان داد که در سطح تنش شوری ۱۲ دسی‌زیمنس جوانه‌زنی بذور نی‌قمیش در زمان کمتری رویش پیدا می‌کنند؛ به‌طوری‌که جوانه‌زنی بذور در این سطح از تنش شوری در روز ششم پس از قرارگیری در شرایط بهینه جوانه‌زنی اتفاق افتاد اما در تنش جزئی‌تر شوری (هشت دسی‌زیمنس)، جوانه‌زنی بذور در شرایط تنش خشکی شدید (۵۰ درصد ظرفیت زراعی) در روز ششم و در شرایط تنش خشکی جزئی (۷۵ درصد ظرفیت زراعی) در روز دهم اتفاق افتاد.

پارامترهای حاصل از تأثیر سطوح مختلف تنش شوری و خشکی بر گیاه نی‌قمیش و اثر آن روی بذور حاصل از آن (جدول ۴) نشان داده که تنش شوری در سطح هشت و ۱۲ دسی‌زیمنس همراه با تنش خشکی در سطح ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی می‌تواند عاملی برای تحریک جوانه‌زنی بذور نی‌قمیش باشد. زمان رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی نیز نشان داد که تنش‌های شدید شوری و خشکی بیشتر می‌تواند عامل تحریک‌پذیر باشد، زیرا در سطح تنش شوری هشت دسی‌زیمنس و تنش خشکی ۷۵ درصد ظرفیت زراعی این مقدار ۱۳ روز بود و با توجه به اینکه طول دوره آزمایش جوانه‌زنی ۱۴ روز بود، این موضوع برآورد می‌شود که عامل زمان موجب تحریک‌پذیری گیاه برای تولید بذور بارور نمی‌باشد و تنش‌های شوری و خشکی شدید می‌تواند این گیاه را تحریک کند. همچنین، تحقیقات نشان داده است که تنش‌های محیطی دیگری مانند تنش شوری، گرما، سرما و آلودگی هوا نیز می‌توانند به کاهش بقای نسل گیاهان منجر شوند. به‌عنوان مثال، تنش شوری می‌تواند باعث کاهش بقای نسل گیاهان درختی مانند نخل خرما (***Phoenix dactylifera***) شود (**Yadav *et al.*, 2018**). در سایر سطوح نیز زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی هشت و نه روز پس از قرارگیری در شرایط بهینه جوانه‌زنی بود که در مقایسه با جوانه‌زنی ریزوم‌های نی‌قمیش، این مدت‌زمان افزایش پیدا

کرد. به‌عبارت دیگر حتی در شرایط وجود تنش‌های محیطی بر گیاه مادری و تحریک این گیاه به بارورسازی بذور خود، نی‌قمیش همچنان بر رویش از طریق ریزوم تأکید دارد و کمتر به سمت تجدید نسل از طریق بذر می‌رود. اما بااین‌وجود بارورسازی حداقلی بذور این گیاه و ایجاد ژنوتیپ‌های جدید از آن برای فرار از شرایط نامساعد محیطی و حفظ بقا در نسل‌های بعدی در نی‌قمیش می‌تواند موضوع مهمی در جهت برنامه‌ریزی برای کنترل و مدیریت این گیاه در مناطق آلوده به این گیاه و سایر مناطق مستعد به آلودگی در کشور باشد.

گوردن و همکاران (**Gordon *et al.*, 2011**) در مطالعات خود روی ماندگاری ریزوم نی‌قمیش در شرایط محیطی مختلف به این نتیجه رسیدند که اکوسیستم‌های خشک با رطوبت کم ممکن است در فصل تابستان در برابر استقرار نی‌قمیش مقاومت کنند اما پتانسیل رشد سریع و تحمل این گیاه به تنش‌های محیطی مختلف در سایر فصول می‌تواند منجر به تهاجم پذیری آن شود. وی همچنین اظهار کرد که کمبود رطوبت خاک نه‌تنها عاملی برای نفوذناپذیری نی‌قمیش در زیستگاه‌ها نمی‌شود بلکه می‌تواند با تغییرات ژنتیکی و جهش منجر به تولید ژنوتیپ‌هایی با تحمل بالا به تنش شده و موجب استقرار در این زیستگاه‌ها شود که درنهایت ممکن است باعث شود که این گیاه در اکوسیستم جدید طغیان کند. نی‌قمیش مادری با استفاده از آبیاری تکمیلی در طول زمان استقرار در مناطقی با خاک‌های آبرفتی می‌تواند ریشه‌هایی تا عمق سه متر نیز تولید کند که همین امر باعث می‌شود که حتی در فصل تابستان و در شرایط نامساعد نیز به رشد خود ادامه دهند.

جدول ۴- پارامترهای تأثیر سطوح مختلف شوری و خشکی بر درصد جوانه‌زنی بذر گیاه نی‌قمیش بر اساس مدل لجستیک سه‌پارامتری در شرایط آب‌وهوایی شهر مشهد.

Table 4. The parameters of the effect of different levels of salinity and dryness on the germination percentage of the *A.donax* based on the three-parameter logistic model in the climatic conditions of Mashhad city.

Drought level(MPa)	Salinity level(dS.m)	A*(gr)	X_0 **(Dey)	B ***	R^2_{adj}	RMSE
I_1	S_1	0	0	0	0	0
I_1	S_2	0	0	0	0	0
I_1	S_3	0	0	0	0	0
I_1	S_4	0	0	0	0	0
I_2	S_1	0	0	0	0	0
I_2	S_2	0	0	0	0	0
I_2	S_3	2 (0.1)^e	13 (0.8)^a	0.90	0.95	0.67
I_2	S_4	4 (0.2)^c	8 (0.6)^f	0.77	0.96	0.93
I_3	S_1	0	0	0	0	0
I_3	S_2	0	0	0	0	0
I_3	S_3	4 (0.3)^c	8 (0.3)^f	0.97	0.98	0.88
I_3	S_4	6 (0.5)^a	9 (0.4)^e	1.18	0.97	0.76

***:maximum amount of Germination **: time to reach 50% of Germination ***: slope of the curve.**

The means within the column followed by different letters differ significantly at p≤0.05 level (FLSD test). The values in parenthesis are standard error of the means.

تحقیقات نشان می‌دهد نی‌قمیش اغلب در مجاورت رودخانه‌ها و مکان‌هایی با خاک‌های با قابلیت دسترسی بالا به آب رشد می‌کند و همین موجب می‌شود که این‌گونه گیاهان در معرض تنش‌های خشکی بیشتر آسیب ببینند و در شرایط آب‌وهوایی که میزان در دسترس‌بودن آب محدودتر است و شرایط غرقاب وجود ندارد منجر به کاهش رشد آنان شود (**Danin, 2004; Watts & Moore, 2011**). نی‌قمیش در زمین‌های حاشیه‌ای که مستعد خشکسالی هستند با موفقیت رشد می‌کند، اما این‌گونه‌ها یا واریته‌ها نرخ فتوسنتز (**PN**) و هدایت روزنه‌ای (**Gs**) کمتری را نسبت به همتایان خود که در شرایط بهینه رشد کرده‌اند دارند (**Lauteri *et al.*, 2014**). همچنین پارامترهای مورفولوژیکی ساقه به‌عنوان صفات ارثی در ***A. donax*** ممکن است توسعه واریته‌های ***A. donax*** را بر اساس عملکرد و ویژگی‌های تحمل به خشکی امکان‌پذیر کند (**Haworth *et al.*, 2017**). به‌عبارت دیگر، اثر تنش‌های محیطی بر رشد و توسعه ساقه و اندام زیرزمینی نی‌قمیش که قابلیت تکثیر دارند می‌تواند روی نسل بعدی این گیاه که حاصل از ریزوم‌ها و ساقه‌های تکثیرشده گیاه مادری تحت تیمار تنش بوده است اثر گذاشته و نسلی بعدی را متحمل به تنش و یا سازگار با شرایط آب‌وهوایی جدید کند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج کلی آزمایش نشان داد که گیاه نی‌قمیش در صورت رشد در شرایط وجود تنش‌های محیطی در طول فصل می‌تواند رویش کمتری را در ریزوم‌های نسل بعد خود مشاهده کند. به‌عبارتی، تنش‌های محیطی در طول فصل رشد باعث می‌شود که این گیاه انباشت کمتری از مواد غذایی را در ریزوم‌های خود داشته باشد و همین امر باعث می‌شود تا ریزوم های حاصل از این گیاهان در فصل بعدی دچار استرس شده و شاخص‌های رویش آنان نسبت به گیاهان هم‌نوع رشدکرده در شرایط بهینه کاهش داشته باشد.

تأثیر تنش‌های محیطی بر رویش بذور حاصل از گیاه مادری رشد پیداکرده در این شرایط نیز نشان داد که بر اساس فرضیه مطرح‌شده که علف‌های هرز استقرار پیداکرده در یک منطقه برای حفظ بقای خود نسبت به تنش‌های محیطی و شرایط جدید در محیط واکنش نشان می‌دهند، گیاه نی‌قمیش در صورت رشد در شرایط تنش شوری و خشکی در سطوح زیاد دچار تغییراتی در ساختار خود شده و نسبت به بارورسازی برخی از بذور خود جهت ایجاد ژنوتیپ های جدید در جهت فرار از تنش محیطی و سازگاری با شرایط جدید اقدام می‌کند. اگرچه مقدار بذور بارور در نسل بعدی گیاهان رشد کرده در شرایط تنش بسیار اندک و ناچیز بود، اما این آزمایش نشان داد که گیاه نی‌قمیش از این راهکار برای حفظ نسل خود در منطقه در صورت وجود تنش‌های محیطی استفاده کرده و از منطقه شمال کشور به سایر نقاط مهاجرت کرده و در مکان‌های جدید رشد و استقرار پیدا خواهد کرد. رشد و توسعه نی‌قمیش در هر منطقه‌ای می‌تواند تهدیدی جدی برای کشاورزی آن منطقه باشد، زیرا این گیاه علاوه بر قابلیت رقابت شدید با گیاهان زراعی به علت

سرعت رشد زیاد، به علت راندمان بالای مصرف آب می‌تواند منجر به ایجاد تنش خشکسالی برای مزارع و منطقه شود. بااین‌حال این زنگ خطر وجود دارد که بارورشدن بذور این گیاه در اثر تنش‌های محیطی و در پی آن تکثیر جنسی و ایجاد ژنوتیپ‌های جدید می‌تواند روند تهاجمی این گیاه را صدچندان کرده و مناطق مختلفی را زیر سیطره خود قرار دهد.

منابع

Angelini, L.G. *et al*. 2009. Comparison of *Arundo donax* L. and Miscanthus x giganteus in a long-term field experiment in Central Italy: Analysis of productive characteristics and energy balance. Biomass Bioenergy. 33(4): 635–643.

Bao, H. Jiang, L. Wang, Y. Wang, B. and Wang, J. 2017. Effects of drought stress on the survival, growth, and reproduction of tea plants. AW Management. 192: 86-94.

Bell, G.P. 1997. Ecology and management of *Arundo donax*, and approaches to riparian habitat restoration in Southern California. In: Wade JH, Pysek P, and Green D, eds. Plant Invasions: Studies from North America and Europe. Leiden, Netherlands. Blackhuys Publishers. 103-113.

Bita, C.E. and Gerats, T. 2013. Plant tolerance to high temperature in a changing environment: Scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops. FP Sci. 4. p.273.

Bor, N.L. 1970. Gramineae. In: Rechinger KH, ed. Flora Iranica. 70: 147–244.

Brach, A.R. and Song, H. 2006. EFloras: Newdirections foronline floras exemplified by the Flora of China Project. Taxon. 55: 188–192.

CABI. 2021. *Arundo donax* (giant reed). Information website: https://www.cabi.org/isc/datasheet/7782

Chang, T.T. and Liu, J. 2016. Physiological and molecular responses of plants to cold stress. *IPA Stress Tolerance* (pp. 1-21). Springer. Cham.

Chauhan, B.S. Gill, G. and Preston. C. 2006. Factors affecting seed germination of annual sowthistle (*Sonchus oleraceus*) in southern Australia. Weed Sci. 54: 658–668.

Chaves, M.M. Maroco, J.P. and Pereira, J.S. 2003. Understanding plant responses to drought—from genes to the whole plant. FP Biol. 30(3): 239-264.

Danin, A. 2004. *Arundo* (Gramineae) in the Mediterranean reconsidered. Willdenowia. 34: 361–369.

Daryanto, S. Wang, L. and Jacinthe, P.A. 2015. Global synthesis of drought effects on food legume production. PloS one. 10(6): p.e0127401.

Else, J.A. 1996. Post-flood establishment of native woody species and an exotic, *Arundo donax*, in a southern California riparian system. MSc Thesis. *SDS University, USA*.

Farooq, M. Wahid, A. Kobayashi, N. Fujita, D. and Basra, S.M.A. 2009. Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. AFD Development, 29(1): pp.185-212.

Gholami, A. and Taheri, R. 2018. Biomass production and carbon sequestration potential of *Arundo donax* (L.) in the north of Iran. JF Res. 29(2): 447-452.

Gordon, D.R. Tancig, K.J. Onderdonk, D.A. and Gantz, C.A. 2011. Assessing the invasive potential of biofuel species proposed for Florida and the United States using the Australian weed risk assessment. Biomass and Bioenergy. 35: 74–79.

Hardion, L. Verlaque, R. Baumel, A. Juin, M. and Vila, B. 2012. Revised systematics of Mediterranean *Arundo* (Poaceae) based on AFLP fingerprints and morphology. Taxon, 61: 1217–1226.

Hardion, L. *et al*. 2014. Origin of the invasive *Arundo donax* (Poaceae): A trans-Asian expedition in herbaria. Ann. Botany. 114(3): 455–462.

Hashemi, S.A. and Nassiri. M. 2016. *Arundo donax* L. as a bioenergy crop: A review on its cultivation and utilization in Iran. RSE Reviews. 60: 1502-1512.

Haworth, M. Cosentino, S.L. Marino, G. *et al*. 2017. Physiological responses of *Arundo donax* ecotypes to drought: A common garden study. GCB Bioenergy. 9: 132–143.

Holt, J.S. and Orcutt, D.R. 1996. Temperature thresholds for bud sprouting in perennial weeds and seed germination in cotton. Weed Sci. 44: 523–533.

Hosseini, S.M. Mahmoodi, S. and Mostafavi, K. 2019. Drought tolerance and water use efficiency of giant reed (*Arundo donax* L.) under different irrigation regimes. AW Management, 212: 330-337.

Jafari, M. and Fakheri-Fard, A. 2019. The potential of giant reed (*Arundo donax* L.) for soil erosion control in semi-arid regions: A review. JOA Land, 11(3): 303-313.

Jaleel, C.A. Manivannan, P. Wahid, A. Farooq, M. Al-Juburi, H.J. Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2009. Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. IJABiology, 11(1): 100-105.

Johnson, M. Dudley, T. and Burns, C. 2006. Seed production in *Arundo donax*. Cal-IPC News. 14: 12–13.

Kumar, S. Singh, A.K. Yadav, S.K. and Singh, N.K. 2018. Effect of drought stress on seed germination and seedling growth in rice (*Oryza sativa* L.). Agricultural Res. 7(1): 95-103.

Lambert, A.M. and Dudley, T.L. 2010. Saltonstall, ecology and impacts of the large-statured invasive grasses *Arundo donax* and *Phragmites australis* in North America. IPS Manag. 3(4): 489–494.

Lauteri, M. Haworth, M. Serraj, R. Monteverdi, M.C. and Centritto, M. 2014. Photosynthetic diffusional constraints affect yield in drought stressed rice cultivars during flowering. PLoS One. 9: e109054.

Li, X. Zhu, J. Hu, F. Ge, S. Ye, M. Xiang, H. and Zhang, G. 2018. Mutation of rice BC12/GDD1, which encodes a kinesin-like protein that binds to a GA biosynthesis gene promoter, leads to dwarfism with impaired cell elongation. PC Reports. 37(7): 991-1003.

Mahmoodi, S. and Hosseini, S.M. 2018. Effect of salt stress and temperature on germination of *Arundo donax* (L.) seeds. APPlant. 40: 123.

Pignone, D. and Gigante, D. 2013. The challenges of *Arundo donax* (L.) for a sustainable bioenergy industry. Advances in Botany. 1-10.

Rahimian, H.O. *et al.* 2006. Examining the biology, ecology and weed management licorice. Project Report. *SR Council*, 124p. (In Persian).

Steinmaus, S.J. Prather, T.S. and Holt, J.S. 2000. Estimation of base temperatures for nine weed species. JE Botany. 51: 275–286.

Tucker, G.C. 1990. The genera of Arundinoideae (Gramineae) in the southeastern United States. J. Arn. Arbor. 71(2): 145–177.

USDA. 2020. *Arundo donax*. Information website: https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/graminoid/arddon/all

Vázquez-García, J.A. Torres-Rivera, J.A. and Romero-Manzanares, A. 2016. *Arundo donax* (L.) (giant reed), a crop for bioenergy and bio-compound production. RSE Rev. 58: 523-532.

Wang, W. Vinocur, B. Shoseyov, O. and Altman, A. 2004. Role of plant heat-shock proteins and molecular chaperones in the abiotic stress response. TPSci. 9(5): 244-252.

Watts, D.A. and Moore, G.W. 2011. Water-use dynamics of an invasive reed, *Arundo donax*, from leaf to stand. Wetlands. 31: 725–734.

Yadav, S. Singh, B. and Yadav, R. 2018. Effect of salinity on growth and survival of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) seedlings. JSW Conservation. 17(1): 40-44.