تأثیر نوسانات دمایی و سرمادهی بر جوانه‌زنی بذر چهارگونه غالب علفزار (مطالعه موردی: پارک ملی گلستان)

حامد عبدلی[۱]، مهدی عابدی[۲*]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه مرتع داری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.
[۲]استادیار گروه مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۲۹ تاریخ پذیرش:۹۷/۱۲/۱۱

چکیده

در تحقیق حاضر، تأثیر عوامل محیطی تأثیرگذار شامل نوسانات دمایی (دمای متناوب ۲۰°C و ۱۰°C طی روز و شب و دمای ثابت ۲۰°C شب و روز)، سرمادهی (۴°C به‌مدت سه هفته) بر جوانه‌زنی چهار گونه *Crucianella sintenisii* Bornm.، *Melica ciliata* L.، *Poa bulbosa* L و *Rumex* sp. جمع‌آوری شده از پارک ملی گلستان مطالعه شد. بررسی جوانه‌زنی به‌مدت ۴۵ روز صورت گرفت. پارامترهای مختلف جوانه‌زنی مانند درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی اندازه‌گیری شد. نتایج بیانگر این بود که درصد جوانه‌زنی در گونه *P. bulbosa* در دمای متناوب نسبت به دمای ثابت افزایش معنی‌دار داشت، ولی در سه گونه دیگر تفاوت معنی‌دار در میزان درصد جوانه‌زنی مشاهده نشد. هم‌چنین در دمای متناوب، سرعت جوانه‌زنی در سه گونه *P. bulbosa*، *M. ciliata* و *Rumex* sp. نسبت به دمای ثابت سریع‌تر بود، ولی در گونه *C. sintenisii* تفاوت معنی‌داری در سرعت جوانه‌زنی مشاهده نشد. در تیمار سرما درصد جوانه‌زنی در دو گونه *P. bulbosa* و *M. ciliata* افزایش معنی‌دار و در گونه *Rumex* sp. کاهش معنی‌داری نسبت به تیمار کنترل داشت، ولی در گونه *C. sintenisii* تفاوت معنی‌داری در میزان درصد جوانه‌زنی مشاهده نشد. سرمادهی باعث سریع‌تر شدن جوانه‌زنی بذر گونه‌های *P. bulbosa*، *M. ciliata* و *C. sintenisii* و هم‌چنین کند شدن جوانه‌زنی گونه *Rumex* sp. بعد از انتقال به ژرمیناتور شد.

واژه‌های کلیدی: نوسانات دمایی، سرمادهی، اکولوژی جوانه‌زنی، پارک ملی گلستان.

مقدمه

جوانه‌زنی مرحله‌ای حساس در چرخه زندگی گیاهان به‌خصوص در گیاهان مناطق خشک و نیمه‌خشک است، زیرا در این مرحله بذر و نهال بیشترین حساسیت را به خشکی دارند (Gutterman, 2012). گونه‌های گیاهی بسته به شرایط زیستگاه، مکانیسم‌های مختلفی در استراتژی‌های جوانه‌زنی، خواب، ماندگاری بذر و رشد نهال برای یک استقرار موفقیت‌آمیز و به حداقل رساندن خطرات عبور از این مراحل اتخاذ نموده‌اند (Poschlod et al., 2013؛ Meyer et al., 1997). رفتار جوانه‌زنی یک گونه حاصل تعامل بین خصوصیات بذر (عوامل درونی) و نیز عوامل محیطی (بیرونی) است و انتخاب استراتژی باید به‌گونه‌ای باشد که مانع از جوانه‌زنی بذر در شرایط دشوار برای استقرار نهال‌ها شود (Nunes et al., 2016). از این رو جوانه‌زنی بذر توسط چرخه خواب برای جوانه زدن در فصل و زمان مناسب

*نویسنده مسئول: abedimail@gmail.com

کنترل می‌شود (Gutterman, 2012) که به‌عنوان یک استراتژی برای نگهداری یا بقای جمعیت در شرایط نامناسب محیطی است (Venable, 2007). پارامترهای مختلفی که مربوط به زیستگاه یا اقلیم می‌باشند از قبیل دما، بارش، نور و شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک، جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و استقرار نهال را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Fenner and Thompson, 2005).

دما یک عامل مهم محیطی است که به‌وسیله تعیین پتانسیل جوانه‌زنی، نرخ جوانه‌زنی، حذف یا القای خواب (Bewley and Black, 1994) و تأثیر بر برخی از فعالیت‌های آنزیمی و فرآیندهای متابولیسمی (Chaturvedi et al., 2014) موفقیت یا عدم موفقیت استقرار گیاه را تعیین می‌کند (Al-Ahmadi et al., 2007). اثر دما را با توجه به شرایط زیستگاه به دمای ثابت[1] و دمای متناوب[2] تقسیم‌بندی می‌کنند. نوسانات دمایی روزانه به‌عنوان مکانیسمی برای تشخیص فضای باز (Thompson and Grime, 1983) و تشخیص دمای ثابت روزانه به‌عنوان مکانیسمی برای پیدا کردن یک مکان امن برای گیاه مانند اطراف یک گیاه پرستار (Kos and Poschlod, 2007) بیان شده است. بذوری که در خاک فاقد پوشش گیاهی قرار دارند نسبت به بذوری که در خاک دارای پوشش گیاهی قرار دارند تغییرات دمایی بیش‌تری را تجربه می‌کنند. بنابراین توانایی دریافت و حس تغییرات دمایی باعث می‌شود تا بذر بتواند عمق خاک و وضعیت پوشش گیاهی را تشخیص دهد (Lambers et al., 1998).

حد پایین دما برای جوانه‌زنی مشخص نیست، ولی در بسیاری از گونه‌ها ممکن است تنها انجماد از جوانه‌زنی جلوگیری کند (Fenner and Thompson, 2005). تیمار سرمادهی یکی از مهم‌ترین تیمارهای مورد استفاده مطالعات جوانه‌زنی بذر است که تاکنون به‌صورت گسترده برای شکستن خواب بذرهای عمدتاً دارای خواب فیزیولوژیک مورد استفاده قرار گرفته است. این تیمار معمولاً شامل قراردادن بذرها به مدت چند هفته در دمای کم‌تر از ۵ درجه سانتی‌گراد است (Baskin and Baskin, 2014). در شرایط مدیترانه‌ای فصل با کمترین خطر برای گیاهچه فصل مرطوب، خنک، ولی بیشتر زمستان بدون یخبندان است (Fenner and Thompson, 2005).

جوامع گیاهی تحت تأثیر تغییرات محیطی زیستگاه خود هستند. تنش‌های محیطی که در اثر تغییرات اقلیم یا عوامل محیطی که در اکوسیستم رخ می‌دهد، باعث تغییر در حضور و پراکنش گونه‌ها در سطح زیستگاه می‌گردد. لذا آگاهی از نوع عکس‌العمل گیاهان نسبت به تغییرات محیط پیرامون خود ما را در اجرای برنامه‌های مدیریتی مناسب در اکوسیستم‌های طبیعی و درک و شناخت تغییرات پوشش گیاهی طی سالیان متمادی کمک می‌کند. هدف از این تحقیق بررسی اکولوژی جوانه‌زنی چهار گونه *Crucianella sintenisii* Bornm.، *Melica ciliata* L.، *Poa bulbosa* L. و *Rumex* sp. در شرایط آزمایشگاهی تحت تأثیر عوامل دما و سرما جهت فهم و درک تأثیر این مکانیسم‌ها بر جوانه‌زنی و انتشار گونه‌ها در زیستگاه خود است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: این مطالعه در پارک ملی گلستان انجام شد. به‌منظور انجام این تحقیق بذرها از ۲ سایت لوهندر با رویشگاه استپ استیپا (*Stipa*) و میرزابایلو با رویشگاه استپ درمنه (*Artemisia*) جمع‌آوری شدند. این مناطق در قسمت‌های جنوب شرقی و شمال شرقی پارک قرار دارند.

1. Constant temperature
2. Alternating temperature

آزمون جوانه‌زنی: در این مطالعه جوانه‌زنی ٤ گونه *C. sintenisii*، *M. ciliata*، *P. bulbosa* و *Rumex* sp. که از گونه‌های غالب و مهم منطقه مورد بررسی قرار گرفت.

برای انجام تیمار دما از دو رژیم دمایی ثابت و متناوب استفاده شد. در رژیم دمایی ثابت بذرها را تحت شرایط دمایی ۲۰ درجه سانتی‌گراد در طول شبانه‌روز (Abedi, 2013؛Kulkarni et al., 2014) و در رژیم دمایی متناوب بذرها را در شرایط دمای روز ۲۰ درجه سانتی‌گراد و دمای شب ۱۰ درجه سانتی‌گراد (Torra et al., 2015) که با توجه به‌شرایط دمایی منطقه موردمطالعه است قرار داده شد.

برای انجام تیمار سرمادهی ابتدا بذرها را به‌مدت ۳ هفته در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد قراردادیم (Tsuyuzaki and Miyoshi, 2009؛ Benveuti, 2016) و سپس برای بررسی اثر سرما بر جوانه‌زنی همه نمونه‌ها با شرایط یکسان داخل ژرمیناتور با ١٤ ساعت روشنایی و١٠ ساعت تاریکی در شبانه‌روز و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد روز و ۱۵ درجه سانتی‌گراد شب و هم‌چنین رطوبت نسبی ٦٠ درصد که نزدیک به شرایط منطقه بود قرار گرفتند (Zaki and Abedi, 2017؛ Abedi, 2013؛ Baskin and Baskin, 2014). هم‌چنین برای تیمار سرما از یک تیمار کنترل با شرایط ١٤ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی در شبانه‌روز و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد روز و ۱۵ درجه سانتی‌گراد شب و همچنین رطوبت نسبی ٦٠ درصد استفاده شد.

به‌منظور بررسی جوانه‌زنی، برای نمونه‌ها از پتری دیش‌های ۸ سانتی‌متری استفاده شد و پس از هر بار شمارش دور آن‌ها با نوار پارافیلم بسته شد تا تبخیر و تعرق به حداقل برسد. پارامترهای مختلف جوانه‌زنی مانند درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی اندازه‌گیری شد. برای تیمار سرما شمارش بعد از انتقال از یخچال به ژرمیناتور و برای تیمار دما شمارش از روز اول تا روز دهم به‌صورت مستمر و سپس هر ٤ روز یک‌بار در یک دوره ٤٥ روزه صورت گرفت. لازم به ذکر است که برای انجام تیمارهای فوق برای هر تیمار ٤ تکرار شامل ۵۰ بذر در هر تکرار استفاده شد.

برای محاسبه درصد جوانه‌زنی از رابطه ۱ استفاده شد:

$$GT = \frac{N_T \times 100}{N} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

که در آن G_T عبارت است از جوانه‌زنی کل به درصد، N_T عبارت است از تعداد بذرهای جوانه‌زده در انتهای آزمون و N عبارت است از تعداد بذرهای استفاده شده در آزمون که دارای قابلیت زنده‌مانی هستند (Scott et al., 1984).

هم‌چنین برای محاسبه سرعت جوانه‌زنی (زمان رسیدن جوانه‌زنی به ۵۰ درصد) از رابطه ۲ استفاده خواهد شد:

$$T_{50=}t_i + (t_j - t_i) \times (N/2 - n_i)/(n_j - n_i) \quad \text{(رابطه ۲)}$$

این شاخص میانگین وزنی بین دو زمان t_i و t_j با شمارش تجمعی بذر است. N جمع تعداد بذرهای جوانه‌زده است و n_i و n_j زمان بین N/۲ است (Farooq et al., 2005).

تجزیه و تحلیل آماری

نتایج با استفاده از آزمون مدل خطی تعمیم یافته[1] تحلیل شد. با توجه به اینکه داده‌های جوانه‌زنی جزء داده‌های دو جمله‌ای (جوانه‌زنی و عدم جوانه‌زنی هر بذر) محسوب می‌شوند بنابراین از این آزمون استفاده می‌گردد. در این مدل

1. Generalized linear model

توزیع داده‌ها از توزیع دوجمله‌ای و در صورت داشتن بیش پراکنش[1] از شبه دوجمله‌ای استفاده می‌شود. از آزمون فیشر (F test) برای تحلیل اثر تیمارها استفاده گردید. برای آنالیز داده‌های زمان ۵۰ درصد جوانه‌زنی از آزمون مدل خطی عمومی[2] و نیز توزیع گوسین استفاده شد. جهت مقایسه میانگین تیمارها نیز از آزمون توکی HSD استفاده شد.

نتیجه‌گیری

تیمار دما: طبق نتایج به‌دست آمده از مدل خطی تعمیم یافته، اثر گونه، اثر تیمار و اثر متقابل گونه و تیمار معنی‌دار بود (جدول ۱). همچنین در نتایج حاصل از مدل در بررسی سرعت جوانه‌زنی، اثر گونه، اثر تیمار و اثر متقابل گونه و تیمار معنی‌دار بود (جدول ۲).

طبق نتایج به‌دست آمده از مدل خطی تعمیم یافته در تیمار نوسانات دمایی، اثر تیمار بر درصد جوانه‌زنی در گونه *P. bulbosa* معنی‌دار بود، اما در گونه *M. ciliata*، *C. sintenisii* و *Rumex* sp. اثر معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۳). در نتایج حاصل از مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی در این تیمار، در گونه *P.bulbosa* اختلاف معنی‌دار نشان داد، که میانگین درصد جوانه‌زنی در تیمار دمای متناوب بیشتر از تیمار دمای ثابت بود. اما در گونه‌های *Rumex* sp.، *M. ciliata* و *C. sintenisii* اختلاف معنی‌داری در میانگین درصد جوانه‌زنی مشاهده نشد (شکل ۱- الف).

طبق نتایج به دست آمده از مدل خطی تعمیم یافته، اثر تیمار بر سرعت جوانه‌زنی در گونه‌های *P. bulbosa*، *M. ciliata* و *Rumex* sp. معنی‌دار بود، اما در گونه *C. sintenisii* اثر معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ٤). در نتایج حاصل از مقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی در این تیمار، در گونه‌های *P. bulbosa*، *M. ciliata* و *Rumex* sp. اختلاف معنی‌دار بود، که در هر سه گونه میانگین سرعت جوانه‌زنی در تیمار دمایی ثابت نسبت به تیمار دمایی متناوب افزایش معنی‌دار داشت که در تیمار دمایی ثابت سرعت جوانه‌زنی کندتر بود. اما در گونه *C. sintenisii* اختلاف معنی‌داری در میانگین سرعت جوانه‌زنی مشاهده نشد (شکل ۱-ب).

تیمار سرمادهی: طبق نتایج به‌دست آمده از مدل خطی تعمیم یافته، اثر گونه، اثر تیمار و اثر متقابل گونه و تیمار معنی‌دار بود (جدول ۱). همچنین در نتایج حاصل از مدل در بررسی سرعت جوانه‌زنی، اثر گونه، اثر تیمار و اثر متقابل گونه و تیمار معنی‌دار بود (جدول ۲).

طبق نتایج به‌دست آمده از مدل خطی تعمیم یافته، اثر تیمار در گونه‌های *P. bulbosa*، *M. ciliata* و *Rumex* sp. معنی‌دار مشاهده شد، اما در گونه *C. sintenisii* اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی در این تیمار، در گونه *P. bulbosa* و *M. ciliata* اختلاف معنی‌دار بود، که میانگین درصد جوانه‌زنی در تیمار سرمادهی بیشتر از تیمار کنترل بود. همچنین در گونه *Rumex* sp. اختلاف معنی‌داری در میانگین جوانه‌زنی مشاهده شد، که میانگین درصد جوانه‌زنی در تیمار کنترل بیشتر از تیمار سرمادهی بود. در گونه *C. sintenisii* میانگین درصد جوانه‌زنی در تیمار سرمادهی با تیمار کنترل تفاوت معنی‌دار نداشت (شکل ۱- ج). طبق نتایج به‌دست آمده از مدل خطی تعمیم یافته، اثر تیمار بر سرعت جوانه‌زنی در هر ٤ گونه معنی‌دار بود (جدول ٤). در نتایج حاصل از مقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی در این تیمار، در گونه‌های *P. bulbosa*، *M. ciliata* و *C. sintenisii* میانگین سرعت جوانه‌زنی در تیمار

1. Over dispersion
2. General linear model

سرمادهی نسبت به تیمار کنترل کاهش معنی‌داری داشت، اما در *Rumex* sp. میانگین سرعت جوانه‌زنی در تیمار سرمادهی نسبت به تیمار کنترل به‌صورت معنی‌داری افزایش یافته بود (شکل ۱- د).

جدول ۱: نتایج مدل خطی تعمیم یافته اثر متقابل گونه و تیمار بر درصد جوانه‌زنی گونه‌های مورد مطالعه در تیمار نوسانات دمایی و سرمادهی.

منبع تغییرات	درجه آزادی	نوسانات دمایی		سرمادهی	
		P-value	کای اسکوئر	P-value	کای اسکوئر
گونه	۳	<۰/۰۰۰۱***	۱۰٤٦/۳۰	<۰/۰۰۰۱***	٤٤٥/۳٦
تیمار	۱	<۰/۰۰۰۱***	۵۸/۸۷	<۰/۰۰۰۱***	۲۸/۰۸
گونه × تیمار	۳	<۰/۰۰۰۱***	۲۲۲/٤۹	<۰/۰۰۰۱***	۵۰۵/۱٤

کدهای معنی‌داری: ۰/۰۰۱ *** ۰/۰۱ ** ۰/۰۵ *

جدول ۲: نتایج مدل خطی تعمیم یافته اثر تیمار بر درصد جوانه‌زنی گونه‌های مورد مطالعه در تیمار نوسانات دمایی و سرمادهی

گونه	درجه آزادی	نوسانات دمایی		سرمادهی	
		P-value	F-value	P-value	F-value
Crucianella sintenisii	۱	۰/٤۸۳	۰/۵۵۷	۰/۵۹۸	۰/۳۰۸
Melica ciliata	۱	۰/۳۹۲	۰/۸٤٦	۰/۰۳٦*	۷/۱٤۲
Poa bulbosa	۱	۰/۰۲۳*	۹/۱۸٤	**۰/۰۰۳	۲۱/۷۸۵
Rumex sp.	۱	۰/۳۷۹	۰/۹۰۱	**۰/۰۰۱	۲۹/٦۲٤

کدهای معنی‌داری: ۰/۰۰۱ *** ۰/۰۱ ** ۰/۰۵ *

جدول ۳: نتایج مدل خطی تعمیم یافته اثر متقابل گونه و تیمار بر سرعت جوانه‌زنی گونه‌های مورد مطالعه در تیمار نوسانات دمایی و سرمادهی.

منبع تغییرات	درجه آزادی	نوسانات دمایی		سرمادهی	
		P-value	F-value	P-value	F-value
گونه	۳	<۰/۰۰۰۱***	۲۷/٤۵٦	۰/۰۳۳*	۳/٤۰۵
تیمار	۱	<۰/۰۰۰۱***	۱۹/۸۸۹	<۰/۰۰۰۱***	٤۰/۷۹۲
گونه×تیمار	۳	۰/۰۰۰۳**	۵/۹۵۱	<۰/۰۰۰۱***	۲۰/۸۳۰

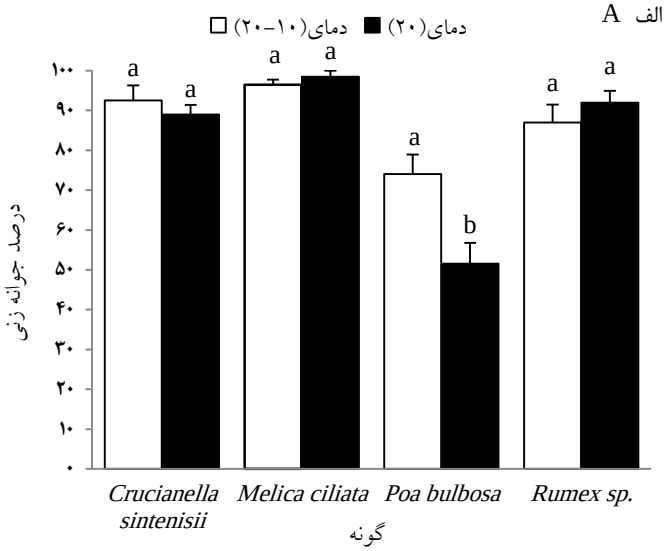
کدهای معنی‌داری: ۰/۰۰۱ *** ۰/۰۱ ** ۰/۰۵ *

جدول ٤: نتایج مدل خطی تعمیم یافته اثر تیمار بر سرعت جوانه‌زنی گونه‌های مورد مطالعه در تیمارهای نوسانات دمایی و سرمادهی.

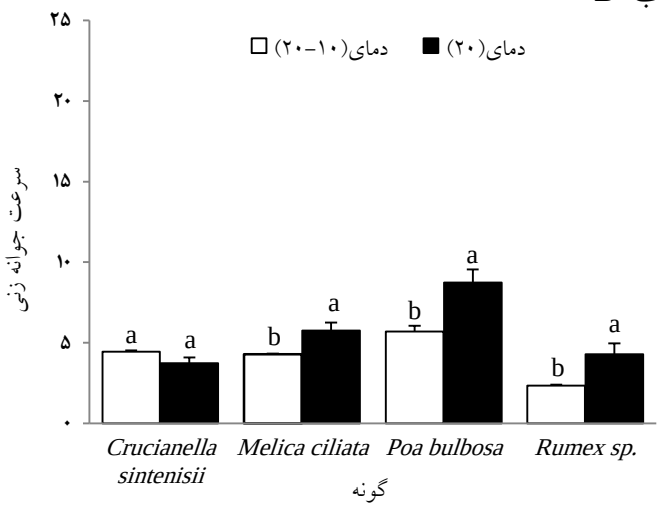
گونه	درجه آزادی	نوسانات دمایی		سرمادهی	
		p-value	F-value	p-value	F-value
Crucianella sintenisii	۱	۰/۱۰۷	۳/۵۸۰	۰/۰۰۳**	۲۱/٦٤
Melica ciliata	۱	۰/۰۲۲*	۹/۲۳۲	۰/۰۰۲**	۲٦/۷۵٦
Poa bulbosa	۱	۰/۰۱۵*	۱۱/۲۳۲	۰/۰۰۰۱***	۱۰۳/۲٦
Rumex sp	۱	۰/۰۲۹*	۸/۱۰۲	۰/۰۳۳*	۷/۵۰۱

کدهای معنی‌داری: ۰/۰۰۱ *** ۰/۰۱ ** ۰/۰۵ *

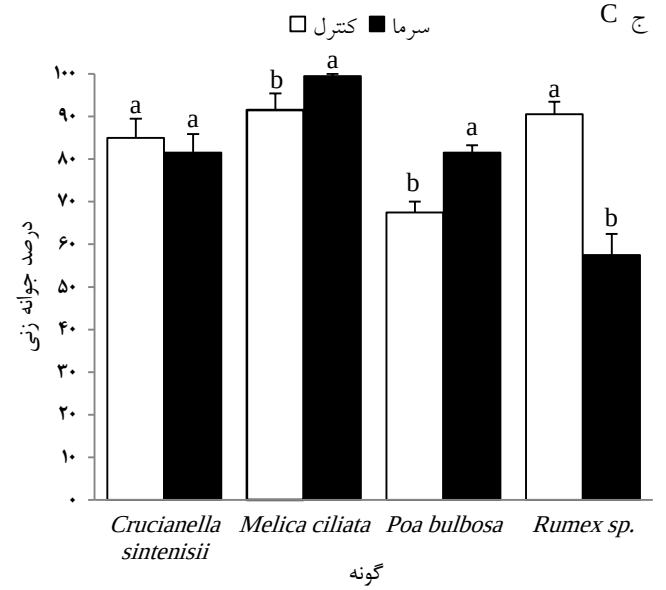
الف A

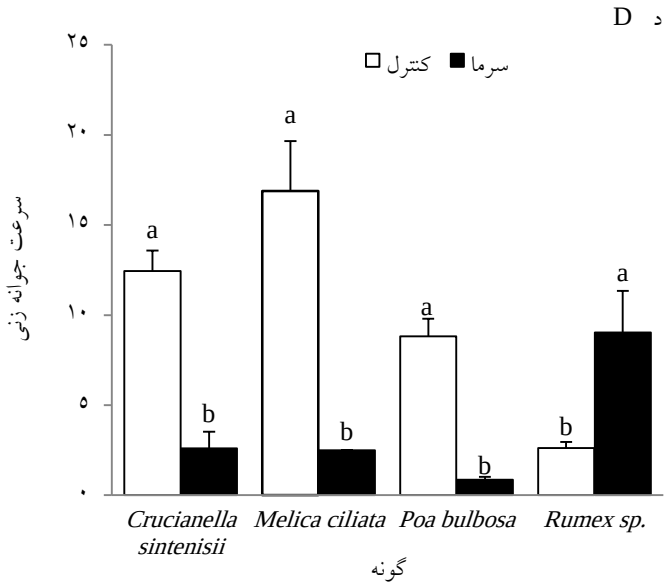

دمای(۱۰–۲۰)
دمای(۲۰)
درصد جوانه زنی
Crucianella sintenisii
Melica ciliata
Poa bulbosa
Rumex sp.
گونه

ب B


دمای(۱۰–۲۰)
دمای(۲۰)
سرعت جوانه زنی
Crucianella sintenisii
Melica ciliata
Poa bulbosa
Rumex sp.
گونه

ج C


کنترل
سرما
درصد جوانه زنی
Crucianella sintenisii
Melica ciliata
Poa bulbosa
Rumex sp.
گونه



شکل ۱: الف. مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی در تیمار دمای ثابت (۲۰ درجه سانتی‌گراد) و دمای متناوب (۱۰-۲۰ درجه سانتی‌گراد) در هر چهار گونه. ب. مقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی در تیمار دمای ثابت (۲۰) درجه سانتی‌گراد و دمای متناوب (۱۰-۲۰ درجه سانتی‌گراد) در هر چهار گونه. ج: مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی در تیمار سرما (٤ درجه سانتی‌گراد) و تیمار کنترل در هر چهار گونه. د: مقایسه میانگین سرعت جوانه‌زنی در تیمار سرما (٤) درجه سانتی‌گراد و تیمار کنترل در هر چهار گونه.

بحث و نتیجه‌گیری

طبق نتایج به‌دست آمده، تیمارهای اعمال‌شده اثر معنی‌داری بر جوانه‌زنی هر چهار گونه مورد مطالعه داشتند. فرایندهای فیزیولوژیکی که جوانه‌زنی را افزایش می‌دهد توسط دما کنترل می‌شود (Probert, 2000). نیاز دمایی (دمای ثابت و متناوب) گونه‌ها برای جوانه‌زنی می‌تواند بیانگر خصوصیات زیستگاه، آشیان اکولوژیک جوانه‌زنی و پراکنش گونه‌ها در محیط باشد (Liu et al., 2013). دما، با شروع خواب در گونه *P. bulbosa* همبستگی مثبتی دارد (Ofir 2006 and Kigel,). درگونه *P. bulbosa* دمای متناوب (۱۰-۲۰) درجه سانتی‌گراد باعث افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی نسبت به دمای ثابت (۲۰) سانتی‌گراد شد که با نتایج مطالعات قبلی بر روی این گونه مطابقت داشت (1943 Plummer,). اما در سه گونه دیگر تفاوت معنی‌داری در درصد جوانه‌زنی گونه‌ها در دو دمای مورد بررسی مشاهده نشد. در بررسی که بر روی ۹ گونه از جنس *Rumex* صورت گرفت، در پنج گونه تفاوت معنی‌داری بین تیمار دمای ثابت و متناوب مشاهده نشد ولی در چهار گونه دیگر جوانه‌زنی در تیمار دمایی متناوب نسبت به تیمار دمایی ثابت افزایش معنی‌داری داشت (Van Assche et al., 2002). در مطالعه‌ای که بر روی سه زیرگونه، گونه *Crucianella maritime* L. انجام شد، جوانه‌زنی در هر سه زیرگونه در شرایط دمای ثابت نسبت به یک تناوب دمایی بیشتر بود (Del Vecchio et al., 2012). دمای ثابت، باعث کاهش سرعت جوانه‌زنی در سه گونه *M. ciliata*، *P. bulbosa* و *Rumex* sp. نسبت به دمای متناوب شد، ولی دمای متناوب و ثابت تفاوت معنی‌داری بر میانگین سرعت جوانه‌زنی *C. sintenisii* نداشتند. افزایش سرعت جوانه‌زنی باعث می‌شود در گونه یک سازگاری به وجود آید که قبل از خشک شدن خاک بذر جوانه بزند و استقرار یابد (Gutterman, 2012). اگرچه جوانه‌زنی بذر با دمای متناوب در گونه‌های

گیاهی شایع است، ولی در بسیاری از گونه‌ها، واکنش‌های جوانه‌زنی به دماهای ثابت و متناوب ممکن است به‌طور گسترده رخ دهد (Picciau et al., 2017؛ Liu et al., 2013؛ Thompson and Grime, 1983).

حد پایین دما برای جوانه‌زنی مشخص نیست، ولی در بسیاری از گونه‌ها ممکن است تنها انجماد از جوانه‌زنی جلوگیری کند (Fenner and Thompson, 2005). قرار گرفتن در سرما باعث افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی در دو گندمی چندساله *M. ciliata* و *P. bulbosa* نسبت به نمونه کنترل شد که در گونه *P. bulbosa* با بررسی‌هایی که روی گونه‌های جنس *Poa* انجام شده بود مطابقت داشت (Baghdadi et al., 2013). اکوتیپ‌های *P. bulbosa* در سال‌های می‌تواند به گل برسند که فصلی بارانی و زمستان نسبتاً سرد و طولانی داشته باشند (Ofir and Kigel, 2006). سرمادهی باعث سریع‌تر شدن سرعت جوانه‌زنی بذر گونه‌های *P. bulbosa*، *M. ciliata* و *C. sintenisii* بعد از انتقال بذرها از شرایط سرمای ٤ درجه سانتی‌گراد به شرایط دمای محیط شد، که می‌توان استراتژی گونه‌ها برای جوانه‌زنی در شرایط و زمان مناسب باشد که تأثیر مثبتی در پراکنش گونه‌ها در هنگام مساعد شدن شرایط محیطی باشد. در مراتع با پوشش گیاهی انبوه و متراکم، گونه‌ها تمایل به جوانه‌زنی در دمای پایین‌تر دارند که احتمالا به دلیل جلوگیری از وقوع خطرات رقابت بر سر نور برای فصل بعد می‌باشد (Olff et al., 1994). اثر سرما بر روی گونه *Rumex* sp. منفی بود و سرما باعث کاهش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی و کند شدن سرعت جوانه‌زنی در این گونه نسبت به تیمار کنترل شد که با نتایج (Tsuyuzaki and Miyoshi., 2009) که در ارتباط با گونه‌های این جنس بود مطابقت داشت. اما در گونه *C. sintenisii* تأثیر سرما بر جوانه‌زنی معنی‌دار نبود. فرناندزپاسکال و همکاران (Fernández-Pascual et al., 2017) به این نتیجه رسیدند که قرار گرفتن بذرهای گونه *crucianella maritima* در دمای ۳ درجه سانتی‌گراد و سپس انتقال به دمای شبیه دمای محیط زیستگاه گونه باعث افزایش معنی‌دار جوانه‌زنی شد که مخالف نتایج ما بود. شدت سرمای زمستان ممکن است باعث مهار جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر گردد (Alvarado and Bradford, 2002).

تنوع پاسخ جوانه‌زنی به فاکتورهای محیطی تصادفی نیست، گیاهانی که زیستگاه جامع‌تری دارند آشیان اکولوژیک جوانه‌زنی آن‌ها نیز گسترده‌تر است و گیاهانی که جامعیت زیستگاهی کمتری دارند آشیان اکولوژیک جوانه‌زنی‌شان محدودتر است (Marques et al., 2014). اگرچه در گونه‌های موردمطالعه پاسخ به تیمارها متفاوت بود که در برخی جوانه‌زنی افزایش و برخی کاهش و یا تفاوتی در جوانه‌زنی گونه‌ها مشاهده نشد ولی، نکته قابل‌توجه جوانه‌زنی تقریباً بالا در تیمارهای اعمالی است که می‌توان گفت که تیمارهای موردمطالعه باعث محدودیت در جوانه‌زنی گونه‌ها نشدند. این همبستگی جوانه‌زنی در شرایط مختلف محیطی بیانگر این است که هنگامی‌که شرایط بهینه است گونه‌ها جوانه‌زنی دارند و در شرایط بهینه‌تر و بهتر جوانه‌زنی آن‌ها افزایش می‌یابد (Marques et al., 2014) درنتیجه جوانه‌زنی در دامنه وسیعی از شرایط محیطی باعث تسهیل بقای گونه‌های گیاهی و پراکنش آن‌ها در محیط می‌شوند (Tinoco-Ojanguren et al., 2016).

سپاسگزاری

از دانشگاه تربیت مدرس بابت حمایت از تحقیق، اداره کل محیط زیست استان گلستان و نیز مسئولین و محیط‌بانان پارک ملی گلستان که انجام این تحقیق با حمایت بی‌شائبه آن‌ها صورت گرفته است کمال سپاس و قدردانی را دارم. همچنین از زحمات مسئول محترم آزمایشگاه مرتع دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی تربیت مدرس نور خانم رحمتی و دانشجویان گرامی، آقایان رحیمیانی و تواناپور و خانم‌ها باقری و فراهانی کمال سپاس و قدردانی را دارم.

References

Abedi, M. 2013. Seed Ecology in Dry Sandy Grasslands-an Approach to Patterns and Mechanisms, PhD thesis, University of Regensburg، 100.

Al-Ahmadi, M.J., and Kafi, M. 2007. Cardinal temperatures for germination of *Kochia scoparia* (L.). Journal of arid environments, 68: 308-314.

Alvarado, V., and Bradford, K.J. 2002. A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. Plant, Cell and Environment, 25: 1061-1069.

Baghdadi, E., Jafari, A.A., Alizadeh, M.A., and Gorji, A.H. 2013. Studying the Impacts of Cold Temperature on Morphological and Phonological Development of *Poa pratensis* and *Poa trivialis* Regarding GDD. Journal of Rangeland Science. 3: 223-230.

Baskin, C.C., and Baskin, J.M. 2014. Seeds: ecology, biogeography, and, evolution of dormancy and germination. Elsevier.

Benvenuti, S. 2016. Seed ecology of Mediterranean hind dune wildflowers. Ecological Engineering. 91: 282-293.

Bewley, J.D., and Black, M. 1994. Seeds: Physiology of Development and Germination. Dormancy: methods and protocols. Springer, New York. :43–52.

Chaturvedi, P., Bisht, D., and Tiwari Pandey, S. 2014. Effects of temperature, moisture and salinity on seed germination of *Artemisia annua* L. grown under Tarai conditions of Uttarakhand. Journal of Applied Horticulture. 16: 231-234.

Del Vecchio, S., Mattana, E., Acosta, A.T., and Bacchetta, G. 2012. Seed germination responses to varying environmental conditions and provenances in *Crucianella maritima* L., a threatened coastal species. Comptes rendus biologies. 335: 26-31.

Farooq, M., Basra, S.M.A., Ahmad, N. and Hafeez, K. 2005. Thermal hardening: a new seed vigor enhancement tool in rice. Journal of Integrative Plant Biology. 47: 187-193.

Fenner, M. and Thompson, K. 2005. The ecology of seeds. Cambridge University Press.

Fernández-Pascual, E., Pérez-Arcoiza, A., Prieto, J.A., and Díaz, T.E. 2017. Environmental filtering drives the shape and breadth of the seed germination niche in coastal plant communities. Annals of Botany. 119: 1169-1177

Gutterman, Y. 2012. Seed germination in desert plants. Springer Science & Business Media.

Kos, M., and Poschlod, P. 2007. Seeds use temperature cues to ensure germination under nurse-plant shade in xeric Kalahari savannah. Annals of Botany. 99: 667-675.

Kulkarni, M.G., Amoo, S.O., Kandari, L.S., and Van Staden, J. 2014. Seed germination and phytochemical evaluation in seedlings of *Aloe arborescens* Mill. Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology. 148: 460-466.

Lambers, H., Chapin III, S.F., and Pons, TL. 1998. Plant Physiological Ecology.

Liu, K., Baskin, J.M., Baskin, C.C., Bu, H., Du, G., and Ma, M. 2013. Effect of diurnal fluctuating versus constant temperatures on germination of 445 species from the eastern Tibet Plateau. PloS one. 8. p.e69364.

Marques, A.R., Atman, A.P., Silveira, F.A., and de Lemos-Filho, J.P. 2014. Are seed germination and ecological breadth associated? Testing the regeneration niche hypothesis with bromeliads in a heterogeneous neotropical montane vegetation. Plant ecology. 215: 517-529.

Meyer, S.E., Allen, P.S. and Beckstead, J. 1997. Seed Germination Regulation in *Bromus Tectorum* (Poaceae) and Its Ecological Significance. Oikos. 78: 475-485.

Nunes, F.P., Dayrell, R.L., Silveira, F.A., Negreiros, D., de Santana, D.G., Carvalho, F.J., Garcia, Q.S., and Fernandes, G.W. 2016. Seed Germination Ecology in Rupestrian Grasslands. In Ecology and Conservation of Mountaintop grasslands in Brazil, Springer International Publishing, pp: 207-225.

Ofir, M., and Kigel, J. 2006. Opposite effects of daylength and temperature on flowering and summer dormancy of *Poa bulbosa*. Annals of Botany. 97: 659-666.

Olff, H., Pegtel, D.M., Van Groenendael, J.M., and Bakker, J.P. 1994. Germination strategies during grassland succession. Journal of Ecology, pp: 69-77.

Picciau, R., Porceddu, M., and Bacchetta, G. 2017. Can alternating temperature, moist chilling and gibberellin interchangeably promote the completion of germination of Clematis vitalba seeds? Botany. 95: 847-852.

Plummer, A.P. 1943. germination and early seedling development of twelve range grasses. Journal of the American Society of Agronomy.

Poschlod, P., Abedi, M., Bartelheimer, M., Drobnik, J., Rosbakh, S., and Saatkamp, A. 2013. Seed Ecology and Assembly Rules in Plant Communities, Vegetation Ecology, John Wiley and Sons, Ltd. pp: 164-202.

Probert, R.J. 2000. The role of temperature in the regulation of seed dormancy and germination. Seeds: the ecology of regeneration in plant communities, 2: 261-292.

Scott, S.J., Jones, R.A., and Williams, W. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. Crop science. 24(6):1192-1199.

Thompson, K. and Grime, J.P. 1983. A comparative study of germination responses to diurnally-fluctuating temperatures. Journal of Applied Ecology. :141-156.

Tinoco-Ojanguren, C., Reyes-Ortega, I., Sánchez-Coronado, M.E., Molina-Freaner, F., and Orozco-Segovia, A. 2016. Germination of an invasive Cenchrus ciliaris L.(buffel grass) population of the Sonoran Desert under various environmental conditions. South African Journal of Botany, 104, pp:112-117

Torra, J., Royo-Esnal, A., and Recasens, J. 2015. Germination ecology of five arable *Ranunculaceae* species. Weed research. 55(5): 503-513.

Tsuyuzaki, S., and Miyoshi, C. 2009. Effects of smoke, heat, darkness and cold stratification on seed germination of 40 species in a cool temperate zone in northern Japan. Plant Biology. 11: 369-378.

Van Assche, J., Van Nerum, D., and Darius, P. 2002. The comparative germination ecology of nine *Rumex* species. Plant Ecology. 159: 131-142.

Venable, D.L. 2007. Bet hedging in a guild of desert annuals. Ecology. 88(5): 1086-1090.

Zaki, E., and Abedi, M. 2017. Germination study of Three perrennial grasses *Stipa caucasica*,*Festuca valensica* and *Poa densa* to smoke and heat. Journal of Rangeland. 10: 474–482. (In Persian)