پاسخ جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز به دما و نور در چهار گونه چمن گرمسیری

محمدرضا صالحی[1*]، لیلا حلاجیان[2]، محسن خسروی[3]

[1]دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی خوزستان، ایران

[2]دکتری، مرکز تحقیقات و آموزش سازمان پارک‌ها و فضای سبز اهواز، اهواز، ایران

[3]کارشناسی‌ارشد، گروه علوم و تکنولوژی بذر، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۹/۵/۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۹/۷

چکیده

جهت بررسی تأثیر نور و دما بر جوانه‌زنی چهار گونه بذر رایج چمن گرمسیری شامل *Buchloe dactyloides*، *Cynodon dactylon*، *Zoysia japonica* و *Paspalum vaginatom*، آزمایشی به‌صورت طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل با چهار تکرار در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در سال ۱۳۹۸ انجام شد. در این آزمایش تیمارها شامل چهار گونه چمن، دو سطح نوری (روشنایی-تاریکی و تاریکی مداوم) و چهار سطح دمای متناوب شامل: ۳۵-۱۰، ۳۲/۵-۱۲/۵، ۳۰-۱۵ و ۲۷/۵-۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد (روز-شب) بود. در این پژوهش ویژگی‌های درصد و سرعت جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که این چهار گونه چمن گرمسیری در شرایط تناوب نوری بهتر از تاریکی مداوم جوانه می‌زنند. بیشترین جوانه‌زنی در هر چهار گونه در شرایط تناوب نوری و دمای متناوب ۳۰-۱۵ و کمترین جوانه‌زنی در گونه‌های *B. dactyloides* و *P. vaginatom*، شرایط تاریکی مداوم و دمای متناوب ۳۵-۱۰ رخ داد. بررسی سرعت جوانه‌زنی نشان داد که در تمام سطوح رژیم‌های دمایی بیشترین سرعت جوانه‌زنی در گونه *Z. japonica* و کمترین سرعت جوانه‌زنی در گونه *B. dactyloides* در دمای ۳۵-۱۰ بود. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش اثر تناوب دمایی و نوع گونه بر فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز نشان داد که بیشترین فعالیت این آنزیم در تمامی گونه‌ها مربوط به تناوب دمایی ۲۷/۵-۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد بود، که در این تناوب دمایی گونه *B. dactyloides* نسبت به سایر گونه‌ها بیشترین فعالیت آنزیمی را داشت. همچنین با افزایش گستره دمایی به‌ویژه دمای متناوب ۳۵-۱۰ درجه سانتی‌گراد گونه *P. vaginatum* نسبت به سایر گونه‌ها برتری معنی‌داری نشان داد. به‌طور کلی نتایج نشان داد این چهار نوع چمن برای جوانه‌زنی به نور نیاز دارند و دمای مناسب برای جوانه‌زنی آن‌ها ۲۷/۵ درجه سانتی‌گراد در روز و ۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد در شب می‌باشد. همچنین رابطه مستقیمی بین فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و میزان جوانه‌زنی این چهار گونه وجود داشت.

واژه‌های کلیدی: برموداگراس، پاسپالوم، چمن، سازگاری، عوامل محیطی

مقدمه

برای داشتن فضای سبز پایدار و سازگار با منطقه، انتخاب گونه مناسب چمن لازم است. دما، نور خورشید، بارندگی و سایر تنش‌های غیرزنده تا حد زیادی بر انتخاب گونه چمن تأثیر می‌گذارد (Pinnix and Miller, 2019).

*نویسنده مسئول: m_salehisalmi@yahoo.com

به‌طورکلی بر اساس دما چمن‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند: فصل سرد و فصل گرم. در ایران، چمن‌های فصل سرد مناسب مناطق سرد شمالی و چمن‌های فصل گرم ویژه مناطق جنوبی کشور می‌باشند (Salehi, 2015). شهرستان اهواز با آب و هوای گرم و خشک، یکی از وسیع‌ترین فضاهای سبز کشور و گیاه پوششی رایج در این منطقه، چمن *C. dactylon* می‌باشد. شوربختانه با توجه به محدودیت‌های ورود گونه‌ها و ارقام جدید در کشور، از سالیان دور در این منطقه تنها این گونه کاشته می‌شود و امروز در برخی از مناطق مشکلات عمده‌ای از جمله خشکیدگی، آفت زدگی، بیماری مشاهده می‌شود و به‌نظر می‌رسد این گونه مناسب فضای سبز شهرستان اهواز نیست (Minavi et al., 2017). امروزه در اکثر کشورهای گرمسیری و با شرایط آب‌وهوایی مشابه شهر اهواز علاوه بر این گونه، گونه‌های دیگری مانند *Z. japonica* نیز استفاده می‌شود (Minavi et al., 2017).

عوامل محیطی متعددی به‌عنوان عوامل تعیین‌کننده زمان کاشت چمن عمل می‌کنند. در میان این عوامل، دما و نور یک عامل بسیار مهم حاکم بر درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی می‌باشد (Taghvaei and Ghaedi, 2010). دما و نور تأثیر معنی‌داری بر پتانسیل و سرعت جوانه‌زنی دارد (Baskin and Baskin, 2014)، زیرا روی جذب آب و سرعت عمل متابولیک داخل بذر اثر می‌گذارد و اندامک‌های درون سلول‌های بذر برای فعالیت‌های خود به دما مطلوب نیاز دارند (Deurr et al., 2015) و به همین دلیل دما مهم‌ترین فاکتور تعیین‌کننده موفقیت یا عدم موفقیت در استقرار گیاهچه می‌باشد (Kader and Jutzi, 2004).

پژوهش‌های فراوانی به بررسی اثر دما و نور روی جوانه‌زنی گیاهان گوناگون پرداخته شده است، با این وجود پژوهش‌های اندکی در رابطه با واکنش گونه‌های چمن گرمسیری به دما و نور وجود دارد. نور به‌عنوان عاملی مهم برای جوانه‌زنی بذور بسیاری از گونه‌های علفی شناخته‌شده است (Crisraudo et al., 2007) و به‌عنوان یک عامل شکست خواب یا محرک جوانه‌زنی در آن‌ها عمل می‌کند. بذر حداقل نیمی از گونه‌های علفی یک‌ساله برای جوانه‌زنی نیاز به نور دارند و بذر بسیاری از گیاهان مانند خرگوشک، ترشک و آلاله در نور و بذر عده‌ای دیگر مانند تاتوره و پیاز وحشی در تاریکی جوانه می‌زند و بسیاری دیگر مانند خرفه، قیاق و تاج خروس برای جوانه‌زنی مستقل عمل کرده و نیاز به نور یا تاریکی ندارند (Alizadeh et al., 2012). به‌طورکلی دما به‌دلیل اثری که بر خواب، سرعت جوانه‌زنی و سرعت رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه دارد، درصد جوانه‌زنی نهایی بذر در گیاهان مختلف را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Bradford, 2005). تحریک و افزایش جوانه‌زنی بذور با دمای متناوب در مقایسه با دمای ثابت، در پژوهش‌های متعددی گزارش شده است (Castillo-Lorenzo et al., 2019; Tribouillois et al., 2016). به عنوان مثال، بذر *Scoparia dulcis* در روشنایی و گستره دمایی ۳۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد، سریع‌تر از دماهای ثابت جوانه می‌زند (Jain and Singh, 1989). جوانه‌زنی بذر تاج‌خروس و دم‌روباهی کبیر از ۳۰ درصد در دمای ثابت به ۹۵ درصد در دمای متناوب افزایش یافت (Vitta and Faccini, 2005). مطالعه‌ی شش گونه بیابانی در سه دمای ۱۲، ۲۰ و ۲۶ درجه سانتی‌گراد نشان داد که با افزایش دما جوانه‌زنی زودتر انجام شد و مدت‌زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی نیز کاهش یافت (Flores and Briones, 2001). گزارش شده است که سرعت جوانه‌زنی *Haloxylon ammodendron* L. در دماهای پایین بسیار آهسته می‌باشد (Huang et al., 2003). همچنین در پژوهشی مشخص گردید که بالاترین درصد جوانه‌زنی *H. salicornium* L. هم در نور و هم تاریکی در ۱۵ درجه سانتی‌گراد بود و پایین‌ترین درصد جوانه‌زنی در ۳۵ درجه بود (EL-Keblawy and Hassan, 2006). بامطالعه اثر دما بر جوانه‌زنی

Bouteloua curtipendula (Michx) بیان شد در دما ۳۵–۲۵ درجه سانتی‌گراد، بیش از ۸۵ درصد بذرها در عرض پنج روز جوانه زدند. بالاترین جوانه‌زنی در ۳۵ درجه سانتی‌گراد، متوسط در ۲۰ درجه و کمترین در ۱۵ درجه سانتی‌گراد بود. دما ۲۵ درجه سانتی‌گراد یا بالاتر از آن برای بهبود جوانه‌زنی مهم است (Biligetu et al., 2010). نتایج بررسی تقوایی و قائدی (۲۰۱۰) بر تأثیر دما کاردینال روی جوانه‌زنی بذر *H. aphyllum* L. نشان داد که سرعت جوانه‌زنی بین دما پایه و بهینه افزایش‌یافته است و بین دما بهینه و حداکثر کاهش‌یافت (Taghvaei and Ghaedi, 2010).

با توجه به این‌که روش اصلی کشت چمن‌های گرمسیری اکثراً با بذر می‌باشد و همچنین با توجه به اهمیت دما و نور در تاریخ کشت و جوانه‌زنی بذور، هدف از این پژوهش بررسی واکنش چهار گونه چمن گرمسیری مناسب کاشت در شهر اهواز به دما و نور می‌باشد.

مواد و روش‌ها

بذرهای چهار گونه‌ی چمن گرمسیری شامل *B. dactyloides*، *C. dactylon*، *Z. japonica* و *P. vaginatom* از شرکت وارد کننده بذر خریداری و تا زمان شروع آزمایش در پاکت‌های غیرقابل نفوذ به رطوبت و در یخچال نگهداری شد.

برای بررسی تأثیر تناوب دمایی و نور بر جوانه‌زنی این چهار گونه چمن، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در پاییز ۱۳۹۸ انجام شد. فاکتور اول شامل چهار گونه بذر چمن، فاکتور دوم شامل چهار سطح دمای متناوب: ۳۵–۱۰، ۳۲/۵–۱۲/۵، ۳۰–۱۵ و ۲۷/۵–۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد (روز–شب) و فاکتور سوم شامل دو شرایط نوری: روشنایی/تاریکی (۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) و تاریکی مداوم بود. انتخاب تیمارهای دمایی به نحوی بود که میانگین دمای روزانه ۲۲/۵ درجه سانتی‌گراد بود (Salehi, 2015). تیمارهای جوانه‌زنی با قرار دادن ۱۰۰عدد بذر در پتری دیش شیشه‌ای ضدعفونی شده، با قطر ۱۲ سانتیمتر و حاوی دولایه کاغذ صافی واتمن شماره یک مرطوب شده با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر انجام شد. سپس نمونه‌ها در دستگاه ژرمیناتور (JALteb, Iran) قرار داده شدند. جهت ایجاد شرایط تاریکی مداوم ظروف با یک لایه ورق آلومینیوم ضخیم پوشانده شدند. شمارش بذرهای جوانه‌زده در شرایط روشنایی/تاریکی از ۱۲ ساعت پس از کاشت تا مرحله اطمینان از پایان جوانه‌زنی (۱۴ روز)، هرروز با شاخص روئیت ریشه‌چه ادامه داشت.

ویژگی‌های مورد بررسی شامل موارد ذیل بود:

– درصد جوانه‌زنی با استفاده از فرمول:

$$\text{Germination rate} = n/N \times 100$$

– سرعت جوانه‌زنی نیز با استفاده از فرمول زیر (Maguire, 1962) محاسبه گردید:

$$Rs=\sum_{i=1}^{n} \frac{Si}{Di}$$

در این رابطه Rs سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذر جوانه‌زده در روز)، Si تعداد بذر جوانه‌زده در شمارش i ام و Di تعداد روز تا شمارش i ام است.

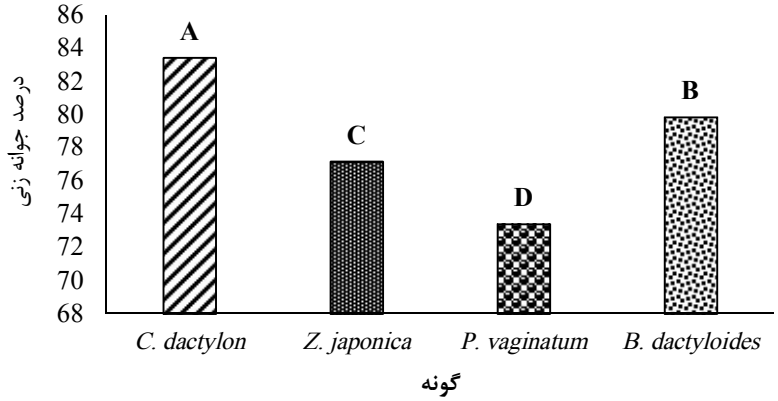
– آنزیم آلفا آمیلاز: بذرهای سالم به مدت ۲۴ ساعت در شرایط متفاوت جوانه‌زنی قرار گرفتند. در پایان ۲۴ ساعت (زمان تقریبی جذب آب توسط بذر در مرحله I جوانه‌زنی (Carleton et al., 1968)) نمونه‌هایی از بذور جهت

اندازه‌گیری آنزیم آلفا آمیلاز استفاده شدند. یک گرم بذور با ۱۰ میلی‌لیتر بافر فسفات سدیم روی یخ سائیده شد و مخلوط حاصل به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی گراد قرار گرفت. مخلوط حاصل به مدت ۲۰ دقیقه در دمای چهار درجه سانتی‌گراد با دور ۱۲۰۰۰ سانتریفیوژ (Hettich, German) شد. فعالیت آنزیمی در قسمت رویی با استفاده از معرف ۳ و ۵ دی نیترو سالیسیلیک اسید (DNS) و با استفاده از نشاسته یک درصد به‌عنوان سوبسترا در جذب نمونه در ۵۴۰ نانومتر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-2100, UK) اندازه‌گیری شد. مقدار جذب نمونه مورد آزمایش منهای مقدار جذب نمونه شاهد، به‌عنوان مقدار واقعی جذب در نظر گرفته شد. فعالیت آنزیم بر اساس واحد محاسبه شد. یک واحد برابر با میلی‌گرم مالتوز تولیدشده در یک دقیقه در یک گرم وزن‌تر بود. برای رسم منحنی استاندارد از غلظت‌های متوالی مالتوز از صفر تا ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه شد (Xiao et al., 2006).

وضعیت نرمال بودن تمامی داده‌ها توسط نرم‌افزار Mini Tab بررسی شد. سپس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون LSD در سطح معنی‌داری پنج درصد انجام شد و در نهایت نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج

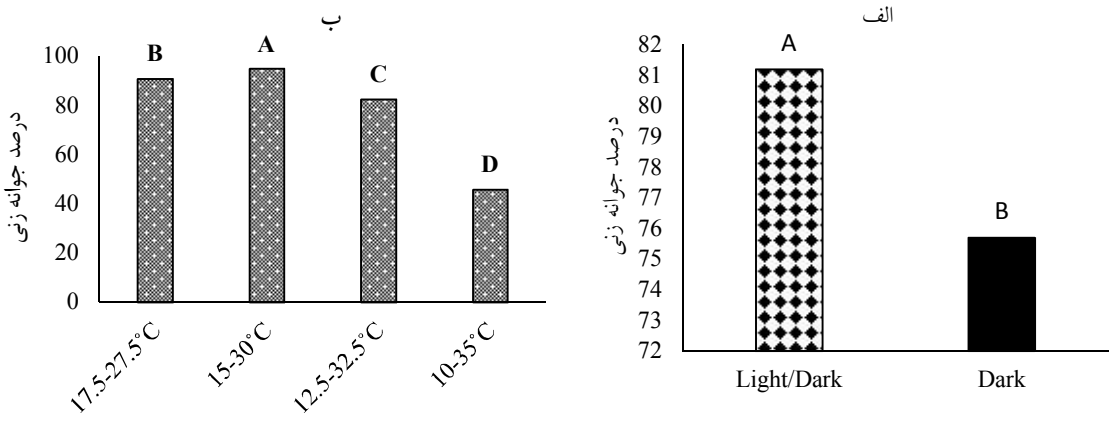
درصد جوانه‌زنی: جدول آنالیز واریانس نشان می‌دهد اثر نوع گونه بر درصد جوانه‌زنی در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). گونه‌ی *C. dactylon* بیشترین میزان جوانه‌زنی (۸۳/۴ درصد) و گونه *P. vaginatom* با ۷۳/۴ درصد کمترین جوانه‌زنی را داشت (شکل ۱). نتایج نشان داد بذور چمن‌های گرمسیری در شرایط تناوب نوری نسبت به تاریکی مداوم بهتر جوانه می‌زنند (شکل ۲- الف) و مطابق جدول آنالیز واریانس این اختلاف در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).



شکل ۱: مقایسه درصد جوانه‌زنی چهار گونه چمن گرمسیری

بین ستون‌هایی با حروف متفاوت، در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌دار وجود دارد.

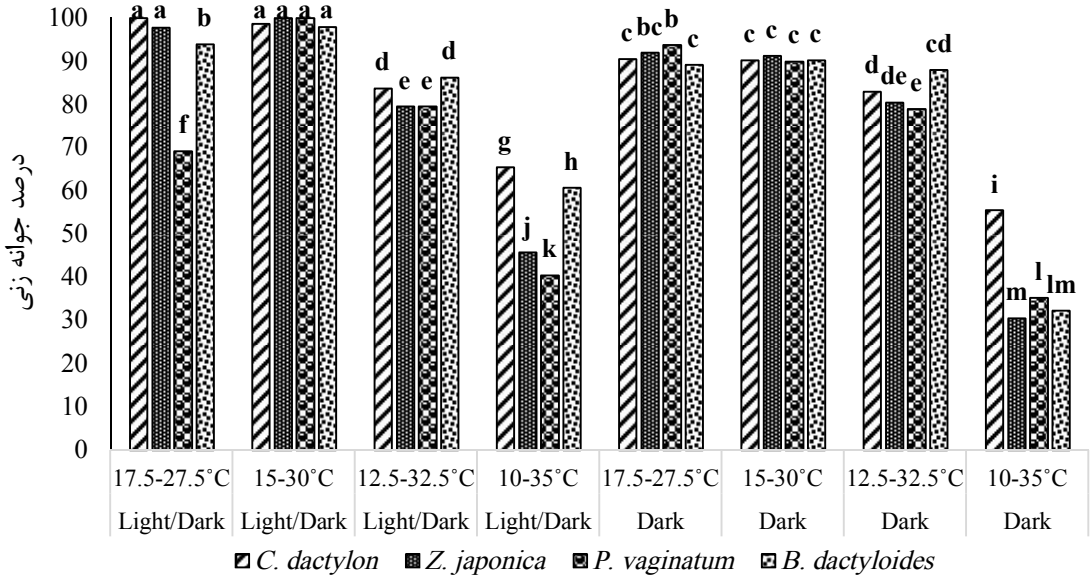
مطابق جدول آنالیز واریانس، عامل تناوب دمایی بر درصد جوانه‌زنی در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین درصد جوانه‌زنی در دمای متناوب ۳۰-۱۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد (۹۴/۸ درصد)، که ازلحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با سایر دمای متناوب داشت و کمترین درصد جوانه‌زنی (۴۵/۷ درصد) مربوط به دمای متناوب ۳۵-۱۰ درجه سانتی‌گراد بود (شکل ۲-ب).



شکل ۲: مقایسه درصد جوانه‌زنی چهار گونه چمن گرمسیری در شرایط تاریکی و تناوب نوری (الف) و تناوب دمایی

در هر نمودار، بین ستون‌هایی با حروف متفاوت، در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف‌معنی‌دار وجود دارد.

براساس جدول آنالیز واریانس برهمکنش اثر بررسی سه‌گانه گونه، نور و دما بر درصد جوانه‌زنی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). چمن‌های گرمسیری در شرایط تناوب نوری بهتراز تاریکی مداوم جوانه می‌زنند. در شرایط تناوب نوری در بیشتر ترکیبات تیماری اختلاف معنی‌داری در جوانه‌زنی مشاهده شد. به‌طورکلی هر چهار گونه در هر دو شرایط نوری و دماهای متناوب ۳۵–۱۰ کاهش شدید جوانه‌زنی داشتند و در دماهای متناوب ۳۰–۱۵ بیشترین جوانه‌زنی مشاهده شد بیشترین جوانه‌زنی در ترکیب تیماری هر چهار گونه، شرایط تناوب نوری و دمای متناوب ۳۰–۱۵ و کمترین جوانه‌زنی در ترکیب تیماری گونه‌های *B. dactyloides* و *P. vaginatom* ، شرایط تاریکی مداوم و دمای متناوب ۳۵–۱۰ رخ داد (شکل ۳).



شکل ۳: مقایسه درصد جوانه‌زنی چهار گونه چمن گرمسیری در شرایط نوری و تناوب دمایی مختلف

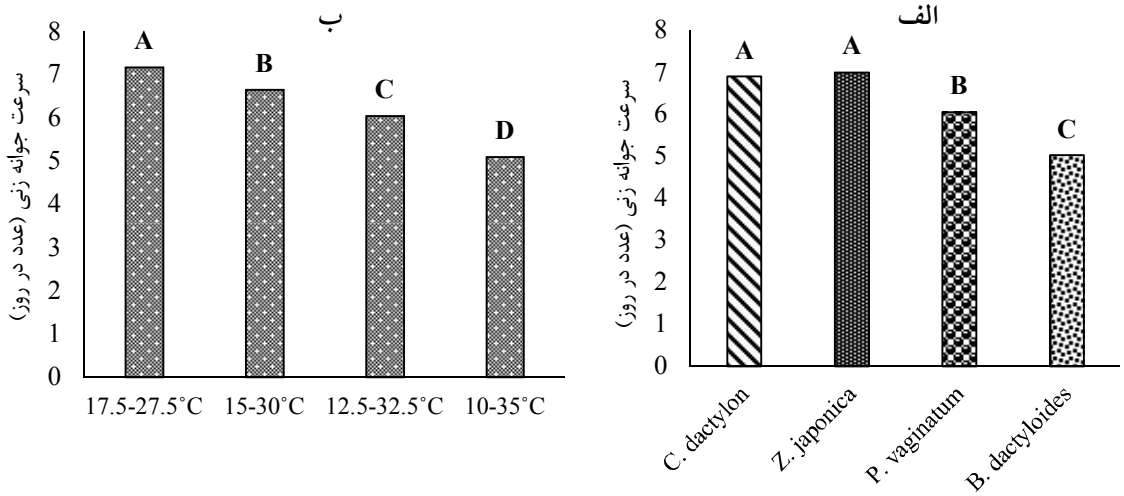
ستون‌هایی با حروف مشابه، در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌داروجود ندارد.

نتایج بررسی پاسخ جوانه‌زنی گونه‌های Tylosema fassoglense به شرایط نوری و دمایی حاکی از اختلاف جوانه‌زنی گونه‌های مختلف بود (Otieno et al., 2020). بنا بر تحقیقات انجام‌شده (Baskin and Baskin, 2014) بیشتر اختلافات در این زمینه ژنتیکی بوده، اما برخی به شرایط محیطی که بذور در آن شرایط رسیده و بالغ می‌شوند نیز بستگی دارد. در تحقیق حاضر، رژیم دمایی که در آن حداقل جوانه‌زنی رخ داد، در هر چهار گونه یکسان بود، لیکن در ارتباط با رژیم دمایی که منجر به حداکثر جوانه‌زنی شد اختلافات جزئی بین گونه‌ها وجود داشت که می‌تواند مربوط به تأثیر عوامل ژنتیکی باشد. این یافته همسو با نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه تأثیر دما، نور و توده بر جوانه‌زنی یونجه (Tribouillois et al., 2016) و *Tylosema fassoglense* (Otieno et al., 2020) بود. نتایج این تحقیقات نشان داد که رژیم دمایی که در آن حداقل جوانه‌زنی صورت می‌پذیرد، به وزن بذر و جمعیتی که بذر از آن جمع‌آوری‌شده ارتباطی نداشته است. نتایج مشابه‌ی در رابطه با بهبود جوانه‌زنی در شرایط تناوب نوری نسبت به تاریکی به‌دست آمده است، گزارش شده است که بذرهای ریز برای جوانه‌زنی نیاز به نور دارند (Motsa et al., 2015). آزمایش دیگری نشان داده در برخی گیاهان علفی، محتوای کلروفیل بافت‌های ذخیره‌ای تعیین‌کننده نیازمندی نوری آتی بذور است. در شرایطی که ساختارهای اطراف بذور (از قبیل دیواره‌های تخمدان، کاسه گل یا برگه) طی دوره رسیدگی دانه سبز باقی ماندند، سپس بذور برای جوانه‌زنی پس از ریزش نیاز به نور داشتند. در شرایطی که بافت‌های سرمایه‌گذاری طی دوره رسیدگی بذر کلروفیل خود را از دست دادند، بذور تولیدی در شرایط تاریکی قادر به جوانه‌زنی بودند (Grime and Cresswell, 1981).

از جمله نتایج جالب تحقیق حاضر این است که جوانه‌زنی گونه‌ها نه به میانگین دمای روزانه، بلکه به تناوب دمایی اعمال‌شده پاسخ متفاوتی داشت. به‌طوری‌که باوجود یکسان بودن میانگین تناوب‌های دمایی ۲۲/۵ درجه سانتی‌گراد، در آزمایش‌های جوانه‌زنی، هر چهار گونه در رژیم دمایی ۳۵-۱۰ به‌طور محسوس و معنی‌داری کاهش درصد جوانه‌زنی را در مقایسه با سایر رژیم‌های دمایی نشان دادند. این آزمایش همچنین نشان می‌دهد که چمن‌های گرمسیری با ابزار نسبتاً ساده‌ای قادرند، کنترل مؤثری بر نیازمندی‌های جوانه‌زنی نتایج خود اعمال کند. پژوهشگران گزارش کردند که در بین ۵۲ گونه علفی، جوانه‌زنی ۲۸ گونه توسط نور تحریک شد، جوانه‌زنی ۱۳ گونه تحت تأثیر شرایط نور یا تاریکی قرار نگرفت و جوانه‌زنی ۱۳ گونه با نور بازداشته شد (Baskin and Baskin, 2014). در تحقیق دیگری نیز مشخص شد در بین ۴۴ گونه، جوانه‌زنی بذر ۲۴ گونه توسط نور تحریک شد، درحالی‌که جوانه‌زنی ۲۰ گونه باقیمانده تحت تأثیر شرایط نور یا تاریکی قرار نگرفت (Milberg et al., 1996). بررسی‌های دیگری نیز مؤید این است که جوانه‌زنی بذر گیاهانی همچون *Caperonia palostris* (Koger et al., 2004)، سوروف، دم‌روباهی کشیده و ارزنی (Buhler, 1997) تحت تأثیر نور قرار گرفت. گونه‌هایی که نور جوانه‌زنی آن‌ها را تحریک می‌کند، معمولاً دارای بذور ریز می‌باشند (Milberg et al., 2000). در بررسی ۲۷۱ گونه، مشخص شد که گونه‌های با بذور سبک‌تر از ۰/۱ میلی‌گرم عمدتاً برای جوانه‌زنی به نور احتیاج داشتند و با افزایش اندازه بذر میزان شیوع وابستگی به نور کاهش یافت (Grime and Cresswell, 1981). گزارش‌شده گونه‌هایی که دارای پوسته‌ی سخت می‌باشند برای جوانه‌زنی وابسته به نور نیستند (Chauhan and Johnson, 2010). ظاهراً این چهار گونه موردبررسی از این قواعد مستثنا نبوده و لذا جوانه‌زنی بهتر آن‌ها در شرایط تناوب نوری را شاید بتوان به‌اندازه بذور و همچنین قرارگیری در خانواده پوآسه نسبت داد.

نتایج این آزمایش نشان داد که به‌جز دمای متناوب ۳۵-۱۰ درجه سانتی‌گراد که جوانه‌زنی هر چهار گونه به‌شدت کاهش یافت، در سایر دماهای متناوب در اکثر ترکیبات تیماری اختلاف معنی‌داری در جوانه‌زنی گونه‌های مختلف مشاهده نشد و هر چهار گونه از درصد جوانه‌زنی بالایی برخوردار بودند. گزارش شده است که گونه‌های بومی عرض‌های جغرافیایی متوسط و بالا، ممکن است در دماهای پایین‌تر جوانه بزنند، درحالی‌که گونه‌های مناطق گرمسیری برای جوانه‌زنی به دماهای ۲۰ درجه سانتی‌گراد یا بیشتر نیاز دارند (Schmidt, 2000). در این رابطه بیان شده است که گونه‌های با پراکندگی زیاد در دامنه‌ی وسیعی از دماهای محیطی قادر به جوانه‌زنی می‌باشند (Larcher, 2000). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق به نظر می‌رسد که چمن‌های گرمسیری نیز چنین روندی را دنبال می‌کنند. در دماهای پایین فعالیت متابولیکی به‌طور نسبی کاهش می‌یابد. از طرف دیگر دماهای بالا برای مدت‌زمان طولانی موجب تخریب پروتئین‌ها می‌شوند (Okusanya, 2003). کاهش معنی‌دار جوانه‌زنی در دمای پایین، با توجه به گرمسیری بودن این گونه‌ها، دور از انتظار نیست و شاید حاکی از این باشد که چمن‌های گرمسیری از علامت‌های دمایی برای انتخاب زمان مناسب جوانه‌زنی استفاده می‌کنند و از جوانه‌زنی خارج از فصل و شرایط نامساعد مثل شرایط دمای پایین در فصول سرد سال اجتناب می‌کنند.

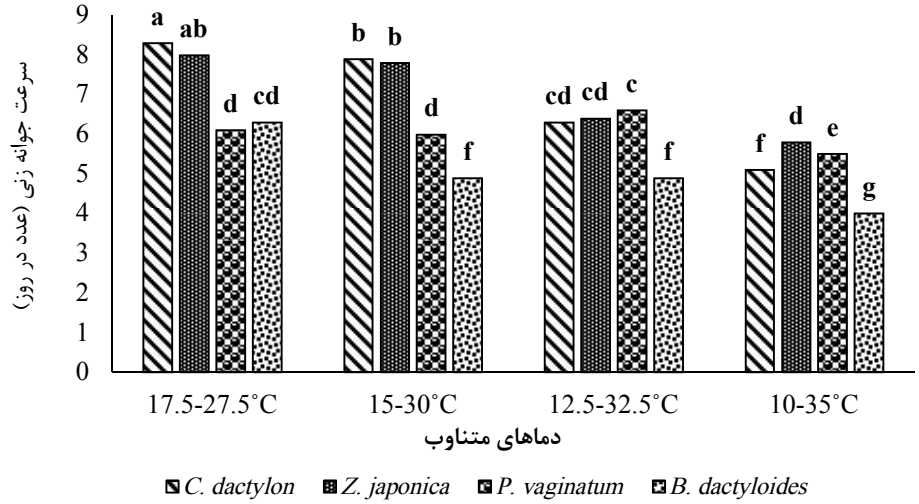
سرعت جوانه‌زنی: نتایج جدول آنالیز واریانس نشان داد که عامل نوع گونه در سطح ۵ درصد و عامل تناوب دمایی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. همچنین برهمکنش این دو عامل روی سرعت جوانه‌زنی در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی در بین چهار گونه بود، گونه *Z. japonica* بیشترین سرعت جوانه‌زنی (۷ عدد در روز) را داشت، بااین‌وجود اختلاف معنی‌داری با گونه *C. dactylon* در سرعت جوانه‌زنی نداشت. سرعت جوانه‌زنی گونه *P. vaginatum* در حد متوسط و گونه *B. dactyloides* کمترین سرعت جوانه‌زنی (۵/۰۲ عدد در روز) داشت (شکل ۴-الف). در تمام سطوح دمای متناوب سرعت جوانه‌زنی بذور چمن گرمسیری تفاوت معنی‌داری ازلحاظ آماری داشتند، به‌نحوی‌که بیشترین سرعت جوانه‌زنی به‌ترتیب در سطوح دمای متناوب ۲۷/۵-۱۷/۵ مشاهده شد و بیشترین کاهش سرعت جوانه‌زنی در دمای متناوب ۳۵-۱۰ مشاهده شد (شکل ۴-ب).



شکل ٤: مقایسه سرعت جوانه‌زنی چهار گونه چمن گرمسیری (الف) و شرایط تناوب دمایی (ب)

در هر نمودار، بین ستون‌هایی با حروف مشابه، در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌دار وجود ندارد.

در بررسی مقایسه میانگین اثر متقابل گونه و دمای متناوب، در تمام سطوح رژیم‌های دمایی بیشترین سرعت جوانه‌زنی در گونه *Z. japonica* مشاهده شد و حداقل سرعت جوانه‌زنی در همه گونه‌ها در دمای ۳۵-۱۰ مشاهده شد و همچنین مشخص شد که کمترین سرعت جوانه‌زنی در گونه *B. dactyloides* در دمای ۳۵-۱۰ بود (شکل ۵).



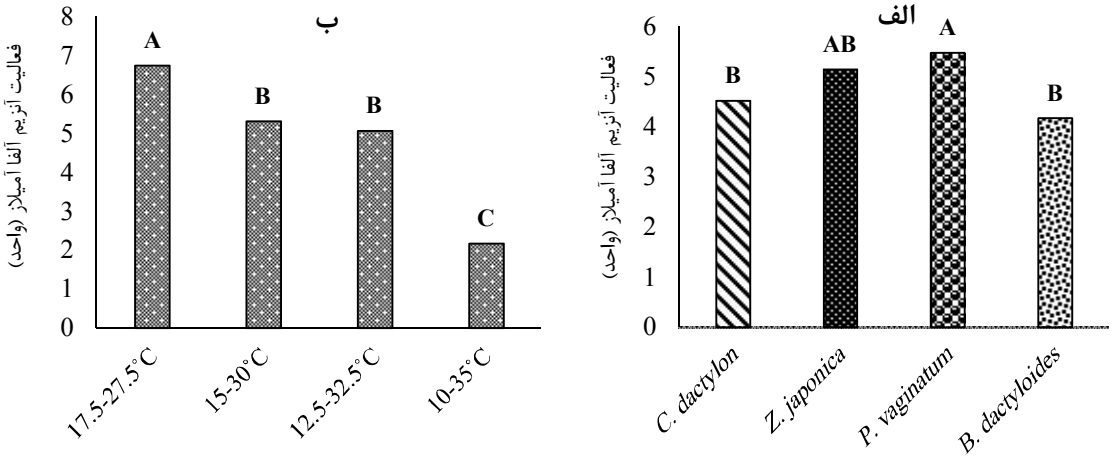
شکل ۵: مقایسه سرعت جوانه‌زنی چهار گونه چمن گرمسیری در شرایط نوری و تناوب دمایی مختلف

ستون‌هایی با حروف مشابه، در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف‌معنی‌دار وجود ندارد.

نتایج این آزمایش حاکی از اختلاف سرعت جوانه‌زنی در بین گونه‌ها و دماهای مختلف بود، به‌نحوی‌که در تمام سطوح رژیم‌های دمایی، گونه B. dactyloides حداقل و گونه Z. japonica حداکثر سرعت جوانه‌زنی را داشت. در مطالعات متعددی تفاوت در شاخص‌های جوانه‌زنی بذور سایر گونه‌های جمع‌آوری‌شده گزارش‌شده است (Benowicz et al., 2000؛ Gera et al., 2000). اوتینو و همکاران (Otieno et al., 2020) در بررسی اثر دماهای ثابت بر بذور *Tylosema fassoglense* مشاهده کردند که به‌طورکل بین گونه‌های مختلف، تفاوت‌های معنی‌دار در ارتباط با خصوصیات جوانه‌زنی وجود دارد. آن‌ها شباهت‌های موجود را بیانگر احتمال شباهت ژنتیکی گونه‌ها بیان کردند. علاوه بر احتمال تأثیر تفاوت‌های ژنتیکی، به‌طور کل می‌توان نتیجه گرفت که تفاوت‌های جغرافیایی و اقلیمی ممکن است روی خصوصیات جوانه‌زنی تأثیر داشته باشد، در آزمایش‌های متعددی مشخص‌شده که طول روز به‌ویژه در هفته آخر رسیدن بذر روی گیاه مادری، تأثیر قابل‌توجهی بر سرعت جوانه‌زنی بذر دارد، به‌طوری‌که بذور رسیده در طول روزهای کوتاه‌تر، از سرعت و درصد جوانه‌زنی بالاتری برخوردارند (Castillo-Lorenzo et al., 2019). برخی پژوهشگران معتقدند که بذور کوچک‌تر نسبت به بذور بزرگ‌تر نه‌تنها سریع‌تر جوانه می‌زنند بلکه گیاهچه‌های آن‌ها نیز سریع‌تر سبز می‌شوند (Biligetu et al., 2010). نتایج مقایسه‌ی سرعت جوانه‌زنی دو رقم گندم با بذور ریز و درشت نیز نشان داد که اندازه بذر تأثیر معنی‌داری بر سرعت جوانه‌زنی دارد، به‌نحوی‌که بذور ریز از سرعت جوانه‌زنی بالاتری برخوردارند (Daws et al., 2008). به نظر می‌رسد چمن‌های گرمسیری نیز از این امر مستثنا نبوده‌اند، اما سایر عوامل محیطی مؤثر بر گیاه مادری نیز باید در تفسیر نتایج مدنظر قرار بگیرد. با توجه به بالا بودن سرعت جوانه‌زنی گونه *Z. japonica* در اکثر دماهای متناوب مورداستفاده در این آزمایش، به نظر می‌رسد این گونه نسبت به سایر گونه‌ها از سبز شدن، استقرار، رشد و بقا موفقیت‌آمیزتری برخوردار بوده و قدرت

تهاجم بالاتری نیز داشته باشد. تحریک و افزایش جوانه‌زنی بذر با دمای متناوب در مقایسه با دمای ثابت، در گیاهان متعددی گزارش‌شده است (Booth et al., 2003; Leon and Knapp, 2004) و لذا به نظر می‌رسد دلیل کاهش سرعت جوانه‌زنی در تناوب دمایی ۳۵–۱۰، دمای پایین شب و کافی نبودن این دما برای فعال کردن واکنش‌های موردنیاز برای جوانه‌زنی باشد. علاوه بر مسائل یادشده باید توجه داشت اگرچه دماهای متغیر می‌تواند باعث القای جوانه‌زنی و افزایش سرعت جوانه‌زنی در نور و تاریکی گردد، اما دما های خارج از حد تحمل گیاه (حد بالا یا پایین) در هر رژیم دمایی متناوب نیز مناسب نیستند (Schonbeck and Egley, 1981). در دماهای پایین فعالیت متابولیکی به‌طور نسبی کاهش می‌یابد واکنش‌های گیاهی نمی‌توانند در گیاه انجام شوند از طرف دیگر دماهای بالا برای مدت‌زمان طولانی موجب تخریب پروتئین‌ها می‌شوند (Okusanya, 2003). سرعت جوانه‌زنی پایین‌تر جوانه‌زنی گونه *B. dactyloides* نسبت به سه گونه دیگر در تمام سطوح دمایی شاید به این دلیل باشد که این گونه به دمای پایین‌تری برای جوانه‌زنی نیاز دارد. گزارش شده است گونه‌هایی که در عرض‌های جغرافیایی متوسط و بالا قرار دارند ممکن است در دماهای پایین‌تر جوانه بزنند، درحالی‌که گونه‌های مناطق گرمسیری برای جوانه‌زنی به دماهای ۱۳ درجه سانتی‌گراد یا بیشتر نیاز دارند (Schmidt, 2000).

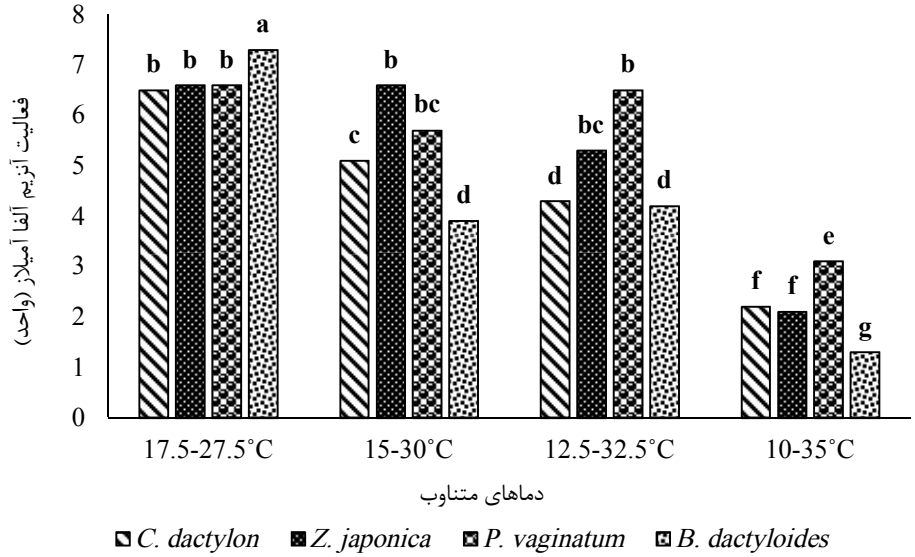
فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز: نتایج به‌دست‌آمده از جدول آنالیز واریانس نشان داد که اثر تناوب دمایی در سطح ۵ درصد، اثر نوع گونه و اثر برهمکنش تناوب دمایی و نوع گونه در سطح ۱ درصد بر فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز معنی‌دار بود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که گونه *P. Vaginatum* بیشترین فعالیت آنزیمی را داشته است، ولی ازنظر آماری اختلاف معنی‌داری با گونه *Z. japonica* وجود نداشت. همچنین کمترین فعالیت آنزیمی مربوط به گونه *B. dactyloides* بود، که ازنظر آماری تفاوت معنی‌داری بین این گونه و گونه‌های *C. dactylon* و *Z. japonica* وجود نداشت (شکل ۶–الف). در ارتباط با تأثیر تناوب دمایی بر فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین فعالیت آنزیمی مربوط به تناوب‌های دمایی ۲۷/۵–۱۷/۵ و ۳۵–۱۰ درجه سانتی‌گراد بود. فعالیت آنزیمی در دو تناوب دمایی ۳۰–۱۵ و ۳۲/۵–۱۲/۵ درجه سانتی‌گراد در حد متوسط بود (شکل ۶–ب).



شکل ٦: مقایسه فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز (میلی‌گرم مالتوز تولیدشده در یک دقیقه در یک گرم وزن‌تر) چهار گونه چمن گرمسیری (الف) و شرایط تناوب دمایی (ب)

در هر نمودار، بین ستون‌هایی با حروف مشابه، در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف‌معنی‌دار وجود ندارد.

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش اثر تناوب دمایی و نوع گونه نشان داد که به‌طورکلی بیشترین فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در تمامی گونه‌ها مربوط به تناوب دمایی ۲۷/۵-۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد بود که در این تناوب دمایی گونه *B. dactyloides* نسبت به سایر گونه‌ها بیشترین فعالیت آنزیمی را داشت. با این وجود در سایر تیمارهای تناوب دمایی گونه *B. dactyloides* کمترین فعالیت آنزیمی را داشت. با افزایش گستره دمایی به‌ویژه تناوب دمایی ۳۵-۱۰ درجه سانتی‌گراد گونه *P. vaginatum* نسبت به سایر گونه‌ها برتری معنی‌داری نشان داد (شکل ۷).



شکل ۷: مقایسه فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز (میلی‌گرم مالتوز تولیدشده در یک دقیقه در یک گرم وزن‌تر) چهار گونه چمن گرمسیری در شرایط نوری و تناوب دمایی مختلف

بین ستون‌هایی با حروف متفاوت، در سطح ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌دار وجود ندارد.

جدول ۱: تجزیه واریانس اثر گونه، تیمارهای دمای متناوب و نور بر درصد جوانه‌زنی؛ اثر گونه و تیمارهای دمای متناوب بر سرعت جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز گونه‌های گرمسیری چمن.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات درصد جوانه‌زنی	منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات سرعت جوانه‌زنی	میانگین مربعات فعالیت آلفا آمیلاز
گونه (A)	۳	۲۲۳۶/۱۹*	گونه (A)	۳	۶۵/۵۰*	۲۹/۰۹ **
نور (B)	۱	۳۲۶۶/۶۶*	نور (B)	-	-	-
دما (C)	۳	۲۳۶۳۶/۴۵*	دما (C)	۳	۵۸/۰۷**	۹۶/۹۹*
A*B*C	۹	۱۵۹/۱۱**	A*C	۹	۳/۷۲**	۰/۸۱**
خطا	۶۴	۲۸/۶۴	خطا	۳۶	۰/۳۱	۰/۱۷
ضریب تغییرات (٪)		۷/۲۶	ضریب تغییرات (٪)		۶/۳۲	۷/۶۳

*، ** به‌ترتیب معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد

بررسی میزان فعالیت آلفا آمیلاز در شرایط تناوب دمایی نشان داد که در تناوب دمایی ۲۷/۵-۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد فعالیت این آنزیم در گونه‌های موردمطالعه به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است. به نظر می‌رسد بذر در حال جوانه‌زنی از طریق افزایش فعالیت آلفا آمیلاز و هیدرولیز بیشتر نشاسته، میزان کل قندهای محلول را افزایش و انرژی لازم برای

جوانه‌زنی را تأمین می‌کند (Demir and Van de Venter, 1999). بر اساس تحقیقات انجام‌شده افزایش آنزیم‌های هیدرولیز کننده نشاسته و کاهش میزان نشاسته ذخیره ای یکی از پیامدهایی است، که در هنگام جوانه‌زنی مشاهده شده است. در بررسی میزان فعالیت آلفا آمیلاز ماریتیغال گزارش شد، میزان فعالیت این آنزیم با درصد جوانه‌زنی ارتباط مستقیمی دارد و افزایش آنزیم باعث هیدرولیز بیشتر نشاسته و قندهای قابل‌دسترس بیشتر برای بذر حال جوانه‌زنی شد. در این تحقیق مشخص شد تناوب دمایی ۲۷/۵–۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد فعالیت آلفا آمیلاز را به‌طور معنی‌داری افزایش داده است (Sedghi and Nemati, 2010).

بررسی تغییرات آلفا آمیلاز در مراحل آبنوشی و جوانه زنی نشان داد که پس از مرحله آبنوشی میزان آلفا آمیلاز به‌طور معنی‌داری در بذرهای تیمار شده با دمای نامناسب جوانه‌زنی کاهش یافت. بر اساس تحقیقات انجام‌شده تغییرات فیزیولوژیکی که در هنگام جوانه‌زنی بذر اتفاق می‌افتاد، باعث فعال شدن آنزیم آلفا آمیلاز یا سنتز آن می‌گردد. به‌عبارت‌دیگر در دمای مناسب، جذب آب صورت گرفته و تا مرحله دوم جوانه‌زنی ادامه می‌یابد. سپس با خشک‌کردن بذر فرایندهای فیزیولوژیکی متوقف می‌گردد. در این مدت نسخه‌برداری اولیه DNA، سنتز RNA و پروتئین و قابلیت دسترسی بیشتر بهATP اتفاق می‌افتد. همچنین سنتز برخی از آنزیم‌ها مانند آلفا آمیلاز و هیدرولیز اولیه ترکیبات ذخیره‌ای مانند نشاسته نیز اتفاق افتاده و کل قندهای محلول افزایش می‌یابد.

در پژوهشی نشان داده شد تغییرات فیزیولویک ایجادشده توسط اسمو پرایمینگ باعث افزایش هیدرولیز نشاسته و تولید قندهای قابل‌دسترس بیشتر برای رشد جنین و تولید گیاهچه قوی‌تر، بهبود عملکرد دانه و کیفیت آن گردید (Farooq et al., 2006). در بذرهای یونجه با درصد جوانه‌زنی بالا، افزایش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در مراحل اولیه مشاهده شد (Zhang et al., 2007).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی نتایج این بررسی نشان داد که بذرهای گونه‌های مختلف چمن فصل گرم در ویژگی‌های مورد ارزیابی دارای اختلاف بسیار معنی‌داری بودند. بذور این گونه‌ها دارای فتوبلاستیک مثبت بودند و در شرایط تناوب نوری بهتر از شرایط تاریکی جوانه می‌زدند و دمای ایده‌آل برای جوانه‌زنی تناوب دمایی ۲۷/۵–۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد بود. با این وجود تحمل بالای نسبت به محدوده بالایی از دماهای متناوب دارند. در این بررسی مشخص شد گونه *Z. japonica* در صفات مورد اندازه‌گیری نسبت به سه گونه دیگر برتری داشت و حداقل صفات نیز در گونه *B. dactyloides* مشاهده شد. با توجه به نتایج می‌توان پیشنهاد کرد در زمان کاشت به دما محیط توجه گردد و کاشت ین گونه‌ها به صورت سطحی است.

References

Alizadeh, H., Noroozi, Sh. and Oveisi, M. 2012. Fundamental of Weed Science. University of Tehran press. p 664.

Baskin, C. and Baskin, J. 2014. Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination. Second[ed]. Academic Press, San Diego, CA, USA. p 1600.

Benowicz, A., El-Kassaby, R.D. and Ying, C.C. 2000. Sitka Alder (*Alnus sinuate* Rydb.) genetic diversity in germination, frost hardiness and growth attributes. Silvae Genetica. 49: 206–212.

Biligetu, B., Schellenberg, M.P. and Mcleod, J.G. 2010. The effect of temperature and water potential on seed germination of polycross sideoats grama (*Bouteloua curtipendula* (Michx) Torr.) population of Canadian prairie. Seed Science and Technology. 39:74-81.

Booth, B.D., Murphy, S.D. and Swanton, C.J. 2003. Weed ecology in natural and agricultural systems. CAB International. Wallingford. Pp 93-94.

Bradford, K.J. 2005. Threshold models applied to seed germination ecology. New Phytologist. 165 (2): 338-341.

Buhler, D.D. 1997. Effects of tillage light environment on emergence of 13 annual weeds. Weed Technology. 11: 496-501.

Carleton, A.E., Cooper, C.S. and Wiesner, L.E. 1968. Effect of seed pod and temperature on speed of germination and seedling elongation of sainfoin. Agronomy Journal. 60:81-84.

Castillo-Lorenzo, E., Finch-Savage, W., Seal, C. and Pritchard, H. 2019. Adaptive significance of functional germination traits in crop wild relatives of Brassica. Agricultural and Forest Meteorology. 264: 343-350.

Chauhan, B.S. and Johnson, D.E. 2010. The role of seed ecology in improving weed management strategies in the tropics. Advances in Agronomy. 105: 221–262.

Cresswell, E.G. and Grime, J.P. 1981. Induction of a light requirement during seed development and its ecological consequences. Nature. 291: 583-585.

Crisraudo, A., Gresta, F., Luciani, F. and Restuccia, A. 2007. Effects of after harvest period and environmental factors on seed dormancy of *Amaranthus* species. Weed Research. 47: 327-334.

Daws, M.I., Crabtree, L.M., Dalling, J.W., Mullins, C.E. and Burslem, D.F. 2008. Germination responses to water potential in neotropical pioneers suggest large-seeded species take more risks. Annals of Botany. 102: 945-951.

Demir, I. and Van de Venter H.A. 1999. The effect of priming treatments on the performance of watermelon (*Citrullus lanatus*) seeds under temperature and osmotic stress. Seed Science and Technology. 27: 871-875.

Deurr, C., Dickie, J., Yang, X.Y. and Pritchard, H. 2015. Ranges of critical temperature and water potential values for the germination of species worldwide: contribution to a seed trait database. Agricultural and Forest Meteorology. 200: 222-232.

El-Keblawy, A. and Hassan, N. 2006. Salinity, temperature and light affects seed of *Haloxylon Salicornium*: a common plant in sandy habitats Arabian Desert. International Symposium in Drylands Ecology and Human Security.

Farooq, M., Basra, S.M.A., Khalid, M., Tabassum, R. and Mahmood, T. 2006. Nutrient homeostasis, metabolism of reserves and seedling vigor as affected by seed priming in coarse rice. Canadian Journal of Botany. 84: 1196-1202.

Flores, J. and Briones, O. 2001. Plant life-from and germination in a Mexican inter-tropical desert: effect of soil water potential and temperature. Journal of Arid Environment. 47: 485-497.

Gera, M., Gera, N. and Ginwal, H.S. 2000. Seed trait variations in *Dalbergia sissoo* Roxb. Seed Science Technology. 28: 467-475.

Huang, Z., Zhang, X., Zhang, G. and Gutterman, Y. 2003. Influence of light, temperature, salinity, and storage on seed germination of *Haloxylon ammodendron*. Journal of Arid Environment. 55: 453-464.

Jain, R. and Singh, M. 1989. Factors affecting goat weed (*Scoparia dulcis*) seed germination. Weed Science. 37: 766-770.

Kader, M.A. and Jutzi, S.C. 2004. Effect of thermal and salt treatments during imbibition's on germination and seedling growth of sorghum at 42/19°C. Journal of Agronomy and Crop Science. 190: 35-38.

Koger, C.H., Reddy, K.N. and Poston, D.H. 2004. Factors affecting seed germination, seedling emergence, and survival of texas weed (*Caperonia palustris*). Weed Science. 52: 989-995.

Larcher. L. 2000. *Ecofisiologia vegetal*. Sao Carlos. Ribeiro Martins Publications. p 531.

Leon, R.G. and Knapp, A.D. 2004. Effect of temperature on the germination of common waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*), giant foxtail (*Setaria faberi*), and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). Weed Science. 52: 67-73.

Maguire, J.D. 1962. Speed of germination. Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Journal of Crops Science. 2: 176-177.

Milberg, P., Anderson, L. and Thompson, K. 2000. Large-seeded species are less dependent on light for germination than small-seeded ones. Seed Science Research. 10: 99-104.

Milberg, P., Andersson, L. and Noronha, A. 1996. Seed germination after short-duration light exposure: implications for the photo-control of weeds. Journal of applied Ecology. 33: 1469-1478.

Minavi, H., Salehi Salmi, M.R., Heidari, M. and Khaleghi, E. 2017. Investigation on morpho-physiological and biochemical characteristics of three common turfgrasses in xeriscaping. Arid biome. 7: 43-56.

Motsa, M.M., Slabbert, M.M., Van Averbeke, W. and Morey, L. 2015. Effect of light and temperature on seed germination of selected African leafy vegetables. South African Journal of Botany. 99: 29-35.

Okusanya, O.T. 2003. Germination and growth of *Celosia cristata* L., under light and temperature regimes. American Journal of Botany. 67: 854-858.

Otieno, V., Ulian, T., Nzuve, F. and Kimenju, J. 2020. Germination response to temperature and water potential for sprawling bauhinia (*Tylosema fassoglense*), a potential crop for Kenya. South African Journal of Botany. 132: 463-470.

Pinnix, D.G. and Miller, G.L. 2019. Comparing evapotranspiration rates of tall fescue and bermudagrass in North Carolina. Agricultural Water Management 223: 105725

Salehi, M.R. 2015. Turfgrass (Identification, Establishment, Maintenance). Press. Jahaddaneshgahi Mashad. p 188.

Schmidt, L. 2000. Germination and seedling establishment. Extract from, Guide to handing of tropical and subtropical forest seed. Edition One. Publisher Danida Forest Seed Centre. p 551.

Schonbeck, M.W. and Egley, G.H. 1981. Changes in sensitivity of *Amaranthus retroflexus* L. seeds to ethylene during pre-incubation. II. Effects of alternating temperature and burial in soil. Plant, Cell and Environment. 4: 237-242.

Sedeghi, M. and Nemati, A. 2010. Influence of Different priming materials on germination and seedling establishment of milk thistle (*Silybum marianum*) under Salinity Stress. World Applied Science Journal. 11: 604-609.

Taghvaei, M. and Ghaedi, M. 2010. The impact of cardinal temperature variation on the germination of *Haloxylon aphyllum* L. seeds. Journal of Ecology and Field Biology. 33: 187-193.

Tribouillois, H., Deurr, C., Demilly, D., Wagner, M.H. and Justes, E. 2016. Determination of germination response to temperature and water potential for a wide range of cover crop species and related functional groups. Plos One. 11: 0161185.

Vitta, J.I. and Faccini, D. 2005. Germination characteristics of *Amaranthus quitensis* as affected by seed production date and duration of burial. Weed Research. 45: 371-378.

Xiao, Z., Storms, R. and Tsang, A. 2006. A quantitative starch-iodine method for measuring alphaamylase and glucoamylase activities. Analytical Biochemistry. 351: 146-148.

Zhang, S., Hu, J., Zhang, Y., Xie, X.J. and Knapp, A. 2007. Seed priming with brassinolide improves lucerne (*Medicago sativa* L.) seed germination and seedling growth in relation to physiological changes under salinity stress. Australian Journal of Agricultural Research. 58: 811-815.

Journal of Seed Research, Vol. 10, No. 4, Winter 2021

Germination response and alpha-amylase activity to temperature and light condition in four warm-season turfgrass species

M.R. Salehi Salmi[1*], L. Hallajian[2], M. Khosravi[3]

[1]Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resource of Khuzestan University

[2]Manager of Department of Research and Education, Parks and Landscape Organization of Ahwaz

[3]Master of Science of Seed Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tehran University

Abstract

To investigate the effect of light and temperature condition on germination of four warm-season turfgrass including; *Buchloe dactyloides*, *Cynodon dactylon*, *Zoysia japonica* and *Paspalum vaginatom*, an experiment was conducted in a completely randomized design with factorial arrangement in four replications. In this study, the treatments included four species of turfgrass, two light conditions (light-dark and continuous darkness) and four alternating temperature including: 10-35, 12.5-32.5, 15-30 and 17.5-27.5 degree Celsius (night-day respectively). In this study, the characteristics of percentage and rate germination, and alpha-amylase activity were measured. The results showed that these four species germinate better under light-dark conditions than continuous darkness. The highest germination in all four species occurred in light-dark in 15-30˚C. The lowest germination occurred in *B. dactyloides* and P. *vaginatom*, in continuous darkness and alternating temperatures of 10-35 ˚C. Germination rate showed that the highest germination rate was observed in *Z. japonica* at all levels of temperature regimes, and it was also found that the lowest germination rate was in *B. dactyloides* in 10-35 ˚C. The results of the interaction of temperature rotation and species type on the activity of alpha-amylase enzyme showed that the highest activity of this enzyme in all species was related to the temperature cycle of 17.5-27.5˚C. In this temperature cycle, *B. dactyloides* had the highest enzymatic activity compared to other species. Also, with increasing the temperature range, especially temperature of 10-35 ˚C, *P. vaginatum* showed a significant advantage over other species. In conclusion, these four types of turfgrasses needed light for germination and the appropriate temperature for their germination was 27.5˚C during the day and 17.5˚C at night. There was also a direct relationship between alpha-amylase activity and germination of these four species.

Keywords: Acclimatization, Bermudagrass, Environmental conditions, Paspalum, Turfgrass.

[*]Corresponding author; m_salehisalmi@yahoo.com