

بررسی خصوصیات جوانه‌زنی بذر گیاه بروموس (*Bromus kopetdaghensis* Drobov) تحت تأثیر تیمارهای

مختلف دمایی

- ❖ ریحانه عظیمی*؛ دانشجوی کارشناسی ارشد مرتع‌داری دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
- ❖ محمد خواجه حسینی؛ استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
- ❖ فرنوش فلاح‌پور؛ دانشجوی دکتری اگرواکولوژی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

چکیده

بروموس کپه‌داغ (*Bromus kopetdaghensis* Drobov) گیاهی است چندساله از تیره *Poaceae*. این گیاه در تنوع زیستی مراتع مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران حائز اهمیت است. این مطالعه به منظور بررسی خصوصیات جوانه‌زنی بذر این گیاه تحت تأثیر تیمارهای مختلف درجه حرارت در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار، در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، در سال ۱۳۹۱، انجام شد. تیمارها شامل اثر دماهای ثابت ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد بر جوانه‌زنی بذر بودند. در هر تکرار از ۲۵ بذر استفاده شد. نتایج نشان داد اثر تیمارهای مختلف درجه حرارت روی خصوصیات جوانه‌زنی بروموس کپه‌داغ معنی‌دار است، به طوری که کمترین سرعت جوانه‌زنی در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد با ۲٫۲۶ بذر در روز و بیشترین سرعت جوانه‌زنی در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد با ۱۱٫۳۹ بذر در روز به دست آمد. کمترین و بیشترین طول ساقچه‌چه به ترتیب در تیمارهای دمایی ۱۰ درجه سانتی‌گراد (با ۲٫۴۸ سانتی‌متر) و ۳۵ درجه سانتی‌گراد (با ۹٫۴۱ سانتی‌متر) مشاهده شد. کمترین طول ریشه‌چه در تیمارهای دمایی ۱۰ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد بدون تفاوت معنی‌دار (با ۳٫۶۳ و ۳٫۴۸ سانتی‌متر) و بیشترین طول ریشه‌چه نیز در تیمار دمایی ۳۵ درجه سانتی‌گراد (با ۹٫۶۲ سانتی‌متر) مشاهده شد. با توجه به مدل‌های رگرسیون برازش داده‌شده بین سرعت جوانه‌زنی و درجه حرارت، مقادیر درجه حرارت‌های حداقل، مطلوب، و حداکثر به ترتیب در دامنه ۰٫۷۱-۴٫۲۵، ۳۰٫۳۶-۲۴، و ۴۱٫۰۱-۴۵٫۴۸ درجه سانتی‌گراد به دست آمد.

واژگان کلیدی: بروموس کپه‌داغی، جوانه‌زنی، درجه حرارت، دمای کاردینال، مدل رگرسیون

مقدمه

متوقف خواهد شد که به آن دمای حداکثر جوانه‌زنی می‌گویند. در مجموع، به دماهای حداقل، حداکثر، و بهینه دمای کاردینال (اصلی) می‌گویند [۲۲]. در بسیاری از علف‌های هرز تحریک جوانه‌بذر با تناوب دمایی دیده شده است. درجه حرارت‌های کمی، با تأثیری که روی جوانه‌زنی می‌گذارد، ممکن است برای ارزیابی میزان جوانه‌زنی و یا پتانسیل استقرار گونه‌های گیاهی مفید باشد [۱۷]. بدین ترتیب، فرایند جوانه‌زنی در شرایط مناسب رطوبتی نیز توسط دما محدود می‌شود [۱۷]. واکنش جوانه‌زنی نسبت به درجه حرارت به عوامل متعددی بستگی دارد، از جمله گونه گیاهی، واریته، منطقه رویش، کیفیت بذر، و مدت زمان پس از برداشت [۹].

محققان رابطه خطی بین دما و سرعت جوانه‌زنی را در برخی گونه‌های گیاهی گزارش کرده‌اند و عمدتاً از رگرسیون خطی برای توصیف رابطه دما و سرعت جوانه‌زنی استفاده می‌کنند [۲۷]. اثر دما روی جوانه‌زنی، که می‌تواند به صورت درجه حرارت‌های کاردینال بیان شود [۹]، برای ارائه مدل پیش‌بینی جوانه‌زنی بذور در گونه‌های گیاهی مورد نیاز است [۲۷]. سرعت جوانه‌زنی یکی از جنبه‌های مهم بنیه بذر است و می‌تواند یکی از عوامل محدودکننده در استقرار گیاهان به‌شمار رود [۱۳، ۲۴].

مطالعات صورت‌گرفته درباره *Bromus tectorum* نشان داده است که خصوصیت جوانه‌زنی بذر و همچنین دوره گلدهی این گیاه، علاوه بر تنوع ژنتیکی جمعیت مورد مطالعه، به ویژگی‌های زیستی منطقه - از جمله شرایط آب و هوایی - نیز وابسته است [۱۱، ۲۱]. گونه *Bromus tectorum* از جمله گیاهان یک‌ساله جنس *Bromus* است. این گونه، به دلیل سیکل زندگی کوتاه، به گیاه چهل‌روزه یا بهاره موسوم است. این گیاه رفتار رویشی خود را با بارندگی‌های آغاز و اواسط فصل بهار هماهنگ

نخستین گام برای حفظ گونه‌های گیاهی و بهبود تنوع زیستی در مراتع شناخت گونه‌ها، مطالعه خصوصیات جوانه‌زنی، رویش و تکثیر آنهاست. در این میان، جنس *Bromus L.* یکی از جنس‌های متنوع گیاهی با ۱۰۰ تا ۱۵۰ گونه است [۱۹]. گونه‌های این گیاه عمدتاً در نواحی معتدل رویش دارند [۳، ۸، ۲۳]. این جنس دارای گونه‌های یک‌ساله و چندساله است و دامنه سازگاری جغرافیایی وسیعی دارد [۳۲]. مرکز تنوع این جنس در اوراسیا، به‌ویژه جنوب غربی آسیا، است. بدین ترتیب، اعتقاد بر آن است که منشأ این جنس این منطقه است [۸]. این گیاه برای اراضی بایر و کوهستانی، به‌ویژه، به منظور ایجاد چراگاه مناسب است و چندین سال به وسیله تجدید حیات طبیعی حفظ می‌شود و تکثیر می‌یابد. کشت و کار این گیاه، ضمن اینکه از هدررفتن حاصل‌خیزی خاک توسط عمل فرسایش در اثر شست‌وشو جلوگیری می‌کند، هم‌زمان برای دام علوفه و، متعاقب آن، غذای پروتئینی برای انسان تولید می‌کند [۱۵].

جوانه‌زنی بذر از جمله مهم‌ترین رویدادها برای موفقیت بسیاری از گیاهان محسوب می‌شود و از بحرانی‌ترین مراحل در استقرار گیاهچه‌هاست. این مرحله از رویش تابع عوامل مختلفی است، از جمله شرایط خاک، اقلیم، و شرایط فیزیولوژیکی گیاه [۴] که با ظهور ریشه‌چه و ساقه‌چه و طویل شدن آنها و تخصیص مواد غذایی ذخیره به محور جنینی آغاز می‌شود [۲۶]. موفقیت در تولید محصولات به یکنواختی و استقرار سریع بذر بستگی دارد و این موضوع با درصد و میزان جوانه‌زنی آنها ارتباط نزدیکی دارد [۱۳، ۲۴]. بذر هر گونه گیاهی برای آغاز جوانه‌زنی به حداقل دما نیاز دارد. با افزایش دما میزان جوانه‌زنی بذر افزایش می‌یابد. سرانجام، با افزایش بیشتر دما تا سقف تحمل بذر جوانه‌زنی

توجه به اینکه اطلاعات کافی درباره شرایط مورد نیاز جوانه‌زنی برای گیاه *Bromus kopetdaghensis* وجود ندارد، بررسی اثر عوامل محیطی مؤثر بر جوانه‌زنی ضروری به نظر می‌رسد. از آنجا که نخستین عامل حیاتی برای جوانه‌زنی قرارگیری بذر تحت شرایط دمایی مناسب است، این مطالعه با هدف بررسی اثر دماهای مختلف بر جوانه‌زنی بذر *Bromus kopetdaghensis* انجام شد. مهم‌ترین اهداف این تحقیق عبارت است از: ارزیابی خصوصیات بنیه‌ای شامل درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، و رشد طولی گیاهچه بذر *Bromus kopetdaghensis*.

روش‌شناسی

به منظور مطالعه اثر دماهای مختلف بر جوانه‌زنی بذر گیاه مرتعی بروموس کوپه‌داغی (*Bromus kopetdaghensis* Drobov)، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار، در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، در سال ۱۳۹۱، طراحی شد. بذر گیاه بروموس کوپه‌داغی از مراتع بهارکیش قوچان جمع‌آوری شد و تا شروع آزمایش در دمای اتاق نگهداری شد. درجه حرارت‌های مختلف شامل دماهای ثابت ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی (شدت نور ۵۰۰ لوکس) و ۸ ساعت تاریکی بود. سپس، ۲۵ بذر به صورت مربعی در پتری‌دیش‌های استریل به قطر دهانه ۹ سانتی‌متر، حاوی کاغذ صافی واتمن، چیده شد. شمارش روزانه بذر جوانه‌زده (با در نظر گرفتن طول ریشه‌چه دو میلی‌متر) ۲۴ ساعت پس از شروع آزمایش آغاز شد و تا ۱۴ روز، هر ۲۴ ساعت یک بار، ادامه یافت [۱، ۱۰، ۱۷]. برای حفظ رطوبت، پتری‌دیش‌های چیده‌شده در سینی در نایلون روشن قرار گرفتند و هر زمانی که رطوبت آن‌ها کم می‌شد به آن‌ها به اندازه ۱ میلی‌لیتر

می‌نماید و برای فرار از خشکی رشد و نمو خود را تا پایان بهار به اتمام می‌رساند. در تحقیقی مشخص شد که بذر *Bromus tectorum* سازگاری بالایی با شرایط محیطی دارند و جمعیت‌هایی از این گونه، که از مناطق مختلف کلرادو جمع‌آوری شده بود، خصوصیات جوانه‌زنی متفاوتی در دماهای مختلف نشان دادند [۱۱]. سازگاری بالای این گیاه باعث شده است که این گونه به گیاهی مهاجم تبدیل شود و قادر است تا در هر منطقه اکوتیپ‌های سازگار به شرایط محیطی را ایجاد کند. محققان با بررسی اثر تیمارهای دمایی ثابت صفر، ۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد بر جوانه‌زنی گونه *Bromus rubens* L. نشان دادند که دامنه بهینه جوانه‌زنی این گیاه ۱۰-۲۰ درجه سانتی‌گراد است و در دماهای بالاتر و پایین‌تر از این دامنه طول دوره جوانه‌زنی افزایش می‌یابد. به علاوه، در شرایط فراهمی آب درصد جوانه‌زنی این گونه در دامنه دمایی ۱۰-۲۰ درجه سانتی‌گراد ۱۰۰ درصد بود [۲۸]. در بررسی‌ها مشخص شد که، علاوه بر دما، زمان جمع‌آوری بذر از گیاه مادری و شرایط نگهداری بذر تا زمان آزمایش نیز بر رفتار جوانه‌زنی گونه *Bromus japonicas* Thunb. مؤثر است، به طوری که بذوری که در تیرماه از منطقه اوکلاهاما و مونتانا ای آمریکا جمع‌آوری شدند، نسبت به بذر جمع‌آوری‌شده از همان مناطق در ماه‌های آبان و آذر، به طور معنی‌داری درصد جوانه‌زنی بیشتری داشتند. همچنین، بذوری که تا زمان آزمایش در سردخانه (در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند به طور معنی‌داری سرعت جوانه‌زنی کمتری نسبت به بذر نگهداری‌شده در شرایط آزمایشگاه (دامنه دمایی ۸-۲۳ درجه سانتی‌گراد) داشتند [۱۴]. از آنجا که شناسایی عوامل مؤثر بر جوانه‌زنی باعث ارائه راهکارهای جدیدی برای مدیریت گونه‌های مرتعی می‌شود و برای حفاظت از آن‌ها ضرورت دارد و با

انجام شد [۲، ۱۰، ۳۴]. سپس، مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. به منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها و رسم نمودارها به ترتیب از نرم‌افزارهای SAS 9.1 و Excel استفاده شد. مدل‌های رگرسیونی با استفاده از نرم‌افزار Slide Write ver. 2.0 برآش داده شد.

نتایج

نتایج آزمون اولیه بررسی جوانه‌زنی بذور *Bromus kopetdaghensis* نشان داد که این گونه خواب ذاتی ندارد. بنابراین، یکی از علل عدم رویش بذر این گونه در پاییز و زمستان می‌تواند فقدان دمای مناسب برای جوانه‌زنی بذرها باشد.

شکل ۱ (نمودارهای الف، ب، و ج) اثر تیمارهای مختلف درجه حرارت بر سرعت جوانه‌زنی بذر *Bromus kopetdaghensis* بر اساس مدل‌های خطوط متقاطع، درجه دو، و بتا را نشان می‌دهد.

بر اساس روش خطوط متقاطع، درجه حرارت‌های کاردینال جوانه‌زنی *Bromus kopetdaghensis* شامل درجه حرارت‌های حداقل، بهینه، و حداکثر به ترتیب ۰/۷۱، ۳۰/۳۶، و ۴۵/۴۵ درجه سانتی‌گراد تعیین شد. این درجه حرارت‌ها بر اساس مدل درجه دو به ترتیب ۴/۲۵، ۴/۲۵، و ۴۳/۷۵ درجه سانتی‌گراد و بر اساس مدل بتا به ترتیب ۲/۶۸، ۲۸/۱۲، و ۴۱/۰۱ درجه سانتی‌گراد برآورد شد (جدول ۱). در تحقیقی گزارش کردند که سرعت جوانه‌زنی، در مقایسه با درصد جوانه‌زنی، شاخص حساس‌تری نسبت به تغییرات درجه حرارت است [۳۰]. جدول ۲ مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف درجه حرارت بر خصوصیات مختلف جوانه‌زنی بذر *Bromus kopetdaghensis* را نشان می‌دهد.

آب اضافه می‌شد. سپس، سرعت جوانه‌زنی با استفاده از روش ماگیور (رابطه ۱) محاسبه شد [۳۶].

$$R_s = \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{D_i} \quad \text{رابطه ۱}$$

که در این معادله، R_s سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذر جوانه‌زده در روز) است؛ S_i تعداد بذر جوانه‌زده در هر شمارش؛ و D_i تعداد روز تا شمارش n ام. تعیین درجه حرارت‌های کاردینال (پایه، بهینه، و حداکثر) با استفاده از مدل‌های رگرسیون خطی^۱ بین سرعت جوانه‌زنی (بر اساس تعداد بذر جوانه‌زده در روز) و درجه حرارت‌های مختلف انجام شد که در آن‌ها درجه حرارت متغیر مستقل (محور X) در نظر گرفته شد و سرعت جوانه‌زنی متغیر وابسته (محور Y) [۳۹].

مدل خطوط متقاطع^۲ (ISL) با استفاده از روابط ۲، ۳، و ۴ انجام شد [۳۳، ۲۵، ۱۸]:

رابطه ۲

$$f = \text{if}(T < (T_o, \text{region}(T), \text{region}(T)))$$

$$\text{Region}(T) = b(T - T_b) \quad \text{رابطه ۳}$$

$$\text{Region}(T) = c(T_m - T) \quad \text{رابطه ۴}$$

مدل ۵ پارامتری بتا^۳ (FPB) با استفاده از روابط ۵ و ۶ صورت گرفت [۴۰]:

رابطه ۵

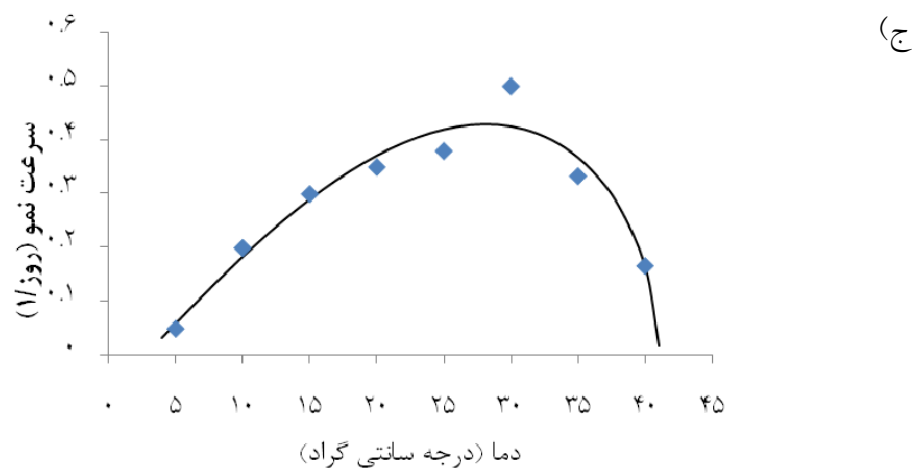
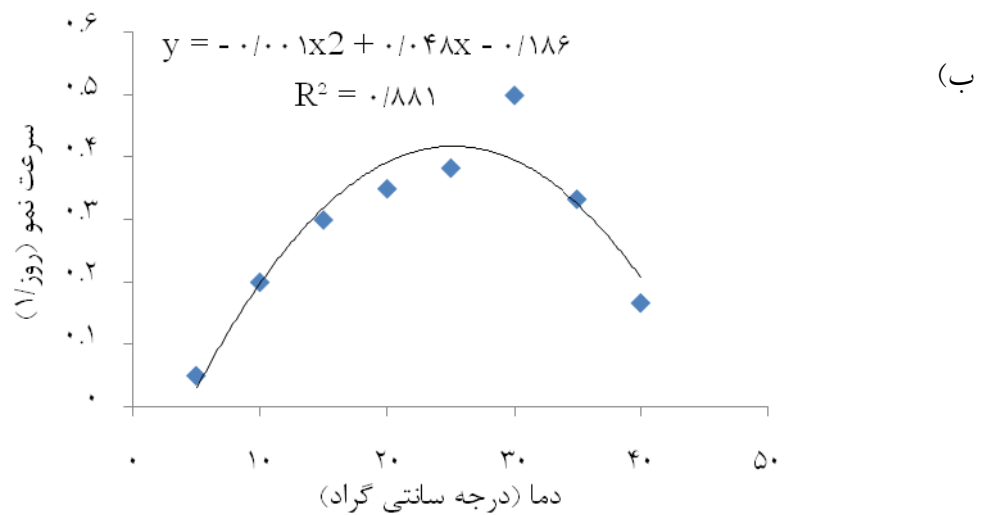
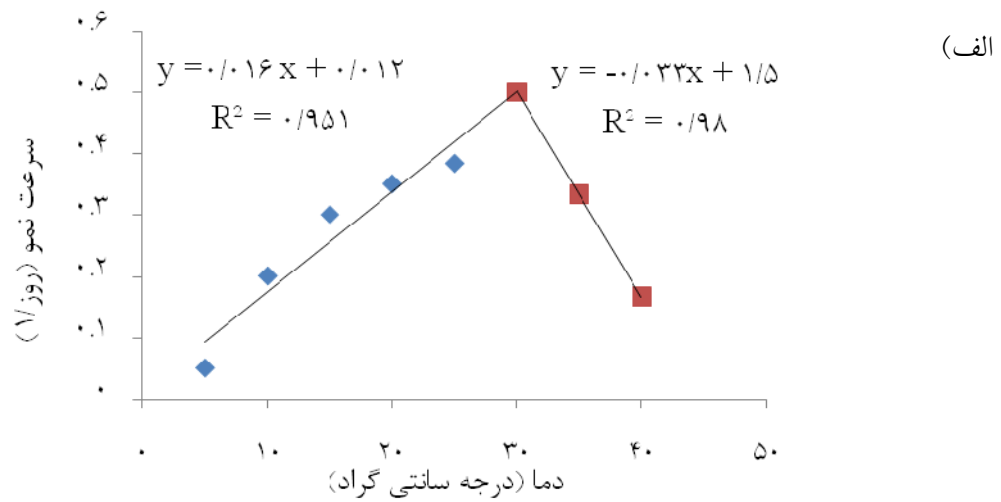
$$f = \exp(\mu)(T - T_b)^a (T_m - T)\beta$$

$$T_o = \frac{(\alpha T_m + \beta T_b)}{(\alpha + \beta)} \quad \text{رابطه ۶}$$

که در این معادلات، f سرعت جوانه‌زنی بذور در نظر گرفته شد؛ T درجه حرارت (OC)؛ و T_o ، T_b و T_m به ترتیب درجه حرارت‌های پایه، مطلوب، و حداکثر.

برای داده‌های درصد جوانه‌زنی تبدیل زاویه‌ای

1. Linear Regression
2. Intersected- Lines Model
3. Five- Parameters Beta Model



شکل ۱. اثر تیمارهای مختلف درجه حرارت بر سرعت جوانه‌زنی بذر *Bromus kopetdaghensis*: (الف) بر اساس مدل خطوط متقاطع؛ (ب) بر اساس مدل درجه دو؛ (ج) بر اساس مدل بتا

جدول ۱. مقادیر درجه حرارت‌های کاردینال جوانه‌زنی *Bromus kopetdaghensis* بر اساس سه مدل برازش داده‌شده

مدل ۵ پارامتری بتا	مدل درجه دو	مدل خطوط متقاطع	درجه حرارت (سانتی‌گراد)
۲٫۶۸	۴٫۲۵	۰٫۷۱	حداقل
۲۸٫۱۲	۲۴	۳۰٫۳۶	مطلوب
۴۱٫۰۱	۴۳٫۷۵	۴۵٫۴۸	حداکثر

جدول ۲. مقایسه میانگین جوانه‌زنی نهایی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه بذر گیاه مرتعی بروموس کوبه‌داغی تحت تأثیر درجه حرارت‌های مختلف

طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذر جوانه‌زده در روز)	جوانه‌زنی نهایی (درصد)	درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد)
۴٫۸۱bc	۵٫۴۵b	۲٫۲۶cd	۹۲ a	۵
۳٫۶۳c	۲٫۴۸d	۴٫۲۳bc	۹۵ a	۱۰
۵٫۷۳bc	۵٫۶۰b	۴٫۶۶bc	۹۷ a	۱۵
۳٫۴۸c	۳٫۳۸cd	۵٫۸۲b	۹۴ a	۲۰
۴٫۴۲bc	۵٫۱۴b	۸٫۸۱a	۹۶ a	۲۵
۵٫۶۵۵bc	۶٫۱۶b	۹٫۷۳a	۹۹ a	۳۰
۹٫۶۲a	۹٫۴۱a	۱۱٫۳۹a	۹۷ a	۳۵
۳٫۶۸c	۳٫۰۱cd	۴٫۴۳bc	۹۴ a	۴۰

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

و این موضوع می‌تواند مزیتی در جهت توسعه کاشت این گیاه باشد. اثر درجه حرارت‌های مختلف بر سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، و ریشه‌چه بذر *Bromus kopetdaghensis* معنی‌دار ($p \leq 0.05$) بود، به طوری که بیشترین و کمترین سرعت جوانه‌زنی به ترتیب با ۱۱٫۴ و ۲٫۲۶ بذر جوانه‌زده در روز برای درجه حرارت‌های ۳۵ و ۵ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. بیشترین سرعت جوانه‌زنی در تیمار دمای ثابت ۳۵ درجه سانتی‌گراد با ۱۱٫۳۹ بذر در روز به دست آمد. بیشترین و کمترین طول ساقه‌چه به ترتیب در

اگرچه تأثیر درجه حرارت‌های مختلف بر سرعت جوانه‌زنی بذر *Bromus kopetdaghensis* معنی‌دار ($p \leq 0.05$) بود، تفاوت معنی‌داری در درصد جوانه‌زنی بین تیمارهای دمایی مختلف مشاهده نشد، به طوری که حداقل درصد جوانه‌زنی (۹۲ درصد) در دمای ثابت ۵ درجه سانتی‌گراد و حداکثر درصد جوانه‌زنی (۹۹ درصد) در دمای ثابت ۳۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد (جدول ۲). با توجه به نتایج درصد جوانه‌زنی در تیمارهای مختلف، به نظر می‌رسد که این گیاه از دامنه سازگاری بالایی برخوردار باشد

سانتی‌گراد درصد جوانه‌زنی به‌شدت کاهش یافت [۳۸]. پژوهشگران در مطالعه‌ای که روی ارقام نخود فرنگی انجام دادند بیان کردند که با افزایش دما از ۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد درصد سبز شدن افزایش یافت و مدت زمان لازم تا رسیدن به ۵۰ درصد سبز شدن کاهش یافت [۳۱]. به طور کلی، جوانه‌زنی یک فرایند پیچیده فیزیولوژیکی است که تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی مختلف قرار می‌گیرد [۲۰]. نتایج این آزمایش نشان داد که بذر *Bromus kopetdaghensis* فاقد خواب ذاتی‌اند. در بذرهای بدون خواب عوامل محیطی، از جمله دما و فراهمی آب و اکسیژن، تنظیم‌کننده جوانه‌زنی‌اند؛ در حالی که در بذرهای دارای خواب، علاوه بر این عوامل، به نور و محیط‌های شیمیایی نیز نیاز است [۵]. در این میان، در شرایط وجود تهویه مناسب برای جوانه‌زنی بذرهای بدون خواب، دما و رطوبت از اهمیت بیشتری برخوردارند [۶].

با توجه به اینکه جوانه‌زنی بذر رویدادی کلیدی برای موفقیت و استقرار گیاهچه است، داشتن اطلاعات لازم درباره نیازهای محیطی جوانه‌زنی بذر برای ارائه استراتژی مدیریتی مناسب به منظور حفاظت از مراتع الزامی است. بنابراین، در پایان پیشنهاد می‌شود آزمایش‌های تکمیلی درباره اثر نوسانات دمایی و همچنین اثر نور و تاریکی مطلق بر رفتار جوانه‌زنی این گیاه صورت گیرد. نتایج بسیاری از تحقیقات نشان می‌دهد که در دماهای پایین نور می‌تواند جوانه‌زنی را تحریک کند و اعتقاد بر آن است که نور دمای پایین را جبران می‌کند. به علاوه، آزمایش‌های تکمیلی درباره اثر درجه حرارت باید در اکوتیپ‌های مختلف این گیاه صورت گیرد.

دماهای ثابت ۳۵ درجه سانتی‌گراد (با ۹/۴ سانتی‌متر) و ۱۰ درجه سانتی‌گراد (با ۲/۴۸ سانتی‌متر) مشاهده شد. بیشترین طول ریشه‌چه نیز در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد با ۹/۶۲ سانتی‌متر و کمترین طول ریشه‌چه در دماهای ۱۰ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد (با ۳/۶۳ و ۳/۴۸ سانتی‌متر) مشاهده شد.

بحث و نتیجه‌گیری

واکنش متفاوت مرحله جوانه‌زنی بذر به درجه حرارت‌های مختلف به این دلیل است که با افزایش دما فعالیت آنزیم‌ها و، به تبع آن، کارایی واکنش‌های آنزیمی افزایش می‌یابد، که این امر بهبود سرعت جوانه‌زنی را به دنبال دارد. از طرف دیگر، درجه حرارت‌های خیلی کم و زیاد نیز موجب غیرفعال شدن برخی آنزیم‌ها و کاهش سرعت این واکنش‌ها می‌شود [۱۶]. اگرچه دمای بهینه و حداکثر جوانه‌زنی به ژنتیک گیاهی و شرایط اقلیمی رشد و نمو بستگی دارد [۲۹]، برای اکثر گونه‌های گیاهی دمای بهینه و حداکثر جوانه‌زنی به ترتیب بین ۱۵-۳۰ و ۳۰-۴۰ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است [۹]. محققان، با بررسی اثر دماهای ثابت ۱۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد بر خصوصیات جوانه‌زنی بیست گیاه علوفه‌ای از خانواده بقولات، گزارش نمودند که دما مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر سرعت و درصد جوانه‌زنی است، به طوری که بیشترین جوانه‌زنی این گونه‌ها در درجه حرارت‌های بین ۱۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد رخ داد [۷]. در تحقیقی مشخص شد که مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر کدوتخم کاغذی، سیاه‌دانه، و گاوزبان به درجه حرارت و پتانسیل آب وابسته است [۱۲]. در مطالعه‌ای دیگر گزارش کردند که با افزایش دما از ۲ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد درصد جوانه‌زنی ارقام کلزا افزایش یافت و با افزایش دما از ۳۵ تا ۵۰ درجه

References

- [1] Aflakpui, G.K.S., Gregory, P.J. and Froud-williams, R.J. (1998). Effect of temperature on seed germination rate of *Striga hermonthica* (Del.) Benth. *Journal of Crop Protection*, 17, 129-133.
- [2] Ale Ebrahim, M.T., Rashed Mohassel, M.H., Mighani, F. and Baghestani, M.G. (2009). Evaluation of different methods of breaking seed dormancy and optimal temperature of *Acroptylon repens*. *Journal of Crop Protection*, 24(4), 391-397.
- [3] Alemi, M., Attar, F. and Hamzeh'ee, B. (2007). Micromorphological studies of indumentums in *Bromus L.* (Poaceae) as taxonomical evidence. *Iran. Annals of Botany*, 13(2), 129-137.
- [4] 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.
- [5] Baskin, C.C. and Baskin, J.M. (2001). *Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. Academic Press, San Diego, California, 666p.
- [6] Bradford, K.J. (2002). Application of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. *Weed Science*, 50, 248-260.
- [7] Brar, G.S., Gomez, J.F., McMichael, B.L., Matches, A.G. and Taylor, H.M. (1991). Germination of twenty forage legumes as influenced by temperature. *Agronomy Journal*, 83, 173-175.
- [8] Clayton W.D. and Renvoize, S.A. (1986). *Genera Graminum, Grasses of the World*. 389. Her Majesty's Stationery Office, London.
- [9] Copeland, L.O. and McDonald, M.B. (1995). *Principles of Seed Science and Technology*. Pub. Chapman & Hall. USA.
- [10] Dinda, K. and Craker, L.E. (1998). *Growers Guide to Medicinal Plants*. HSMP Press. Amherst.
- [11] Gasch, C. and Bingham. R. (2006). A study of *Bromus tectorum L.* seed germination in the Gunnison Basin, Colorado. *BIOS Journal*, 77(1), 7-2.
- [12] Ghaderi, F.A., Soltani, A. and Sadeghipoor, H.R. (2007). Effects of temperature and potential water on germination of pepo seed, black cumin and borage. *Journal of Science of Agriculture and Natural Resources (Special Issue for Crop Science)*, 15, 5.
- [13] Haastrup, L., Jrgensen, P.E. and Poulsen, I. (1993). Effect of seed vigour and dormancy on field emergence, development and grain yield of winter wheat (*Triticum aestivum L.*) and winter barley (*Hordeum vulgare L.*), *Journal of Seed Science & Technology*, 21, 159-178.
- [14] Haferkamp, M.R., Karl, M.G. and Macneil, M.D. (1994). Influence of storage, temperature and light on germination of japanese brome seed. *Journal of Range Management*, 47, 140-144.
- [15] Hodgson, J.I. (1979). Nomenclature and Definitions in Grazing Studies, *Grass and Forage Science*, 34, 11-19.
- [16] Jalilian, A., Mazaheri, D., Taval Afshar, R., Rahimian, R., Abdollahian, H. and Gohari, J. (2004). Evaluation of basic temperature and germination trend for monogerm sugar beet at different temperature. *Journal of Sugar Beet*, 20(2), 97-112.
- [17] Jordan, G.L. and Haferkamp, M.R. (1989). Temperature responses and calculated heat units for germination of several range grasses and shrubs. *Journal of Range Management*, 42, 41-45.
- [18] Kocabas, Z., Craigon J. and Azam, A.li S.N. (1999). The germination response of bambara groundnut (*Vigna subterranean(L)Verdo*) to temperature. *Seed Science and Technology*, 27, 87-99.
- [19] Mabberley, D.J. (1997). *The Plant-Book*. 103. Cambridge University Press.
- [20] Meyer, S.E., Pendleton, R.L. (2000). Genetic regulation of seed dormancy in *Purshia tridentate* (Rosaceae). *Annals of Botany*, 85, 521-529.

- [21] Meyer, S.E. and Allen, P.S. (1999). Ecological genetics of seed germination regulation in *Bromus tectorum*, L.I. Phenotypic variance among and within populations. *Oecologia*, 120, 27-34.
- [22] Naaghd Abadi, H., Dastpak, A. and Ziai, S.A. (2002). Review for plantago and psyllium. *Medicinal Plants Quarterly*, 9,1-13.
- [23] Pavlick, L.E. (1995). *Bromus L. of North America*. 160. -Royal British Columbia Museum, Victoria, BC.
- [24] Perry, D.A. (1978). Report of the vigour test committee. 1974-1977. *Seed Science and Technology*, 6,151-181.
- [25] Phartyal, S.S., Thapial, R.C., Nayal, J.S., Rawat, M.M.S. and Joshi, G. (2003). The influence of temperatures on seed germination rate in Himalaya elm (*Ulmus wallichiana*). *Seed Science and Technology*, 25,419-426.
- [26] Rahimian, H., Bagheri, H.A. and Paryab, A. (1990). Effects of different potential of PEG and sodium chloride with temperature on germination of dryland wheat seed. *Journal of Agricultural Sciences*, 5(1), 37-46.
- [27] Ramin, A.A. (1997). The influence of temperature on germination of taree Irani (*Allium ampeloprasum* L.spp. *iranicum* W.). *Seed Science and Technology*, 25, 419-426.
- [28] Rettles, R.M., Horn, K.J. and St.Clair, S. (2012). *The effects of temperature and water availability on the germination of Bromus rubens*. 97th ESA Annual Meeting.
- [29] Salimi, H. and Ghorbanli, M. (2000). Evaluation of seed germination of wild oats and the effects of different factors on breaking seed dormancy. *Vegetative*, 2, 41-55.
- [30] Schimpf, D.J., Flint, S.D. and Palmblad, I.G. (1977). Representation of germination curves with the logistic function. *Annals of Botany*, 41, 1357-1360.
- [31] Sincik, M., Bilgili, U., Uzun, A. and Acikgoz, E. (2004). Effect of low temperature on the germination of different field pea genotypes. *Seed Science and Technology*, 22, 331-339.
- [32] Smith, P.M. (1970). Taxonomy and nomenclature of the brome-grasses (*Bromus* L. s.l.). *Notes from the Royal Botanic Garden Edinburgh*, 39, 361-375.
- [33] Summerfield, R.J., Roberts, R.H., Ellis, R.M. and Lawan, R.J. (1991). Towards the reliable prediction of time to flowering in six annual crops. I. the development of simple model for fluctuating field environment. *Experimental Agriculture*, 27, 11-31.
- [34] Suzuki, H. and Khan, A.A. (2000). Effective temperature and duration for seed humidification in snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Seed Science and Technology*, 28, 381-389.
- [35] Tabrizi, L., Nassiri Mahallati, M. and Koocheki, A. (2003). Evaluation of cardinal temperature for psyllium seeds. *Iranian Journal of Crop Research*, 2(2), 143-151.
- [36] Tabrizi, L., Nasiri Mahallati, M. and Koochaki, A. (2004). Investigation on the cardinal temperature for germination on *Plantago ovata* and *Plantago psyllium*. *Journal of Iranian Field Crops Research*, 2, 143-150.
- [37] Watson, L. and Dallwitz M.J. (1992). *The grass genera of the World*. 1038. CAB International, Wallingford, UK.
- [38] Wilson, R.E., Jensen, E.H. and Fernandez, G.C.J. (1992). Seed germination response for eleven forage cultivars of Brassica to temperature. *Agronomy Journal*, 84, 200-202.
- [39] Wise, A.N. and Binning, L.K. (1987). Calculating the threshold Temperature of Development for Weeds. *Weed Science*, 35, 177-179.
- [40] Yin, X. (1996). *Quantifying the effects of temperature and photoperiod on phenological development to flowering in rice*. PhD thesis, Wageningen. Agricultural University, The Netherland, 173 p.