

اثر تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلیکول (PEG-6000) بر صفات جوانه‌زنی بذرهای هفت مبدأ جغرافیایی بادامک (*Amygdalus scoparia* Spach.) در استان فارس

مسعود باباییان^۱، داود آزادفر^{۲*} و مجتبی پاک‌پرور^۳

۱- دانش‌آموخته دکتری علوم جنگل، گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

پست الکترونیک: azadfar.d@gmail.com

۳- استادیار، بخش حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۱۲

چکیده

بادامک (*Amygdalus scoparia* Spach.) گونه‌ای مقاوم به خشکی با دامنه پراکنش گسترده است که به‌فراوانی در جنگلکاری‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک استفاده می‌شود. استفاده از منابع بذری که صفات جوانه‌زنی مناسبی را در شرایط خشک نشان می‌دهند، برای افزایش موفقیت در عملیات احیا و غنی‌سازی و نیز توصیف و طبقه‌بندی ژرم‌پلاسم این گونه ضروری است. پژوهش پیش رو با هدف بررسی اثر تنش خشکی بر صفات جوانه‌زنی بذر جمعیت‌هایی از بادامک در استان فارس، در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه کامل تصادفی انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل هفت جمعیت بادامک (مرودشت، پاسارگارد، ارسنجان، فسا، کوار، داراب و خنج) و چهار سطح خشکی (شاهد، -۰/۰۵، -۰/۱، -۰/۵ - مگا پاسکال) ناشی از پلی اتیلن گلیکول بودند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی و اثر متقابل تنش خشکی در جمعیت برای کلیه صفات جوانه‌زنی در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار بود. حساسیت جمعیت‌ها نسبت به سطوح مختلف تنش خشکی متفاوت بود. افزایش پتانسیل آب در محیط کشت بر بیشتر صفات جوانه‌زنی بذر تأثیر نامطلوبی داشت. در سطوح زیاد خشکی، میانگین زمان جوانه‌زنی در جمعیت‌های بادامک نواحی مرطوب‌تر شمال فارس (مرودشت) نسبت به جنوبی‌ترین جمعیت (جمعیت خنج) بیشتر بود. جمعیت خنج در بیشترین سطوح تنش خشکی، بیشترین مقادیر درصد جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی، شاخص نرخ جوانه‌زنی و ارزش جوانه‌زنی را نسبت به جمعیت‌های دیگر مورد مطالعه داشت. استفاده از بذرهای این جمعیت در صورت تأیید در آزمون‌های عرصه‌ای برای افزایش موفقیت عملیات احیایی در مناطق جنوبی استان توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ارزش جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی، شاخص نرخ جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی.

مقدمه

احیا و غنی‌سازی پوشش گیاهی حوزه‌های آبخیز از اهداف بلندمدت و سیاست‌های کلان منابع طبیعی کشور است. برای افزایش سطوح کمی و کیفی رویشگاه‌های

جنگلی، استفاده از گونه‌های بومی چندمنظوره از جمله پایدارترین و مناسب‌ترین شیوه‌ها محسوب می‌شود. این گونه‌ها ضمن حفظ آب و خاک با تولید محصولات فرعی، زمینه را برای جلب مشارکت مردم فراهم می‌کنند (Madjidii

برخی مراحل، آسیب‌پذیری کمتری دارند (Jajarmi, 2013). جوانه‌زنی بذرهای حساس‌ترین و آسیب‌پذیرترین مراحل رشد گیاهان نسبت به تنش‌های مختلف از جمله خشکی به‌شمار می‌رود و تأثیر زیادی بر استقرار نونهال‌ها و رشد بعدی گیاه دارد (Miri & Mirjalili, 2013). تنش خشکی با کاهش پتانسیل آب در بستر بذر، باعث کاهش توانایی بذر در جذب آب و مانع تداوم فرآیندهای جوانه‌زنی می‌شود (Prisco et al., 1992). از جمله روش‌های بررسی تأثیر تنش خشکی بر صفات جوانه‌زنی بذر، شبیه‌سازی شرایط تنش با استفاده از محلول‌های مصنوعی مانند پلی‌اتیلن‌گلیکول به‌منظور ایجاد پتانسیل‌های متنوع آبی است (Falusi et al., 1983).

ایران خاستگاه گونه‌های مختلفی از بادام‌های وحشی است (Rahemi et al., 2011). به‌علت تعدد این گونه‌ها، بیشتر پژوهش‌های پیشین به‌مقایسه بین‌گونه‌ای شاخص‌های جوانه‌زنی و مقاومت به خشکی گونه‌های مختلف بادام از جمله بادامک در مراحل مختلف رشد و نمو پرداخته‌اند، اما تنوع درون‌گونه‌ای مقاومت به خشکی در هر کدام از این گونه‌ها کمتر بررسی شده است. بررسی‌های Rahemi و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که شاخص‌های جوانه‌زنی در میان گونه‌های مختلف بادام اهلی و وحشی به‌طور کامل متفاوت است. Gholami و همکاران (۲۰۱۰) اثر تنش خشکی اعمال شده با پلی‌اتیلن‌گلیکول را بر شاخص‌های مختلف جوانه‌زنی بذرهای چهار گونه بادام وحشی شامل *P. dulcis*, *Prunus scoparia*، *P. eleagnifolia*، *P. lycioides* بررسی کردند. آن‌ها گزارش کردند که با افزایش غلظت پلی‌اتیلن‌گلیکول، ظرفیت جوانه‌زنی، نرخ جوانه‌زنی و پارامترهای رویشی در همه گونه‌های مذکور کاهش یافته و شروع جوانه‌زنی با تأخیر مواجه می‌شود. در پژوهش مذکور بین گونه‌های مورد مطالعه، بادامک با داشتن بیشترین ظرفیت و نرخ جوانه‌زنی نسبت به خشکی مقاوم‌تر بود. به‌جز واکنش‌های متفاوت جوانه‌زنی به مقدار خشکی بستر کاشت که در گونه‌های مختلف مشاهده شده است، تنوع درون‌گونه‌ای نیز می‌تواند سبب واکنش‌های متفاوت جوانه‌زنی به خشکی شود. در این خصوص، تنوع در واکنش

بیشک موفقیت برنامه‌های احیا و توسعه در گرو عوامل مختلفی مانند دسترسی آسان و مداوم به بذرهای با صفات جوانه‌زنی مناسب است. این بذرهای سبب استقرار موفقیت‌آمیز گونه‌های گیاهی در عرصه‌های احیایی می‌شوند. همچنین، این بذرهای تولید نهال‌های باکیفیت و با سازگاری مطلوب در نهالستان کاربرد دارند. بادامک (*Amygdalus scoparia* Spach.) یکی از گونه‌های بومی با گستره پراکنش وسیع در ایران است. این گونه به‌همراه بنه (*Pistacia atlantica* Desf.)، وسیع‌ترین تیپ جنگلی پهن‌برگ ناحیه رویشی ایرانی- تورانی را تشکیل می‌دهند (Rezaei, 2012). بادامک به‌عنوان یک گونه پیشاهنگ و چندمنظوره در برنامه‌های احیا و توسعه جنگل‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (Jahanbazy Goujani et al., 2013). زادآوری محدود بادامک در رویشگاه‌های طبیعی سبب شده است که در برنامه‌های تجدیدحیات مصنوعی، علاوه بر بذرکاری مستقیم، کاشت نهال‌های بادامک نیز در دستور کار قرار گیرد. متأسفانه به‌دلیل خشک‌سالی و گرمای شدید حاکم بر مناطق احیایی که در نتیجه تغییر اقلیم و وقوع دوره‌های خشکی تشدید شده است، بذر کاری‌های مستقیم و نهال‌کاری این گونه با کاهش جوانه‌زنی بذر، زنده‌مانی ضعیف و استقرار نامناسب نهال‌ها همراه بوده است. جوانه‌زنی و استقرار نونهال، مراحل بحرانی از چرخه زندگی گیاه هستند (Souza & Fagundes, 2014). پراکنش جغرافیایی و فراوانی برخی از گونه‌ها می‌تواند با تنوع جوانه‌زنی بذر، تجدیدحیات نونهال‌ها در زیستگاه‌های مختلف و محدودیت‌های محیطی مانند ارتفاع، توپوگرافی، کیفیت خاک و اقلیم مرتبط باشد (Ranieri et al., 2012).

تنش خشکی از جمله تأثیرگذارترین تنش‌های محیطی است که گیاهان خشک‌زی با آن مواجه هستند. این تنش با ایجاد اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیک و بیولوژیک، برهم‌زننده تعادل گیاه است. تنش خشکی بر کلیه مراحل رشد و نمو گیاه تأثیر یکسانی ندارد. بعضی از مراحل رشد و نمو نسبت به افزایش تنش خشکی بسیار حساس و

شاهبهرامی کوار، میان جنگل فسا، کوهستان داراب و کوه هوا خنج) انتخاب شدند. اواخر خرداد و اوایل تیر ۱۳۹۵، بذره‌های ۱۵ پایه بادامک در هریک از رویشگاه‌ها با فاصله تقریبی ۱۰۰ متر از یکدیگر جمع‌آوری شد (جدول ۱). از آنجایی که جوانه‌زنی گونه‌های بادامک تحت تأثیر رکود بذر قرار دارد و پوشش بذر (آندوکارپ میوه) و خواب رویان مانع از جوانه‌زنی می‌شود (Rouhi, 2006)، در اواسط بهمن ۱۳۹۵، به منظور شکستن این رکود، بذره‌های جمعیت‌های مختلف تحت تیمار سرما و رطوبت قرار گرفت. برای این منظور، بذره‌های جمعیت‌های مختلف به طور جداگانه در ظرف‌های پلاستیکی ریخته شد. سپس به اندازه دو برابر حجم بذرها به آن‌ها آب اضافه شد. ظرف‌های پلاستیکی به مدت ۱۰ روز در دمای هوای آزاد بیرون از گلخانه با میانگین درجه حرارت هفت درجه سانتیگراد قرار داده شدند. طی این مدت، سه مرتبه آب ظرف‌ها تعویض شد. سپس در اسفندماه پوسته سخت خیس‌خورده بذرها بادقت به وسیله چکش طوری شکسته شد که آسیبی به مغز میوه وارد نشود. بذره‌های بدون پوسته چوبی (مغزها) با آب ژاول پنج درصد به مدت سه دقیقه ضدعفونی شدند. پس از شستشوی کامل با آب مقطر، بذرها در ظروف پلاستیکی حاوی ماسه شسته استریل‌شده کاشته شدند.

آزمون آماری به صورت فاکتوریل با طرح پایه کامل تصادفی با چهار تکرار و ۱۴۰ عدد بذر در هر تکرار در دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتیگراد انجام شد. عامل اول بذر جمعیت‌های مختلف بادامک در هفت سطح و عامل دوم پتانسیل‌های اسمزی متفاوت در چهار سطح که علاوه بر تیمار کنترل، سه سطح مختلف تنش خشکی (۰/۵-، ۰/۱- و ۰/۵- مگاپاسکال) با اضافه کردن غلظت‌های متفاوت PEG-6000 و مطابق با روش Michel و Kaufmann (۱۹۷۳) با استفاده از رابطه ۱ تهیه شد. حجم مشخصی از محلول‌های تهیه‌شده به‌طور روزانه روی بذره‌های تیمارهای مختلف در بستر ماسه‌ای اسپری شد. شمارش بذره‌های جوانه‌زده از روز دوم آغاز شد. این روند به‌طور روزانه تا ۳۰ روز ادامه یافت. رشد ریشه‌چه به‌اندازه یک میلی‌متر به‌عنوان معیار جوانه‌زنی بذرها

جوانه‌زنی بذره‌های با مبداهای مختلف جغرافیایی، جمعیت‌ها، افراد همان جمعیت یا بذره‌های واقع در مکان‌های مختلف تاج یک درخت به‌خوبی مستند شده‌اند (Santelices Moya et al., 2017). همچنین، پژوهش‌های متعدد نشان داده‌اند که سازگاری جوانه‌زنی بذره‌های متعلق به پروونانس‌های رویشگاه‌های خشک در برابر تشدید درجه حرارت و دسترسی کمتر به آب، نسبت به پروونانس‌های رویشگاه‌های مرطوب متفاوت است (MacAllister, 2016). در همین راستا، Lotfi و همکاران (۲۰۱۰) تنوع درون‌گونه‌ای در جوانی‌زنی بذره‌های ۱۸ کولتیوار گردوی ایرانی را نسبت به کاهش پتانسیل آب بررسی کردند. نتایج حاکی از واکنش متفاوت کولتیوارها نسبت به تنش خشکی بود.

شرایط متفاوت بوم‌شناختی حاکم بر رویشگاه‌های مختلف بادامک در گسترشگاه وسیع آن می‌تواند سبب تشکیل نژادهای جغرافیایی گوناگون در این گونه شود (Babaeiyan et al., 2018). گزینش بهترین نژادهای این گونه، برای دستیابی به بیشترین مقدار جوانه‌زنی، زنده‌مانی، مقاومت به عوامل نامساعد زیستی و غیرزیستی در جنگل‌کاری‌ها می‌تواند از جمله هدف‌گذاری‌های مدیریت جنگل در مناطق خشک و نیمه‌خشک باشد. با توجه به اینکه سابقه‌ای از تنوع درون‌گونه‌ای مقاومت به خشکی برای جمعیت‌های مختلف بادامک مشاهده نشد، بنابراین پژوهش پیش‌رو به بررسی اثر پتانسیل‌های اسمزی متفاوت ناشی از پلی‌اتیلن‌گلایکول بر صفات جوانه‌زنی در هفت مبدأ جغرافیایی متفاوت بادامک در استان فارس و ارزیابی واکنش جوانه‌زنی بذرها به تنش خشکی پرداخت. نتایج این پژوهش می‌تواند در زمینه اتخاذ تدابیر لازم برای مدیریت تجدیدحیات، راهبردهای حفاظتی، طبقه‌بندی ژرم‌پلاسم و تسهیل به‌نژادی آن در راستای بهبود استفاده از آب و تحمل خشکی مفید باشد.

مواد و روش‌ها

هفت جمعیت بادامک به‌ترتیب از مرطوب‌ترین تا خشک‌ترین رویشگاه‌های بادامک در استان فارس (چمریز مرودشت، تنگ‌خرسی پاسارگارد، دره اهر و ارسنجان،

منظور شد. بذره‌های جوانه زده پس از شمارش از ظرف جوانه‌زنی خارج شدند.

$$\varphi = -(1.18 \times 10^{-2})C - (1.18 \times 10^{-4})C^2 + (2.67 \times 10^{-4})CT + (8.39 \times 10^{-7})C^2T \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن: φ پتانسیل (مگاپاسکال)، C غلظت (گرم به گرم در آب) و دما (درجه سانتیگراد) است.

جدول ۱- مشخصات ژئوکلیماتیک مناطق مورد مطالعه

ویژگی	جمعیت					
	مروذشت	پاسارگارد	ارسنجان	فسا	کوار	داراب
عرض جغرافیایی	۳۰°۲۹'	۳۰°۰۷'	۲۹°۵۴'	۲۹°۱۱'	۲۹°۰۹'	۲۸°۵۰'
طول جغرافیایی	۵۲°۰۶'	۵۲°۵۴'	۵۳°۲۲'	۵۲°۲۱'	۵۲°۳۹'	۵۲°۵۰'
ارتفاع از سطح دریا (متر)	۱۹۶۰	۱۸۱۵	۱۶۷۰	۱۸۲۰	۱۸۰۵	۲۲۰۰
میانگین بارندگی سالانه (میلی‌متر)	۵۲۴/۹	۴۵۳/۳	۳۷۶	۴۵۱/۳	۴۹۴/۸	۳۸۵/۱
میانگین دمای سالانه (سانتیگراد)	۱۴/۷	۱۳/۷	۱۳	۱۷/۶	۱۴/۶	۱۵/۱

برآورد میانگین بارندگی سالانه و میانگین دمای سالانه با استفاده از آمار ۲۰ ساله (۱۳۹۵-۱۳۷۵) نزدیکترین ایستگاه‌های هواشناسی به مناطق مورد مطالعه انجام شد.

صورت معنی‌دار بودن اثر متقابل، برش‌دهی انجام شد (جدول‌های ۴ و ۵). سپس مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS ver. 9 استفاده شد.

در انتها، صفات جوانه‌زنی (Djavanshir & Pourbeik, 1976) براساس رابطه‌های موجود در جدول ۲ محاسبه شدند. باتوجه به نرمال نبودن داده‌های برخی از شاخص‌های جوانه‌زنی، پیش از انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری بر روی این داده‌ها، تبدیل زاویه‌ای آرک‌سینوس انجام شد. در

جدول ۲- صفات جوانه‌زنی مورد مطالعه در بذره‌های جمعیت‌های بادامک

رابطه	صفت جوانه‌زنی
$GP = n / N \times 100$	درصد جوانه‌زنی
$CVG = N_1 + N_2 + \dots + N_x / 100 \times N_1 T_1 + \dots + N_x T_x$	ضریب سرعت جوانه‌زنی
$GRI = G_1 / 1 + G_2 / 2 + G_x / x$	شاخص نرخ جوانه‌زنی
$GI = (30 \times n_1) + (29 \times n_2) + \dots + (1 \times n_{30})$	شاخص جوانه‌زنی
$MGT = \sum (n_i \times t_i) / \sum n$	میانگین زمان جوانه‌زنی
$GV = (\sum DGS / N) \times GP \times 10$	ارزش جوانه‌زنی

n = تعداد کل بذره‌های جوانه‌زده طی دوره؛ N = تعداد بذره‌های کاشته شده؛ n_i = تعداد بذره‌های جوانه‌زده در یک فاصله زمانی مشخص؛ t_i = تعداد روزهای پس از شروع جوانه‌زنی؛ N_1 و N_2 = به ترتیب تعداد بذره‌های جوانه‌زده در روزهای اول و دوم؛ G_1 و G_2 = به ترتیب درصد جوانه‌زنی ضرب در صد در اولین و دومین روز پس از کاشت؛ n_1, n_2, n_{30} = به ترتیب تعداد بذره‌های جوانه‌زده در روزهای اول، دوم و سی‌ام؛ GP = درصد جوانه‌زنی؛ GV = ارزش جوانه‌زنی و DGS = سرعت جوانه‌زنی روزانه

نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که صفات جوانه‌زنی جمعیت‌های مختلف تحت تأثیر افزایش پتانسیل تیمارهای مختلف پلی‌اتیلن‌گلاپکول قرار داشت. اثر جمعیت برای صفات‌های ضریب سرعت جوانه‌زنی، میانگین زمان جوانه‌زنی، شاخص نرخ جوانه‌زنی در سطح اطمینان ۹۹ درصد و برای شاخص جوانه‌زنی در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بود، درحالی‌که تفاوت معنی‌داری برای درصد جوانه‌زنی و ارزش جوانه‌زنی در سطح جمعیت مشاهده نشد. اثر تیمار خشکی و اثر متقابل جمعیت در خشکی، برای همه صفات‌های مورد مطالعه در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش تنش خشکی، درصد جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی، شاخص نرخ جوانه‌زنی و ارزش جوانه‌زنی اغلب روند کاهشی و میانگین زمان جوانه‌زنی به‌طورکلی روند افزایشی نشان داد. از این نظر نیز بین جمعیت‌های مختلف تفاوت‌های معنی‌دار وجود داشت. همچنین، در هر سطح تنش خشکی، واکنش جمعیت‌های مورد مطالعه متفاوت بود. معنی‌دار شدن اثر متقابل جمعیت و سطوح تنش برای صفات جوانه‌زنی نشان می‌دهد که واکنش جمعیت‌ها در هر سطح تنش ممکن است متفاوت باشد، بنابراین در هر سطح تنش، با استفاده از روش برش‌دهی، اثر متقابل صفات جوانه‌زنی هفت جمعیت مقایسه شد (جدول ۵). در شرایط بدون تنش، صفات‌های درصد جوانه‌زنی، ارزش جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی، شاخص نرخ جوانه‌زنی و شاخص جوانه‌زنی جمعیت‌های کوار، فسا و ارسنجان بیشترین مقدار بود، درحالی‌که کمترین میانگین زمان جوانه‌زنی در این جمعیت‌ها مشاهده شد. با افزایش تنش تا سطح ۰/۰۵- مگاپاسکال، جمعیت فسا کمترین بیشترین درصد جوانه‌زنی، ارزش جوانه‌زنی و شاخص

نرخ جوانه‌زنی را داشت، اما این صفات‌ها در جمعیت کوار کم شد. میانگین زمان جوانه‌زنی در جمعیت‌های کوار و فسا با افزایش تنش تا سطح ۰/۰۵- مگاپاسکال نسبت به جمعیت‌های دیگر افزایش زیادی نشان داد، اما میانگین زمان جوانه‌زنی در جمعیت‌های داراب و ارسنجان در این سطح تنش کاهش یافت. در این سطح، کمترین میانگین زمان جوانه‌زنی مربوط به جمعیت خنج بود و در سطوح ۰/۱- و ۰/۵- مگاپاسکال نیز این روند حفظ شد. در این سطوح، صفات شاخص جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، ارزش جوانه‌زنی و شاخص نرخ جوانه‌زنی برای جمعیت‌های خنج و کوار بیشترین مقدار بود، درحالی‌که کمترین میانگین زمان جوانه‌زنی در این دو جمعیت مشاهده شد (جدول ۶). میانگین زمان جوانه‌زنی جمعیت خنج از افزایش تنش کمتر متأثر شد. میانگین زمان جوانه‌زنی این جمعیت در سطوح بالای تنش خشکی، از جمعیت‌های دیگر کمتر بود، اما در بیشترین سطوح تنش خشکی، بیشترین درصد جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی، ارزش جوانه‌زنی و شاخص نرخ جوانه‌زنی در این جمعیت مشاهده شد (جدول ۶).

برش‌دهی هر جمعیت به‌صورت جداگانه نیز بیانگر تفاوت معنی‌دار صفات‌های جوانه‌زنی بین سطوح تنش خشکی بود. در همه جمعیت‌های مورد بررسی، بین سطوح تنش صفر و ۰/۰۵- مگاپاسکال، تفاوت معنی‌داری در مقدار جوانه‌زنی بذرها مشاهده نشد. همین نتیجه برای همه جمعیت‌ها (به‌جز جمعیت پاسارگارد) بین سطوح ۰/۱- و ۰/۵- مگاپاسکال به‌دست آمد. کاهش محسوس در مقدار جوانه‌زنی بذرها جمعیت‌های مورد مطالعه از سطح تنش ۰/۱- آغاز شد (جدول ۷).

جدول ۳- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفت‌های جوانه‌زنی در جمعیت‌های بادامک تحت تأثیر تنش

منبع تغییرات	درجه آزادی	درصد	ضریب سرعت	میانگین زمان	شاخص جوانه‌زنی	ارزش جوانه‌زنی	شاخص نرخ جوانه‌زنی
جمعیت	۶	۱۸۷/۹	۲۱/۵۳**	۳۲/۸۵**	۵۰۲۷/۵*	۰/۱۲	۰/۵۹**
تیمار خشکی	۳	۱۴۰۶۴/۳**	۷۲/۲**	۹۵/۰۲**	۲۶۸۳۴۸**	۴/۸۴**	۱۰/۴۳**
جمعیت در خشکی	۱۸	۸۷۰/۶**	۱۸/۵۳**	۲۶/۰۴**	۲۰۱۵۸/۶**	۰/۴۹**	۱/۱۲**
خطا	۸۴	۱۱۲/۲	۰/۲۴	۰/۳۲۴	۱۸۸۰	۰/۰۶۰	۰/۰۶۹
ضریب تغییرات	-	۲۳/۶۳	۲۱/۱۲	۴/۵	۲۵/۰۷	۲۷/۳	۲۹/۹۸

* اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ** اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد

جدول ۴- میانگین مربعات برش‌دهی اثر متقابل سطوح تنش خشکی در هر سطح جمعیت برای صفات جوانه‌زنی

جمعیت	درجه آزادی	درصد	ضریب سرعت	میانگین زمان	شاخص جوانه‌زنی	ارزش جوانه‌زنی	شاخص نرخ جوانه‌زنی
ارسنجان	۳	۴۳۲۰/۸**	۷/۱**	۲۶/۹**	۶۹۱۷۹**	۱/۳**	۱/۴۴**
دازاب	۳	۳۳۱۰/۴**	۶/۸۷**	۲۶/۷**	۵۶۷۳۷**	۰/۹۹**	۱/۲۴**
فسا	۳	۴۱۳۹/۱**	۵۹/۷۸**	۷۷/۱**	۹۷۳۷۷**	۱/۸**	۴/۸۱**
کوار	۳	۲۳۸۰/۷**	۹۱/۰۷**	۷۶/۵**	۸۴۸۰۶**	۲/۴**	۷/۳۱**
خنج	۳	۵۰۲/۱**	۱/۴۳**	۱/۸**	۱۸۴۹/۴**	۰/۱۲*	۰/۲۸**
مرودشت	۳	۱۷۵۱/۶**	۱۴/۷۶**	۳۶/۹**	۳۷۱۱۷**	۰/۶۹**	۱/۲۲**
پاسارگارد	۳	۲۳۴۳/۲**	۲/۴۱**	۵/۴**	۳۸۰۹۷**	۰/۵۹**	۰/۸۸**

* اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ** اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد

جدول ۵- میانگین مربعات برش‌دهی اثر متقابل جمعیت‌های بادامک در هر سطح تنش خشکی برای صفات جوانه‌زنی

سطح تنش خشکی (مگا پاسکال)	درجه آزادی	درصد	ضریب سرعت	میانگین زمان	شاخص جوانه‌زنی	ارزش جوانه‌زنی	شاخص نرخ جوانه‌زنی
۰	۶	۳۵۶**	۵۲/۹۳**	۳۳/۳**	۲۱۸۸**	۰/۷۹**	۳**
-۰/۰۵	۶	۱۱۱۶/۱**	۹/۸۸**	۳۰/۶**	۲۵۷۸۶**	۰/۶۴**	۰/۶**
-۰/۱	۶	۸۰۸**	۶/۰۲**	۲۴**	۱۳۲۳۳**	۰/۱۴**	۰/۳**
-۰/۵	۶	۲۴۹/۷*	۸/۳۱**	۲۳**	۵۷۲۰/۳**	۰/۰۴*	۰/۱*

* اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد؛ ** اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد

جدول ۶ - مقایسه میانگین صفت‌های جوانه‌زنی بذر بین جمعیت‌های بادامک در هر سطح تنش خشکی

شاخص نرخ جوانه‌زنی	ارزش جوانه‌زنی	شاخص جوانه‌زنی	میانگین زمان جوانه‌زنی (روز)	ضریب سرعت جوانه‌زنی	درصد جوانه‌زنی	جمعیت	سطح تنش (مگاپاسکال)
۱/۸ ^b	۱/۳ ^b	۳۴۴ ^{bc}	۹/۸ ^c	۱۰/۱ ^c	۸۱/۶ ^b	مرودشت	
۱/۵ ^c	۱/۲ ^{bc}	۳۲۸ ^{cd}	۱۰/۸ ^d	۹/۲ ^d	۸۱/۶ ^b	یاسارگارد	
۱/۳ ^{cd}	۱/۲ ^{bc}	۳۰۳ ^e	۱۳/۴ ^f	۷/۵ ^e	۸۶ ^{ab}	ارسنجان	
۳/۵ ^a	۲/۱ ^{ab}	۴۴۹ ^{ab}	۶/۱ ^a	۱۶/۶ ^a	۹۰ ^a	کوار	صفر
۳/۵ ^a	۲/۳ ^a	۴۶۲ ^a	۶/۴ ^b	۱۵/۵ ^b	۹۴ ^a	فسا	
۱/۱ ^d	۰/۸ ^d	۲۵۰ ^e	۱۳/۱ ^e	۷/۶ ^{cd}	۶۹/۵ ^c	داراب	
۱/۵ ^c	۱/۱ ^{cd}	۳۰۴/۷ ^{de}	۱۱/۵ ^d	۸/۶ ^{cd}	۷۸/۳ ^{bc}	خنج	
۰/۸۶ ^{cd}	۰/۶۵ ^{de}	۱۹۶ ^{cd}	۱۳/۶ ^c	۶/۲ ^c	۶۸/۳ ^b	مرودشت	
۱/۱ ^c	۰/۸۴ ^d	۲۵۱ ^{ab}	۱۱/۶ ^b	۸/۶ ^b	۶۵ ^b	یاسارگارد	
۱/۲ ^b	۱/۳ ^b	۳۱۷ ^a	۱۱/۴ ^a	۸/۷ ^b	۸۱ ^a	ارسنجان	
۰/۷۸ ^d	۰/۵۱ ^e	۱۸۲ ^{bc}	۱۲/۴ ^c	۶/۲ ^c	۶۰/۸ ^c	کوار	-۰/۰۵
۱/۶ ^a	۱/۴ ^a	۳۴۴ ^a	۱۱/۱ ^a	۹/۱ ^b	۸۶ ^a	فسا	
۱/۴ ^b	۱/۲ ^c	۳۰۷ ^a	۱۱/۸ ^b	۸/۴ ^b	۲۴/۲ ^d	داراب	
۰/۷۸ ^d	۰/۳۳ ^e	۱۶۲/۵ ^d	۱۱ ^a	۹/۹ ^a	۵۵ ^c	خنج	
۰/۵۸ ^c	۰/۲۵ ^b	۱۳۳ ^c	۱۳/۳ ^b	۷/۵ ^b	۳۷/۹ ^{bcd}	مرودشت	
۰/۸۸ ^b	۰/۶ ^a	۲۰۵ ^a	۱۳/۴ ^b	۷/۵ ^b	۵۸/۳ ^a	یاسارگارد	
۰/۲۹ ^d	۰/۰۹۵ ^c	۶۹ ^{cd}	۱۷/۲ ^c	۵/۸ ^c	۲۵ ^{cd}	ارسنجان	
۰/۸۶ ^b	۰/۴ ^a	۱۸۳ ^b	۱۳/۳ ^b	۸ ^b	۵۴/۵ ^b	کوار	-۰/۱
۰/۲۸ ^d	۰/۰۹ ^c	۶۸/۲ ^d	۱۶/۹ ^c	۵/۹ ^c	۲۵ ^{cd}	فسا	
۰/۲۸ ^d	۰/۰۹ ^c	۶۷ ^d	۱۷/۱ ^c		۲۴/۲ ^d	داراب	
۱/۰۲ ^a	۰/۳۲ ^{ab}	۲۰۲ ^{ab}	۱۱/۱ ^a	۹/۱ ^a	۳۸/۸ ^b	خنج	
۰/۵۹ ^c	۰/۱ ^b	۱۳۵ ^{abc}	۱۳/۲ ^b	۷/۶ ^b	۲۷/۹ ^{ab}	مرودشت	
۰/۲۹ ^d	۰/۰۷ ^c	۶۸/۵ ^{bc}	۱۳/۱ ^b	۷/۶ ^b	۱۹/۲ ^{ab}	یاسارگارد	
۰/۳۱ ^d	۰/۰۴۹ ^c	۵۰ ^c	۱۵/۹ ^c	۶/۳ ^c	۱۶ ^b	ارسنجان	
۰/۶۴ ^b	۰/۲۵ ^a	۱۳۸ ^{ab}	۱۲/۵ ^a	۹/۵ ^a	۳۳/۸ ^a	کوار	-۰/۰۵
۰/۳۳ ^d	۰/۱۱ ^b	۸۰/۸ ^{bc}	۱۵/۳ ^c	۶/۵ ^c	۲۵/۸ ^{ab}	فسا	
۰/۲۹ ^d	۰/۱ ^b	۷۰ ^c	۱۶/۵ ^d	۶/۵ ^c	۲۴/۲ ^{ab}	داراب	
۰/۷۶ ^a	۰/۳ ^a	۱۶۵/۹ ^a	۱۰/۷ ^a	۸/۸ ^a	۳۴/۶ ^a	خنج	

اعداد هر ستون که با حروف مشترک نشان داده شده‌اند، در سطح اطمینان ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

جدول ۷ - مقایسه میانگین صفات جوانه‌زنی بذرهاى بین سطوح تنش خشکی در هر جمعیت

جمعیت	سطح تنش (مگاپاسکال)	درصد جوانه‌زنی	ضریب سرعت جوانه‌زنی	میانگین زمان جوانه‌زنی (روز)	شاخص جوانه‌زنی	ارزش جوانه‌زنی	شاخص نرخ جوانه‌زنی
مرو دشت	۰	۸۱/۶ ^a	۱۰/۱ ^a	۹/۸ ^a	۳۴۴ ^a	۱/۳ ^a	۱/۸ ^a
	-۰/۰۵	۶۸/۳ ^{ab}	۶/۲ ^c	۱۶/۶ ^c	۱۹۶ ^b	۰/۶۵ ^b	۰/۸۶ ^b
	-۰/۱	۳۷/۹ ^b	۷/۵ ^b	۱۳/۳ ^b	۱۳۳ ^b	۰/۲۵ ^b	۰/۵۸ ^c
	-۰/۵	۳۷/۹ ^b	۷/۶ ^b	۱۳/۱ ^b	۱۳۵ ^b	۰/۲۶ ^b	۰/۵۹ ^c
پاسارگارد	۰	۸۱/۶ ^a	۹/۲ ^a	۱۰/۸ ^a	۳۲۸ ^a	۱/۲ ^a	۱/۵ ^a
	-۰/۰۵	۶۵ ^a	۸/۶ ^a	۱۱/۶ ^a	۲۵۱ ^b	۰/۸۴ ^a	۱/۱ ^a
	-۰/۱	۵۸/۳ ^a	۷/۵ ^b	۱۳/۴ ^b	۲۰۵ ^b	۰/۶ ^a	۰/۸۸ ^b
	-۰/۵	۱۹/۲ ^b	۷/۶ ^b	۱۳/۱ ^b	۶۸/۵ ^c	۰/۰۷ ^b	۰/۲۹ ^c
ارسنجان	۰	۸۶ ^a	۷/۵ ^b	۱۳/۴ ^b	۳۰۳ ^a	۱/۲۱ ^b	۱/۳ ^a
	-۰/۰۵	۸۱ ^a	۸/۷ ^a	۱۱/۴ ^a	۳۱۷ ^a	۱/۳۳ ^a	۱/۴ ^a
	-۰/۱	۲۵ ^b	۵/۸ ^d	۱۷/۲ ^d	۶۹ ^b	۰/۰۹۵ ^c	۰/۲۹ ^b
	-۰/۵	۱۶ ^b	۶/۳ ^c	۱۵/۹ ^c	۵۰ ^b	۰/۰۴۹ ^c	۰/۲۱ ^b
کوار	۰	۹۰ ^a	۱۶/۶ ^a	۶/۱ ^a	۴۴۹ ^a	۲/۱ ^a	۳/۵ ^a
	-۰/۰۵	۶۰/۸ ^b	۶/۲ ^c	۱۶/۴ ^d	۱۸۲ ^b	۰/۵۱ ^b	۰/۷۸ ^b
	-۰/۱	۶۰/۸ ^b	۸ ^b	۱۳/۳ ^c	۱۹۳ ^b	۰/۸۷ ^b	۰/۸۶ ^b
	-۰/۵	۳۳/۸ ^b	۹/۵ ^b	۱۰/۵ ^b	۱۳۸ ^c	۰/۲۵ ^b	۰/۶۴ ^b
فسا	۰	۹۴ ^a	۱۵/۵ ^a	۶/۴ ^a	۴۶۲ ^a	۲/۳ ^a	۳/۵ ^a
	-۰/۰۵	۸۶ ^a	۹/۱ ^b	۱۱/۱ ^b	۳۴۴ ^b	۱/۴ ^a	۱/۶ ^b
	-۰/۱	۲۴ ^b	۵/۹ ^c	۱۶/۹ ^d	۶۸/۲ ^c	۰/۰۹ ^b	۰/۲۸ ^c
	-۰/۵	۲۵/۸ ^b	۶/۵ ^c	۱۵/۳ ^c	۸۰/۸ ^c	۰/۱۱ ^b	۰/۳۳ ^c
داراب	۰	۶۹/۵ ^{ab}	۷/۶ ^a	۱۳/۱ ^a	۲۵۰ ^b	۰/۸۲ ^b	۱/۱ ^b
	-۰/۰۵	۸۰ ^a	۸/۴ ^a	۱۱/۸ ^a	۳۰۷ ^a	۱/۲ ^a	۱/۴ ^a
	-۰/۱	۲۴/۲ ^b	۵/۸ ^b	۱۷/۱ ^b	۶۷ ^c	۰/۰۹ ^c	۰/۲۸ ^c
	-۰/۵	۲۴/۲ ^b	۶/۵ ^b	۱۶/۵ ^b	۷۰ ^c	۰/۱ ^c	۰/۲۹ ^c
خنج	۰	۷۸/۳ ^a	۸/۶ ^b	۱۱/۵ ^b	۳۰۴/۷ ^a	۱/۱ ^a	۱/۵ ^a
	-۰/۰۵	۵۵ ^{ab}	۹/۹ ^a	۱۰ ^a	۱۶۲/۵ ^c	۰/۳۳ ^b	۰/۷۸ ^c
	-۰/۱	۳۸/۸ ^b	۹/۱ ^b	۱۱/۱ ^b	۲۲۰ ^b	۰/۳۲ ^b	۱/۰۲ ^b
	-۰/۵	۳۴/۶ ^b	۸/۸ ^b	۱۰/۷ ^b	۱۶۵/۹ ^c	۰/۲۵ ^b	۰/۷۶ ^c

اعداد هر ستون که با حروف مشترک نشان داده شده‌اند، در سطح اطمینان ۹۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

بحث

در همه جمعیت‌های بادامک که در این پژوهش بررسی شدند، افزایش تنش خشکی، سبب کاهش معنی‌دار صفات‌های درصد جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی (به‌جز در جمعیت خنج)، شاخص جوانه‌زنی، ارزش جوانه‌زنی و شاخص نرخ جوانه‌زنی شد. در بررسی پژوهش‌های پیشین،

اطلاعاتی در مورد تنوع صفات‌های جوانه‌زنی در جمعیت‌های بادامک و گونه‌های دیگر بادام وحشی مشاهده نشد، اما براساس نتایج پژوهش Boydak و همکاران (۲۰۰۳)، تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن‌گلیکول سبب کاهش درصد جوانه‌زنی در جمعیت‌های مختلف کاج بروسیا در ترکیه شد که با نتایج پژوهش پیش‌رو همخوانی دارد. تنوع صفات‌های

می‌تواند سازوکاری برای زنده‌مانی بیشتر باشد و به بذرها اجازه استفاده سریع از شرایط مطلوب جوانه‌زنی را می‌دهد که فقط در دوره کوتاهی این امکان فراهم است (Larcher, 1995). در ارزیابی تحمل خشکی جمعیت‌ها، صفات کیفی فیزیولوژیک مانند میانگین زمان جوانه‌زنی که شاخصی از سرعت جوانه‌زنی و مؤثر در ارزیابی زمان ظهور نهال‌ها است، مورد توجه قرار گرفته است (Foti et al., 2002). نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که بذرها جمعیت خنج به‌ویژه در زمان افزایش تنش آبی به زمان کمتری برای جذب آب نیاز دارند. در نتیجه، میانگین زمان جوانه‌زنی در این جمعیت نسبت به جمعیت‌های دیگر کمتر بود. ضریب سرعت جوانه‌زنی، شاخص نرخ جوانه‌زنی و شاخص جوانه‌زنی در این جمعیت در سطوح زیاد تنش خشکی، مقادیر بیشتری را نشان داد. در شرایط تنش، هرچه سرعت و نرخ جوانه‌زنی بیشتر و متوسط زمان جوانه‌زنی کمتر باشد، تحمل تنش در بذرها بیشتر خواهد بود (Grabe, 1976). چنانچه جذب آب توسط بذر دچار اختلال شود و یا جذب به‌آرامی انجام شود، فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی بذر به کندی انجام خواهد شد. در نتیجه، مدت خروج ریشه‌چه از بذر افزایش می‌یابد و باعث کاهش سرعت جوانه‌زنی می‌شود. جوانه‌زنی سریع‌تر در جمعیت‌هایی که در قسمت‌های جنوبی‌تر استان فارس (رویشگاه‌های مجاور منطقه رویشی خلیج‌وعمانی) قرار دارند را می‌توان راهکاری برای فرار از خشکی و تکمیل فرآیندهای فیزیولوژیک و چرخه زیستی پیش از تشدید گرما دانست. بذرها کوچک‌تر این جمعیت به زمان کمتری برای آبیگری نیاز داشته و جوانه‌زنی در آنها سریع‌تر آغاز می‌شود (Babaeiyan et al., 2018). این فرایند سبب می‌شود که دوره‌های بحرانی رشد در زمان دسترسی به آب با سرعت بیشتری تکمیل شود. در جمعیت‌های فسا و کوار با وجود کمترین زمان جوانه‌زنی در تیمار شاهد، با افزایش تنش خشکی، این صفت با روند سریع‌تری نسبت به جمعیت‌های دیگر افزایش یافت. تأخیر در فرآیند جوانه‌زنی تحت شرایط تنش آبی واکنش عمومی است، چراکه بذرها به‌زمان بیشتری

جوانه‌زنی در جمعیت‌های مختلف ممکن است به معمارهای ژنتیکی متفاوتی نسبت داده شود. این تفاوت ناشی از سازگاری به شرایط متنوع محیطی است که در سراسر دامنه پراکنش گونه وجود دارد. تنوع ژنتیکی درون و بین جمعیت‌ها ممکن است از طریق انتخاب طبیعی شکل بگیرد و جمعیت‌های یک گونه از نظر فیزیولوژیک می‌توانند با دامنه ویژه‌ای از شرایط محیطی هماهنگ شوند (Rawat & Bakshi, 2011). براساس نتایج پژوهش پیش‌رو، بیشتر صفت‌های جوانه‌زنی بادامک از اثر جمعیت و تمام صفت‌های جوانه‌زنی این گونه از تنش خشکی و اثر متقابل جمعیت و تنش خشکی متأثر شدند. این موضوع نشان می‌دهد که جمعیت‌های بادامک از راهبردهای متفاوتی برای کنترل وضعیت آب تحت شرایط تنش خشکی استفاده می‌کنند. نتایج دیگر نشان داد که به‌جز جمعیت داراب، درصد جوانه‌زنی جمعیت‌های دیگر در سطح تنش ۰/۰۵- مگاپاسکال، پنج تا ۳۳ درصد کاهش یافت. افزایش تنش اسمزی تا سطح ۰/۱- مگاپاسکال سبب کاهش جوانه‌زنی از ۲۶ تا ۴۹ درصد و افزایش بیشتر تنش اسمزی تا سطح ۰/۵- مگاپاسکال موجب کاهش مقدار جوانه‌زنی از ۱۹ تا ۴۶ درصدی در جمعیت‌های بادامک شد.

جوانه‌زنی و قدرت رویش گیاهچه شرط اصلی استقرار گیاه در مناطق خشک و نیمه‌خشک و تحت شرایط بدون آب و دیم است. پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که در شرایط طبیعی که خشکی از موانع عمده محدودکننده جوانه‌زنی است، بذرهایی که بتوانند تنش‌های آبی زیادتری را تحمل کنند، شانس بیشتری برای جوانه‌زنی دارند (Sarmadnia, 1997). رژیم بارندگی در رویشگاه‌های بادامک استان فارس مدیترانه‌ای است. در این مناطق از اواسط بهار تا اواسط پاییز، به‌ندرت بارشی وجود دارد (Sabeti, 2008)، بنابراین جوانه‌زنی بذرها فقط محدود به دوره کوتاهی در اواخر اسفندماه و اوایل بهار است. زیرا در این دوره زمانی، رطوبت خاک و دما برای جوانه‌زنی مناسب است. تحت این شرایط در رویشگاه‌های خشک و نیمه‌خشک، جوانه‌زنی سریع و خروج نهال‌ها از خاک

رویشی ایرانی - تورانی با توجه به میانگین سرعت جوانه‌زنی بیشتر و افزایش زمان برای جذب آب در این بذرها سبب مواجهه با خشکی‌های زودرس و رطوبت اندک خاک می‌شود. همین موضوع می‌تواند به کاهش موفقیت بذرکاری در این مناطق منجر شود. بنابراین، برای موفقیت بیشتر عملیات احیایی بهتر است بذرها را این جمعیت‌ها به دلیل حساسیت بیشتر به تنش خشکی، در مناطقی که در معرض کمبود آب هستند و شرایط محیطی به گونه‌ای است که به سرعت در معرض خشکی قرار می‌گیرند، استفاده نشوند.

نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که علاوه بر تنوع صفات جوانه‌زنی بذرها که در گونه‌های مختلف بادام وحشی وجود دارد (Gholami *et al.*, 2010; Rahemi *et al.*, 2011)، تنوع درون‌گونه‌ای قابل‌ملاحظه‌ای نیز در جمعیت‌های مختلف بادام وجود دارد، بنابراین امکان بهره‌برداری از طیف گسترده‌ای از گزینه‌ها برای دستیابی به اهداف مورد نظر در برنامه‌های مختلف جنگلداری فراهم است. وجود این تنوع پشتوانه‌ای غنی‌تر برای مقابله با تنش‌های مختلف محیطی از جمله خشکی ارائه می‌دهد. پیشنهاد می‌شود جمعیت‌ها در شرایط طبیعی نیز بررسی شده تا در مورد سازگارترین جمعیت نسبت به خشکی تصمیم‌گیری شود. همچنین، برای پی بردن به ماهیت این تنوع، مطالعات ژنتیکی توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده

- Abe, T. and Matsunaga, M., 2011. Geographic variation in germination traits in *Melia azedarach* and *Raphirolepis umbellate*. American Journal of Plant Sciences, 2(1): 52-55.
- Babaeiyan, M., Azadfar, D., Pahlevani, M.H., Saeedi, Z., and Arzanesh, M.H., 2018. Geographic variation in seed, leaf and seedling traits of wild almond (*Amygdalus scoparia* Spach.) in Fars province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 26(1):129-142 (In Persian).
- Boydak, M., Dirik, H., Tilki, F. and Calikoglu, M., 2003. Effects of water stress on germination in six provenances of *Pinus brutia* seeds from different bioclimatic zones in Turkey. Journal of Agriculture and Forestry, 27(2): 91-97.
- Djavanshir, K. and Pourbeik, H., 1976. Germination

برای جذب آب کافی برای شروع جوانه‌زنی نیاز دارند، اما افزایش میانگین زمان جوانه‌زنی می‌تواند بیانگر تقاضای آبی بیشتری برای جوانه‌زنی مطلوب باشد. تقاضای رطوبتی بیشتر حاکی از توانایی محدودتر جمعیت در مقابله با تنش خشکی در خلال دوره جوانه‌زنی است. با این وجود، توجه به این نکته ضروری است که زمان بهینه برای جوانه‌زنی در رویشگاه‌های بادامک واقع در شمال غرب استان فارس (مرودشت و پاسارگارد) و مرتفع‌ترین رویشگاه آن در داراب، اغلب در اواسط بهار و پس از سرمای زمستان مهیا می‌شود، بنابراین، جوانه‌زنی آهسته مانع از خروج نابهنگام نهال‌ها در زمستان و سرماهای دیررس اواخر زمستان و اوایل بهار می‌شود. جوانه‌زنی آهسته‌تر و افزایش میانگین زمان جوانه‌زنی در سطوح تنش زیادتر در جمعیت‌های شمال غرب فارس و جمعیت داراب به عنوان مرتفع‌ترین رویشگاه بادامک مورد مطالعه تا حدودی می‌تواند به سازگاری با شرایط اقلیمی این رویشگاه‌ها و تأخیر برای مهیا شدن شرایط مطلوب جوانه‌زنی مرتبط باشد، چنانکه پژوهش‌های پیشین نشان داده‌اند که سازگاری نیازهای جوانه‌زنی بذر می‌تواند در واکنش به تفاوت‌های جزئی در شرایط محیطی روی دهد (Abe & Matsunaga, 2011). به نظر می‌رسد که به علت ذات خشکی‌پسند بادامک، افزایش تنش تا سطح ۰.۵-۰ مگاپاسکال تأثیر چندانی بر درصد جوانه‌زنی بذرها و جمعیت‌های مختلف آن ندارد و بنابراین این حد خشکی اختلالی در فرآیند جوانه‌زنی ایجاد نمی‌کند.

نتایج دیگر این پژوهش نشان داد که جمعیت خنج تحمل بیشتری نسبت به سطوح زیاد تنش خشکی داشت و در این شرایط از درصد جوانه‌زنی، ارزش جوانه‌زنی، ضریب سرعت جوانه‌زنی و شاخص جوانه‌زنی بیشتری برخوردار بود. این موضوع که بیانگر شایستگی زیاد این جمعیت در شرایط غیرقابل‌بیش‌بینی و پرتنش محیطی است، می‌تواند ضامن بقاء آن در ارتفاعات منطقه رویشی خلیج و عمانی با شرایط محیطی سخت‌تر از رویشگاه‌های دیگر بادامک در استان فارس باشد. به نظر می‌رسد استفاده از بذرها و جمعیت‌های مناطق شمالی استان در بذرکاری‌های مناطق جنوبی ناحیه

- Journal of Agronomy and Plant Production, 4(1):142-146.
- Prisco, J.T., Haddad, C.R. B. and Bastos, E.J.P., 1992. Hydration, dhydration seed. Pre-treatment and its effects on seed germination under water stress conditions. *Revista Brasileira de Botânica*, 15(1):1-35.
 - Rahemi, A., Taghavi, T., Fathi, R., Ebadi, A., Hassani, D., Chapparro, J. and Gradziel, T., 2011. Seed germination and seedling establishment of some wild almond species. *African Journal of Biotechnology*, 10(40):7780-7786.
 - Ranieri, B.D., Pezzini, F.F., Garcia, Q.S., Chautems, A. and França, M.G.C., 2012. Testing the regeneration niche hypothesis with *Gesneriaceae* (tribe *Sinningiae*) in Brazil: implications for the conservation of rare species. *Austral Ecology*, 37(1):125-133.
 - Rawat, K. and Bakshi, M., 2011. Provenance variation in cone, seed and seedling characteristics in natural populations of *Pinus wallichiana* A.B. Jacks (Blue Pine) in India. *Annals of Forest Research*, 54(1): 39-55.
 - Rezaei, S.A., 2012. The Feature of Natural Resources and Watersheds of Iran. Pouneh Publication Tehran, 304p (In Persian).
 - Rouhi, V., 2006. Seed Germination of *Prunus scoparia* (Spach) C.K. Schneider and drought stress evaluation based on ecophysiological parameters and growth characteristics for three contrasting almond Species *P. dulcis*(Miller) D. Webb, *P. lycioides*(Spach) C.K. Schneider and *P. scoparia* (Spach) C.K. Schneider. Ph.D. thesis. Plant Production Department, Ghent University, Ghent, 206p.
 - Sabeti, H., 2008. Forests, Trees and Shrubs of Iran. Published by Yazd University, Yazd, 886p (In Persian).
 - Santelices Moya, R., Espinoza Meza, S., Magni, D.C., Cabrera Ariza, A., Donoso Calderón, S. and Peña-Rojas, K., 2017. Variability in seed germination and seedling growth at the intra- and inter- provenance levels of *Nothofagus glauca* (*Lophozonia glauca*), an endemic species of Central Chile. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 47(10): 9p.
 - Sarmadnia, Gh.H., 1997. Seed Science and Technology (translation), Jihad-e Daneshgahi of Mashhad Press, 288p (In Persian).
 - Souza, M.L. and Fagundes, M., 2014. Seed size as key factor in germination and seedling development of *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae). *American Journal of Plant Sciences*, 5(17): 2566-2573.
 - value- a new formula. *Silvae Genetica*, 25(2): 79-83.
 - Falusi, M., Calamassi, R. and Tocci, A., 1983. Sensitivity of seed germination and seedling root growth to moisture stress in four provenances of *Pinus halepensis* Mill. *Journal of Silvae Genetica*, 32(1-2): 4-9.
 - Foti, S., Cosentino, S.L., Patanè, C. and D'agosta, G., 2002. Effect of osmoconditioning upon seed germination of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) under low temperatures. *Seed Science and Technology*, 30(3): 521-533.
 - Gholami, M., Rahemi, M., and Kholdebarin, B., 2010. Effect of drought stress induced by polyethylene glycol on seed germination of four wild almond species. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(5): 785-791.
 - Grabe, D.F., 1976. Measurement of seed vigour. *Journal of Seed Technology*, 1(2): 18-32.
 - Jahanbazy Goujani, H., Hosseini Nasr, S.M., Sagheb-Talebi, Kh. and Hojjati, S.M., 2013. Effect of drought stress induced by altitude, on four wild almond species. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 21(2): 373-386 (In Persian).
 - Jajarmi, V., 2013. Effect of drought stress on germination indices in seven wheat cultivars (*T. aestivum* L.). *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 8(4):183-192 (In Persian).
 - Larcher, W., 1995. *Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups*, Third Edition Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 506p.
 - Lotfi, N., Vahdati, K., Kholdebarin, B. and Amiri, R., 2010. Soluble sugars and proline accumulation play a role as effective indices for drought tolerance screening in Persian walnut (*Juglans regia* L.) during germination. *Fruits*, 65(2): 97-112.
 - MacAllister, S.L., 2016. Regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) under drought. Ph.D. thesis, School of GeoSciences, University of Edinburgh, Edinburgh, 203p.
 - Madjidii, T., Sardabi, H., Aghajanlu, F., Musavi, S.A. and Tarasi, J., 2009. Afforestation trial for five almond (*Amygdalus communis* L.) genotypes and a wild pistachio (*Pistacia atlantica* Desf.) genotype in Zanjan province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 17(2): 161-166 (In Persian).
 - Michel, B.E. and Kaufmann, M.R., 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, 51(5): 914-916.
 - Miri, Y. and Mirjalili, S.A., 2013. Effects of salinity stress on seed germination and some physiological traits in primary stages of growth in purple coneflower (*Echinacea purpurea*). *International*

Effect of drought stress induced by polyethylene glycol (PEG-6000) on seed germinating traits of seven provenances of wild almond (*Amygdalus scoparia* Spach.) in the Fars Province, Iran

M. Babaeiyan¹, D. Azadfar*² and M. Pakparvar³

1- Ph.D. Graduated, Forest Sciences, Department of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agriculture and Natural Resources, Gorgan, Iran

2*- Corresponding author, Associate Prof., Department of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agriculture Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: azadfar.d@gmail.com

3- Assistant Prof., Research Division of Soil Conservation and Watershed Management, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran

Received: 01.07.2019

Accepted: 03.09.2019

Abstract

Wild almond (*Amygdalus scoparia* Spach.) is a drought resistant species with a wide spatial distribution that is extensively used in arid and semi-arid afforestation plans of Iran. Increasing the success of rehabilitation of deforested areas and classification of germplasms entail employing seed resources with good germination rate. To investigate the effect of drought stress on seed germination traits of wild almond populations in Fars province, a factorial experiment was conducted in a completely randomized statistical design. Almond populations were tested on 7 levels (Marvdasht, Pasargard, Arsanjan, Fasa, Kavar, Darab and Khonj), and osmotic stress of polyethylene glycol was studied in 4 levels (0, -0.05, -0.1 and -0.5 MPa). Results of analysis of variance (ANOVA) showed that the main effects of water stress, population and their interactions were significant on all indicators of germination at $p \leq 0.01$. In addition, a diverse sensitivity of populations was observed to levels of drought stress. Increasing the water potential in the germination media had an adverse effect on most seed germination traits. At the highest drought stress levels, the average germination time in populations located in northern Fars was more than those in the southern populations. The population of Khonj showed the highest germination percentage, coefficient of velocity of germination, germination index, and germination rate index and germination value compared to the other studied populations. Using the seeds of this population is therefore recommended if approved in field trials.

Keywords: Coefficient of velocity of germination, germination index, germination rate index, germination value.