"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد ششم، شماره ۱، بهار و تابستان ۹۶
(ص ۶۸-۵۷)

Iranian Journal of
Seed Science and Technology
Vol.: 6, No.: 1, Spring and Summer 2017
(pp: 57-68)
DOI: 10.22034/ijsst.2017.113288

دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذر شش اکوتیپ بارهنگ کبیر (*Plantago major*)

علیرضا ربیعی[۱]، احمد نظامی[۲*]، مرتضی گلدانی[۳]، محمد خواجه حسینی[۳] و مهدی نصیری محلاتی[۲]

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، پردیس بین‌الملل دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۲. استاد گروه زراعت دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۳. دانشیار گروه زراعت دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۰۴- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۱۰)

چکیده

با توجه به افزایش مصرف گیاهان دارویی و تخریب روز افزون رویشگاه‌های طبیعی آنها، اهلی‌سازی وکشت آنها در نظام‌های زراعی اهمیت خاصی دارد. در این راستا اطلاع از خصوصیات این گیاهان، از جمله دماهای کاردینال جوانه‌زنی ضروری می‌باشد. به منظور تعیین دمای کاردینال و تأثیر دما بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور شش اکوتیپ (بیرجند، قائن، تربت حیدریه، مشهد، کلات و بجنورد) بارهنگ کبیر آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۹ سطح دمایی (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سانتی گراد) و چهار تکرار در آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده‌کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۲ انجام شد. جهت تعیین دماهای کاردینال از مدل‌های خطوط متقاطع و پنج پارامتری بتا بین سرعت جوانه زنی و دما استفاده شد. نتایج نشان داد که حداکثر درصد جوانه‌زنی را اکوتیپ‌های بجنورد و بیرجند به ترتیب در دمای ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی گراد داشتند. در گستره دمایی ۲۰ تا ۳۵ درجه سانتی گراد اکوتیپ بیرجند درصد جوانه‌زنی بیشتری نسبت به سایر اکوتیپ‌ها داشت. براساس مدل‌های برازش داده شده بسته به اکوتیپ محدوده دمای حداقل (۶/۳ تا ۸/ ۹ و ۱/۸ تا ۵ درجه سانتی‌گراد)، دمای مطلوب (۳۱/۱ تا ۳۵/۹ و ۲۸/۶ تا ۳۵/۲ درجه سانتی‌گراد) و دمای حداکثر (۴۳/۳ تا ۴۵/۱ و ۴۵ تا ۴۵/۶ درجه سانتی‌گراد) به ترتیب در مدل‌های خطوط متقاطع و پنج پارامتری بتا تخمین زده شد. تنوع در دمای کاردینال اکوتیپ‌های بارهنگ احتمالاً به دلیل سازگاری آنها به شرایط محیطی متفاوت و تنوع ژنتیکی می‌باشد.

کلمات کلیدی: دمای مطلوب، سرعت جوانه‌زنی، مدل پنج پارامتری بتا، مدل خطوط متقاطع.

Cardinal temperatures for seed germination of six ecotypes of *Plantago major*

A. Rabiei[1], A. Nezami[2*], M. Goldani[3], M. Khajeh-Hosseini[3] and M. Nassiri Mahallati[2]

1. Ph.D. Student Crop Physiology, Ferdowsi University of Mashhad International Campus, Mashhad, Iran
2. Professor of Department of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
3. Associate Professor of Department of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
(Received: 25.Oct. 2016 – Accepted: 28. Feb. 2017)

Abstract

Harvesting of medicinal plants from their natural habitats, put them in danger, hence their domestication is needed. In this context, knowledge of the properties of these plants, including the cardinal germination temperatures are necessary. In order to determine the cardinal temperatures and the effect of temperature on the percentage and rate of germination in *Plantago major* ecotypes (Birjand, Ghaen, Torbathydarieh, Mashhad, Kalat and Bojnord) an experiment was conducted based on factorial in a completely randomized design with 9 temperature levels (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 and 45 °C) and four replications in Crop Physiology Laboratory, Ferdowsi University of Mashhad in 2013. To determine the cardinal temperatures Intersected-Lines Model and Five-Parameters Beta Model were used. Results showed that maximum germination percentage was obtained at 30°C while maximum germination speed achieved at 35 °C in Bojnourd and Birjand ecotypes, respectively. The highest germination percentage was observed in Birjand ecotype at the temperature range of 20 to 35 °C. Based on models fitted depending on the ecotype, cardinal temperatures (minimum, optimum and maximum) germination were determined (6.3 to 9.8, 1.8 to 5°C), (31.1 to 35.9, 28.6 to 35.2°C) and (43.3 to 45.1, 45 to 45.6°C) of Intersected-lines and Five-Parameters Beta Model, respectively. Diversity in cardinal temperature of *plantago major* ecotypes could be due to different environmental conditions where they were evolved and adapted.

Keywords: Five-Parameters Beta Model, Intersected-lines model, optimal temperature and germination rate.

* Email: nezami@um.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

جوانه‌زنی بحرانی‌ترین مرحله در استقرار گیاهچه‌ها می‌باشد و اهمیت زیادی در تعیین تراکم بوته دارد و اغلب توسط دما، حتی زمانی که شرایط رطوبتی مناسب است، محدود می‌شود (Koocheki *et al.*, 2007). برای رشد مناسب گیاه، بذر باید جوانه‌زنی خوب و گیاهچه استقرار مناسبی داشته باشند تا بتوانند خود را با شرایط محیطی سازگار کند. به همین دلیل است که علیرغم پیشرفت‌های زیاد تکنولوژی و مدیریت زراعی، هنوز جوانه‌زنی، رشد و استقرار گیاهچه در زراعت از اهمیت قابل توجهی برخوردار است (Khakshoor-Moghadam *et al.*, 2011).

در اهلی‌سازی و کشت گیاهان دارویی نیز اطلاع از نحوه جوانه‌زنی بذر به منظور استقرار مطلوب گیاه از جمله پارامترهای بسیار مهم می‌باشد (Naghedinia and Rezvani-Moghaddam, 2009). برای تعیین مناطقی با پتانسیل مناسب جهت رشد مطلوب گیاه، فراهم بودن اطلاعات در مورد عوامل محدود کننده رشد و نمو آنها، به عنوان مثال گستره‌ی دمایی لازم برای جوانه‌زنی و رشد گیاه، ضروری است (Adam *et al.*, 2007). عکس العمل جوانه‌زنی نسبت به درجه حرارت به عوامل متعددی از جمله گونه‌های گیاهی، واریته، منطقه رویش، کیفیت بذر و مدت زمان پس از برداشت بستگی دارد. معمولاً با افزایش دما (در محدوده دمای مطلوب) سرعت جوانه‌زنی به صورت خطی افزایش می‌یابد و در دماهای بالاتر کاهش یافته و سپس متوقف می‌شود (Ghaderi-Far *et al.*, 2010). درجه حرارت‌های کاردینال شامل دمای حداقل (کمترین درجه حرارتی است که جوانه‌زنی اتفاق می‌افتد)، دمای بهینه (درجه حرارتی که بیشترین درصد جوانه‌زنی در کوتاه‌ترین زمان رخ می‌دهد) و دمای حداکثر (در بیشتر از آن جوانه‌زنی رخ نمی‌دهد و پروتئین‌های ضروری برای جوانه‌زنی تجزیه می‌شوند) هستند (Tabrizi *et al.*, 2007). این اطلاعات برای ارائه مدل پیش بینی جوانه‌زنی بذر مورد نیاز می‌باشند، زیرا در ارزیابی مناطق مناسب و جدید جهت معرفی و بهینه سازی مدیریت کاشت گیاهان قابل استفاده هستند (Akram-Ghaderi *et al.*, 2008).

سوزا و همکاران (Sousa *et al.*, 2008) بذور اسفرزه (*Plantago ovata*) را در گستره دمایی ۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده و مشاهده کردند که بالاترین درصد و سرعت جوانه زنی در محدوده دمایی ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد بدست آمد. نجفی و رضوانی مقدم (Najafi and Rezvani-Moghaddam, 2003) برای تعیین درجه حرارت پایه اسفرزه (توده محلی بهبهان)، اثر شش تیمار دمایی (۴، ۵، ۷، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی گراد) را مورد بررسی قرار دادند که درجه حرارت پایه این گیاه ۱/۵ درجه سانتی‌گراد تعیین شد و مناسب‌ترین درجه حرارت جهت جوانه‌زنی بذور در دامنه حرارتی ۴ تا ۱۰درجه سانتی‌گراد بود. در مطالعه لشکری و همکاران (Lashkari *et al.*, 2014) روی بذور گل گاو زبان ایرانی (*Echium amoenum*) مقادیر درجه حرارت کاردینال شامل دمای حداقل، مطلوب و حداکثر از مدل دوتکه ای و ۵ پارامتری بتا (۵/۶۶-۴/۹۹، ۲۳-۲۹/۲۲ و ۳۹/۱۲ -۴۰/۳۶ درجه سانتی‌گراد) به ترتیب به دست آمد. کوچکی و همکاران (Koocheki *et al.*, 2007) با اجرای آزمایشی به منظور تعیین درجه حرارت‌های حداقل، بهینه و حداکثر دو گونه اسفرزه و پسیلیوم (*Plantago psyllium*)، بذرها را در رژیم‌های حرارتی ثابت قرار داده و مشاهده کردند که درجه حرارت‌های کاردینال (حداقل، مطلوب و حداکثر) در اسفرزه به ترتیب ۴/۴، ۱۹ و ۲۵/۵ و در پسیلیوم به ترتیب ۹/۴، ۲۸/۸ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد بود. در مطالعه ی دیگری قادری فر و همکاران (Ghaderi-Far *et al.*, 2012) دمای کاردینال اسفرزه را به ترتیب ۳/۳۵، ۲۱/۲۴ و ۳۵/۰۴ درجه سانتی‌گراد گزارش کردند.

بارهنگ کبیر (*Plantago major*) گیاهی چند ساله است که دارای خواص دارویی متعددی مانند ضد سرفه، ضد التهاب، ضد عوارض پوستی، مسهل و محرک ایمنی، پیشگیری از سرطان و ممانعت از تشکیل تومور، تسکین درد و عفونت می‌باشد. هر چند این گیاه به عنوان گیاه

Archive of SID

www.SID.ir

بومی اروپا ذکر شده است، ولی هم اکنون در بسیاری از مناطق آسیا از جمله ایران به صورت طبیعی (Zarinkamar and Marzban, 2010) و در مناطقی مانند حاشیه نهرها و رودخانه‌ها، مناطق ساحلی، مناطق در معرض رواناب و در امتداد جاده‌ها رشد می‌کند (Zubair, 2012). بررسی‌های متعددی بر روی گیاهان تیره بارهنگ صورت گرفته (Khazaie *et al.*, 2007؛ Mousavi Nik, 2012؛ Pouryousef *et al.*, 2012؛ Zubair, 2012) ولی در مورد دمای کاردینال بارهنگ کبیر اطلاعات چندانی در دسترس نمی‌باشد. این مطالعه با هدف تعیین دامنه حرارتی مناسب جوانه‌زنی و شناسایی رابطه بین دما و سرعت جوانه‌زنی بذر بارهنگ کبیر و تعیین دماهای کمینه، بهینه و بیشینه این گیاه با استفاده از مدل‌های خطوط متقاطع و پنج پارامتری بتا اجرا شد.

مواد و روش‌ها

ابتدا بذر اکوتیپ‌های بارهنگ کبیر از مناطق مختلف استان‌های خراسان جنوبی، رضوی و شمالی شامل بیرجند، قائن، تربت حیدریه، مشهد، کلات و بجنورد با تأکید بر تفاوت در عرض جغرافیایی هر منطقه، جمع آوری شد (جدول ۱). سپس این بذرها در مزرعه کشت شدند و در طول یک سال زراعی، خالص سازی مقدماتی (مخلوط کشی و حذف بوته‌های غیر یکنواخت از بین گیاهان) انجام گرفت که در آزمایش حاضر بذور حاصل از این گیاهان مورد استفاده قرار گرفتند. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه فیزیولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۲ انجام شد و طی آن بذرها در معرض دماهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد قرارگرفتند. به این منظور ابتدا بذرها با استفاده از هیپوکلریت سدیم ۲۰ درصد به مدت یک دقیقه ضد عفونی و سه بار با آب معمولی و یکبار با آب مقطر شستشو شدند. سپس ۲۵ بذر در پتری دیش‌هایی به قطر ۹ سانتی متری استریل و دارای یک کاغذ صافی واتمن، چیده شد.

جدول ۱- طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریای مناطق جمع آوری شده اکوتیپ‌های بارهنگ کبیر

Table1- Longitude, latitude and altitude of collection region of *Plantago major* ecotypes

اکوتیپ Ecotype	طول جغرافیایی Latitude	عرض جغرافیایی Longitude	ارتفاع از سطح دریا Altitude
بیرجند Birjand	59° 12´	32° 52´	1491
قائن Ghaen	59° 10´	33° 43´	1432
تربت حیدریه Heydariyeh Torbat	59° 13´	35° 16´	1451
مشهد Mashhad	59° 38´	36° 16´	999
کلات Kalat	60° 21´	36° 77´	850
بجنورد Bojnord	57° 16´	37° 28´	1120

بذرها با مقدار معین آب مقطر مرطوب شده و جهت جلوگیری از تبخیر آب، پتری دیش‌ها در داخل پلاستیک قرار داده و سپس به ژرمیناتورهای تنظیم شده در شرایط تاریکی با دمای ثابت با دقت ۱± منتقل شدند. شمارش بذرهای جوانه‌زده به صورت روزانه و به مدت ۲۱ روز (در گستره دمایی ۵ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد) و ۱۰ روز (در گستره

Archive of SID

www.SID.ir

دمای ۲۰ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد) انجام شد. معیار جوانه‌زنی بذرها، خروج ریشه چه به طول دو میلی متر بود (Ghaderi-Far *et al.*, 2012) و زمانی که در سه روز متوالی بذر جوانه‌زده جدید مشاهده نشد، شمارش پایان یافت.

سرعت جوانه‌زنی با شمارش بذور جوانه‌زده و زمان رسیدن به ۵۰٪ جوانه‌زنی برای هر توده بذری با استفاده از درون‌یابی خطی بین درصد جوانه‌زنی روزانه از منحنی جوانه‌زنی تجمعی با زمان محاسبه شد و سپس سرعت جوانه‌زنی براساس عکس زمان رسیدن به ۵۰٪ جوانه‌زنی (معادله ۱) محاسبه گردید (Ghaderi-Far *et al.*, 2012).

معادله ۱ $R50=1/D50$

در این معادله R50 سرعت جوانه‌زنی و D50 زمان رسیدن به ۵۰٪ جوانه‌زنی می‌باشد. تعیین درجه حرارت کاردینال (پایه، مطلوب و حداکثر) با استفاده از مدل‌های خطوط متقاطع و پنج پارامتری بتا، بین سرعت جوانه‌زنی و درجه حرارت‌های مورد مطالعه صورت گرفت که در آنها درجه حرارت‌های به عنوان متغییر مستقل (محور x) و سرعت جوانه‌زنی به عنوان متغییر وابسته (محور y) در نظر گرفته شد. مدل خطوط متقاطع نیز با استفاده از معادلات زیر بدست آمد.

معادله ۲ $f = \text{if } (T<To, region1(T), region2(T))$

معادله ۳ $Region1(T) = b(T-Tb)$

معادله ۴ $Region2(T) = c(Tm-T)$

و مدل پنج پارامتری بتا با استفاده از معادله‌های ۵ و ۶ بدست آمد:

معادله ۵ $$f = \exp(\mu)(T-T_b)^{\alpha}(T_m-T)^{\beta}$$

معادله ۶ $$T_O = \frac{(\alpha T_m + \beta T_b)}{(\alpha+\beta)}$$

f سرعت جوانه‌زنی بذور(۱/روز)، T درجه حرارت T_b، T_o و T_m (به ترتیب درجه حرارت‌های پایه، مطلوب و حداکثر) μ، α و β به عنوان پارامترهای مدل در نظر گرفته شدند (Saeidnejad *et al.*, 2012). تجزیه و تحلیل داده‌ها پس از تبدیل مناسب آنها با استفاده از نرم افزار Mstat-C انجام شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفت. جهت برازش و رسم مدل‌ها از نرم‌افزار SigmaPlot 12 و Slide Write 2 و Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر دما بر درصد و سرعت جوانه‌زنی اکوتیپ‌های بارهنگ معنی دار ($P\leq0.01$) بود. بیشترین درصد جوانه‌زنی اکوتیپ‌های بجنورد، قائن و تربت حیدریه در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد، در حالی که اکوتیپ بیرجند در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و دو اکوتیپ کلات و مشهد در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بیشترین درصد جوانه‌زنی را داشتند (جدول ۲). در اکوتیپ‌های بجنورد، کلات و تربت دمای شروع و پایان درصد جوانه‌زنی به ترتیب در دمای ۲۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد بود، حال آنکه در دو اکوتیپ بیرجند و مشهد جوانه‌زنی از دمای کمتری (۱۰ درجه سانتی‌گراد) نسبت به اکوتیپ‌های دیگر آغاز شد. حداکثر دمای جوانه‌زنی نیز در دو اکوتیپ بیرجند و قائن مشاهده شد، چراکه تا دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد قادر به جوانه‌زنی بودند.

بالاترین سرعت جوانه‌زنی در اغلب اکوتیپ‌های بارهنگ در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد حاصل شد و تنها دو اکوتیپ کلات و مشهد در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد حداکثر سرعت جوانه‌زنی را داشتند (جدول ۳). بذور اکوتیپ بیرجند و قائن در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به سایر اکوتیپ‌ها سرعت جوانه‌زنی بیشتری داشتند و اکوتیپ قائن در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به سایر دماها (جز دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد) از بیشترین

Archive of SID

www.SID.ir

سرعت جوانه‌زنی برخوردار بود. تولیت و همکاران (Tolyat *et al.*, 2014) گزارش کردند که حداکثر سرعت جوانه‌زنی بذور گیاه آویشن (*Thymus daenensis*) برای اکوتیپ ایلام، در دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد و برای اکوتیپ اصفهان در ۳۰ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد بدست آمد.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر دما بر درصد جوانه زنی اکوتیپ‌های بارهنگ کبیر.

Table 2- Mean comparison of temperature on germination percentage of *Plantago major* ecotypes.

اکوتیپ Ecotype	دما (سانتی گراد) Temperature (°C)								
	5	10	15	20	25	30	35	40	45
بیرجند Birjand	0 p	6 o	20 l	91.0 cd	87.5 de	91.0 cd	96.0 b	19 l	0 p
قائن Ghaen	0 p	0 p	0 p	77.0 fg	88.5 de	92.0 c	83.0 ef	13 m	0 p
تربت حیدریه Heydariyeh Torbat	0 p	0 p	0 p	16.0 lm	48.0 j	91.0 cd	86.0 e	0 p	0 p
**مشهد Mashhad	0 p	11 mn	8 no	32.7k	58.5 i	36.7 k	36.0 k	0 p	0 p
**کلات Kalat	0 p	0 p	0 p	16.0lm	71.0 gh	52.0 ij	68.0 h	0 p	0 p
بجنورد Bojnord	0 p	0 p	0 p	59.0i	95.0 c	99.0 a*	87.3 de	0 p	0 p

* میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند، براساس آزمون حداقل معنی دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

* Means followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD Test.

** با توجه به اینکه اکوتیپ‌های کلات و مشهد خواب بذر دارند، توصیه می‌شود با پیش سرمایی دمای کاردینال تعیین شود.

در مطالعه ایشان همچنین حداکثر جوانه‌زنی نهایی در گستره ی دماهای ۳ تا ۲۵ برای اکوتیپ ایلام ۸۶ تا ۹۴ درصد و در دمای ۱۰ تا ۳۵ برای اکوتیپ اصفهان ۹۴ تا ۹۷ درصد مشاهده شد. نتایج مطالعه روی تعدادی از گیاهان دارویی نشان می‌دهد که سرعت جوانه زنی بصورت خطی تا دمای مطلوب افزایش و سپس کاهش می‌یابد (Akram-Ghaderi *et al.*, 2008؛ Ghaderi-Far *et al.*, 2010؛ Tabrizi *et al.*, 2007؛ Tolyat *et al.*, 2014). در مطالعه حاضر نیز روند سرعت جوانه‌زنی اکوتیپ‌های بارهنگ کبیر مشابه با نتایج سایر محققان بود، هر چند که بسته به اکوتیپ و دما مقادیر حداکثر سرعت جوانه‌زنی تفاوت داشت. واکنش متغیر مرحله جوانه‌زنی بذر به دماهای متفاوت احتمالاً به این دلیل است که با افزایش دما فعالیت آنزیم‌ها و به طبع آن، کارایی واکنش‌های آنزیمی افزایش می‌یابد، که در ابتدا این امر بهبود سرعت جوانه‌زنی را به دنبال دارد (Azimi *et al.*, 2014).در دماهای بالا نیز به علت افزایش تنفس و کاهش ذخیره بذر (Azimi *et al.*, 2014؛ Tolyat *et al.*, 2014) و یا برخی تغییرات مخرب در پروتئین‌های ضروری، جوانه‌زنی بذر کاهش یافته و یا متوقف می‌شود. از سوی دیگر به دلیل کاهش متابولیسم سلولی در دمای کم نیز جوانه‌زنی بذور کمتر می‌باشد (Tolyat *et al.*, 2014).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر دما بر سرعت جوانه زنی اکوتیپ‌های بارهنگ کبیر .

Table 3- Mean comparison of temperature on germination rate of *Plantago major* ecotypes.

اکوتیپ Ecotype	دما (سانتی گراد) Temperature (°C)								
	5	10	15	20	25	30	35	40	45
بیرجند Birjand	0 m	0.05 l	0.21 k	0.46 h	0.54 fg	0.62 cd	1.00 a*	0.53 g	0 m
قائن Ghaen	0 m	0 m	0 m	0.37 i	0.37 i	0.60 cde	0.96 b	0.63 cd	0 m
تربت حیدریه Heydariyeh Torbat	0 m	0 m	0 m	0.20 k	0.22 k	0.56 efg	0.57 ef	0 m	0 m
مشهد Mashhad	0 m	0.05 l	0.20 k	0.40 i	0.38 i	0.64 c	0.56 efg	0 m	0 m
کلات Kalat	0 m	0 m	0 m	0.39 i	0.36 i	0.59 de	0.57 efg	0 m	0 m
بجنورد Bojnord	0 m	0 m	0 m	0.37 i	0.28 j	0.36 i	0.58 ef	0 m	0 m

* میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند، براساس آزمون حداقل معنی دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

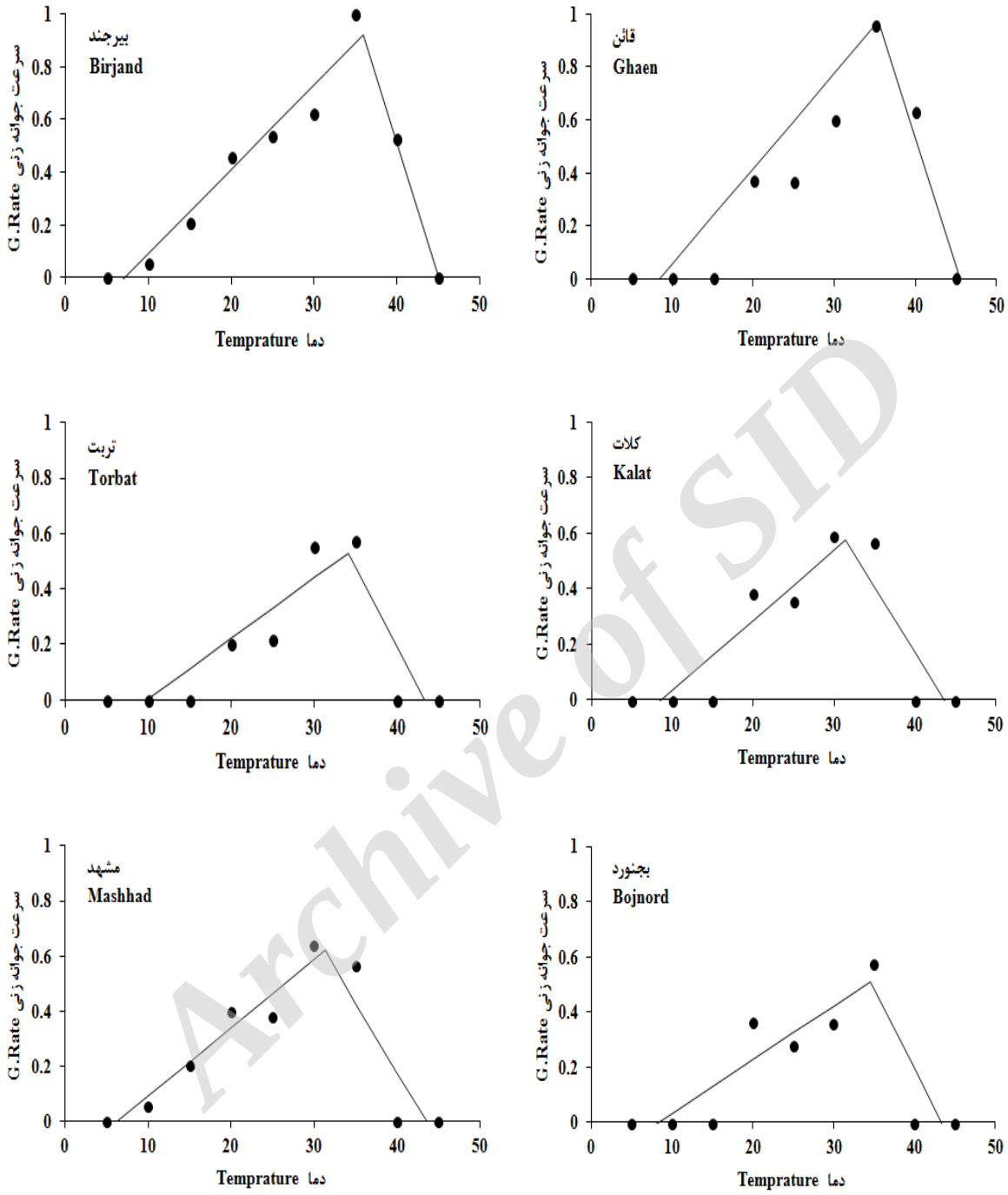
* Means followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD Test.

نتایج حاصل از خروجی مدل‌های برازش شده بین سرعت جوانه‌زنی و دما در اکوتیپ‌های بارهنگ در شکل ۱ و ۲ آمده است. براساس مدل‌های خطوط متقاطع و پنج پارامتری بتا، بسته به اکوتیپ محدوده دمای حداقل(به ترتیب ۶/۳ تا ۸/ ۹ و ۱/۸ تا ۵ درجه سانتی‌گراد)، دمای مطلوب (به ترتیب ۳۱/۱ تا ۳۵/۹ و ۲۸/۶ تا ۳۵/۲ درجه سانتی‌گراد) و دمای حداکثر (به ترتیب ۴۳/۳ تا ۴۵/۱ و ۴۵ تا ۴۵/۶ درجه سانتی‌گراد) تعیین شد. سرعت جوانه‌زنی تا محدوده دمای مطلوب افزایش و پس از آن کاهش داشت و در تمامی اکوتیپ‌ها در دو دمای ۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جوانه‌زنی صفر بود (جدول ۳). با توجه به مدل‌های برازش شده، تفاوت چشمگیری بین دمای حداقل وجود دارد. براساس مدل خطوط متقاطع میانگین دمای حداقل اکوتیپ‌های بارهنگ کبیر ۸/۱ درجه سانتی‌گراد است که این دما دو برابر مقدار تعیین شده در مدل پنج پارامتری بتا (۴ درجه سانتی‌گراد) می باشد. درحالی که تفاوت آنچنانی بین دمای مطلوب و حداکثر در دو مدل برازش شده و جود نداشت (جدول ۴ و ۵).

عظیمی و همکاران (Azimi *et al.*, 2014) گزارش کردند که براساس مدل خطوط متقاطع و پنج پارمتری بتا، درجه حرارت‌های مطلوب و حداکثر جوانه‌زنی برموس (*Bromus kopetdaghensis*) به ترتیب ۳۰/۳۶ ، ۴۵/۴۵ و ۲۸/۱۲، ۴۱/۰۱ درجه سانتی‌گراد بدست آمد. در مطالعه اکرم قادری و همکاران (Akram Ghaderi *et al.*, 2008) دمای حداقل، مطلوب و حداکثر برای جوانه‌زنی کدو تخم کاغذی (*Cucrbita pepo*) به ترتیب ۵/۹، ۳۷/۷ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد و برای گاوزبان (*Borago officinalis* L.) به ترتیب ۵، ۲۹/۹ و ۳۹/۹ درجه سانتی‌گراد بود. تولیت و همکاران (Tolyat *et al.*, 2014) در تعیین دمای کاردینال جوانه‌زنی بذور آویشن گزارش کردند دمای کاردینال (حداقل، مطلوب و حداکثر) برای بذور اکوتیپ ایلام به ترتیب ۱/۷، ۲۲/۹ و ۳۷/۷ و برای بذور اکوتیپ اصفهان به ترتیب ۵/۸، ۳۴/۴ و ۴۱ درجه سانتی‌گراد بدست آمد.

Archive of SID

www.SID.ir

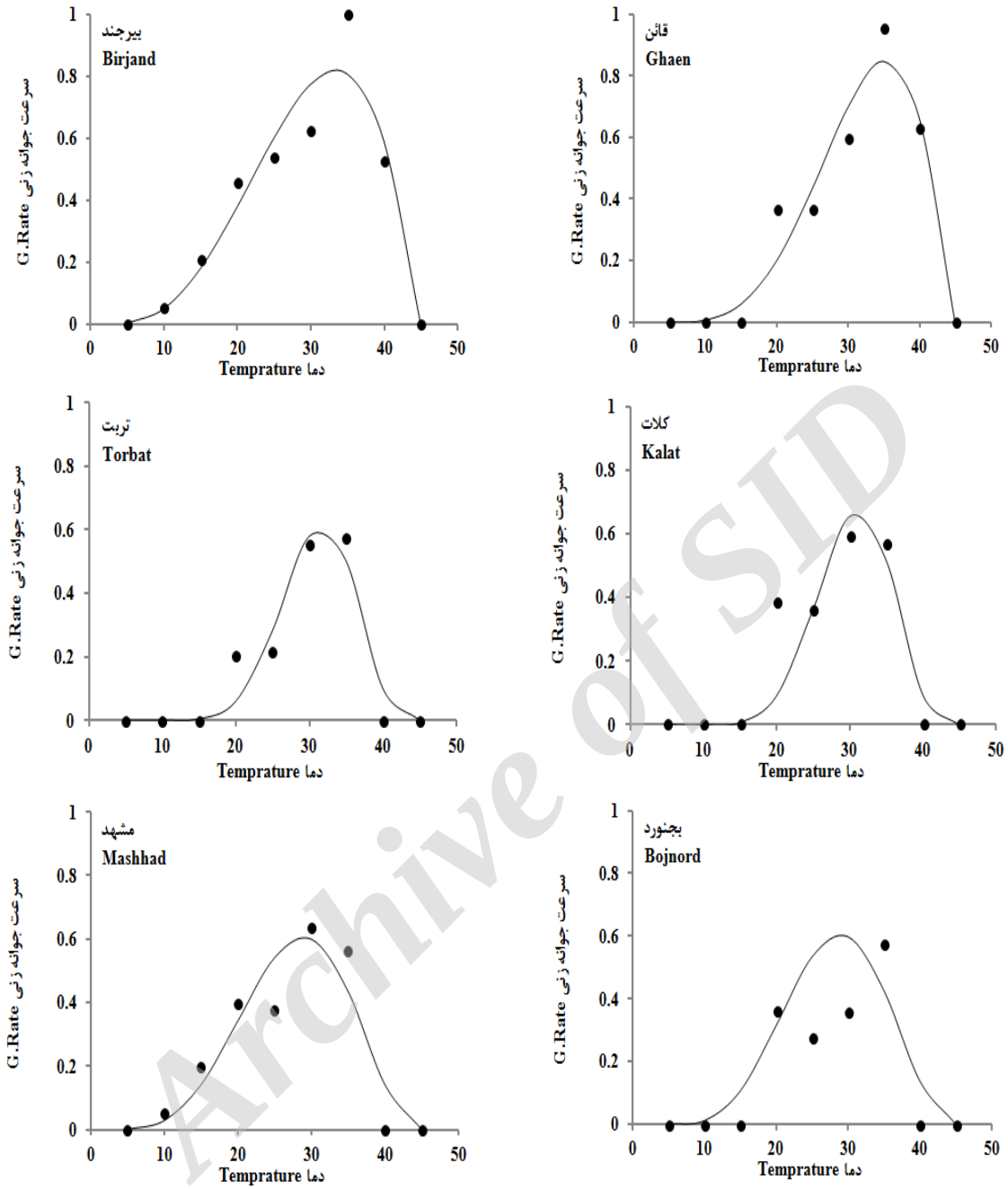


شکل۱- تأثیر دما بر سرعت جوانه زنی (۱/روز) بذر اکوتیپ‌های بارهنگ کبیر براساس خطوط متقاطع

Figure1- Effect of temperature on germination rate (1/day)
of *Plantago major* ecotypes based on Intersected - Lines Model

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۲- تأثیر دما بر سرعت جوانه زنی (۱/روز) بذر اکوتیپ‌های بارهنگ کبیر بر اساس مدل پنج پارامتری بتا

Figure 2- Effect of temperature on germination rate (1/day) of *Plantago major* ecotypes based on five- parameters beta model

در مطالعه ایشان (Tolyat *et al.*, 2014) در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد سرعت جوانه‌زنی بذور اکوتیپ اصفهان سه برابر اکوتیپ ایلام بود. همچنین رحیمی و کافی (Rahimi and Kafi, 2010) بیان داشتند که دمای کمینه جوانه‌زنی خرفه (*Portulaca oleracea* L.) پنج درجه سانتی‌گراد، دامنه دمایی بهینه آن ۱۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد و دمای بیشینه آن ۵۰ درجه سانتی‌گراد می باشد. براساس نتایج سهرابی و همکاران (Sohrabi *et al.*, 2011) درجه

Archive of SID

www.SID.ir

حرارت دمای پایه، مطلوب و حداکثر برای جوانه‌زنی بذر علف هرز جغجغه (*Prosopis stephaniana*) به ترتیب ۱۲، ۳۴ و ۴۵/۵ درجه سانتی‌گراد بود و دمای بالاتر از ۴۰ و کمتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد باعث کاهش شدید جوانه‌زنی شد. در بررسی انجام شده توسط تبریزی و همکاران (Tabrizi *et al.*, 2007) روی دو توده بذری آویشن خراسانی، جوانه‌زنی در دمای کمتر از پنج و بیشتر از ۴۰ درجه سانتی‌گراد متوقف شد.

بنظر می‌رسد دلیل تنوع در دماهای کاردینال اکوتیپ‌های بارهنگ، شرایط متفاوت در مناطق رشدی آنها باشد، زیرا بررسی‌ها نشان می‌دهند که تنوع در خصوصیات جوانه‌زنی بذر ممکن است در نتیجه‌ی سازگاری ژنتیکی گیاهان، با شرایط محیطی‌ای که در آن تکامل یافته‌اند، باشد (Andersson and Milberg, 1998; Fernandez-Pascual and Jimenez-Alfaro, 2010; Saeidnejad *et al.*, 2012; Hampton *et al*, 2013). در مطالعه تولیت و همکاران (Tolyat *et al.*, 2014) در خصوص اثر تفاوت مبدأ بذر بر جوانه‌زنی آن (کمتر بودن دمای کاردینال اکوتیپ ایلام در مقایسه با اکوتیپ اصفهان) اظهار شده است که این خصوصیت می‌تواند یک مکانیسم فرار از خشکی و گرما در محیط طبیعی باشد، چون اکوتیپ ایلام جوانه‌زنی خودش را در زمانی انجام می‌دهد که حداکثر بارش در منطقه وجود داشته باشد (فصل زمستان) ولی اکوتیپ اصفهان برای فرار از زمستان‌های سرد و استفاده از رطوبت بهار و تابستان در بهار جوانه‌زده و رشد می‌کند.

ارتفاع از سطح دریا منطقه‌ای که گیاهان در آن تکامل یافته و سازگار شده اند نیز می‌تواند بر خصوصیات جوانه‌زنی گیاهان تأثیر گذار باشد و با افزایش ارتفاع دمای مطلوب جوانه‌زنی بیشتر می‌شود (Cavieres and Arroyo, 2000). در مطالعه حاضر اکوتیپ کلات و مشهد که در ارتفاع کمتری از سطح دریا (۸۵۰ و ۹۹۹ متر) سازگاری پیدا کرده‌اند (جدول ۱)، دمای مطلوب جوانه‌زنی کمتری را نسبت به سایر اکوتیپ‌ها داشتند (براساس مدل خطوط متقاطع). در این مطالعه همچنین براساس هر دو مدل برازش داده شده اکوتیپ‌های بیرجند و قائن که در عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر سازگاری یافته‌اند (جدول ۱)، دمای مطلوب جوانه‌زنی بالاتری داشتند (جدول ۴ و ۵).

دمای مطلوب جوانه‌زنی به ژنتیک گیاهی و شرایط اقلیمی رشد و نمو بستگی دارد (Azimi *et al.*, 2014). با تعیین درجه حرارت‌های کاردینال می‌توان محدوده دمای جوانه‌زنی گونه‌های دارویی و زمان و منطقه مناسب جهت کشت آنها را تخمین زد که در اهلی‌سازی گونه بارهنگ کبیر مورد استفاده قرار گیرد. براساس نتایج حاصله پاسخ جوانه‌زنی بذر اکوتیپ‌های بارهنگ کبیر به دما متفاوت بود. تعدادی از پژوهشگران نیز این مطلب را تأیید کرده اند که درجه حرارت‌های کاردینال جوانه‌زنی در بین گونه‌ها و یا اکوتیپ‌های یک گونه متفاوت می‌باشند (Tabrizi *et al.*, 2007؛ Adam *et al.*, 2007؛ Akram-Ghaderi *et al.*, 2008؛ Balashahri *et al.*, 2013). بذر اکوتیپ‌های بارهنگ کبیر در گستره‌ای از دماهای ۱۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد جوانه‌زنی داشتند. این وضعیت بیانگر پتانسیل جوانه‌زنی و احتمالا استقرار این گیاه در مناطق با شرایط دمایی متفاوت است. با این حال در مناطق گرمسیری تاخیر در تاریخ کاشت که همراه با افزایش درجه حرارت محیط است، سبب کاهش درصد جوانه‌زنی و احتمالاً استقرار ضعیف گیاهچه می‌گردد، زیرا درصد جوانه‌زنی بارهنگ کبیر در دماهای بالاتر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد به شدت کاهش می‌یابد. در این مناطق کشت زود هنگام اکوتیپ‌های بارهنگ زمانی که دمای محیط به بالاتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد می‌رسد، سبب بهبود درصد جوانه‌زنی و استقرار آنها می‌شود. البته با توجه به نتایج حاصل از دو اکوتیپ مشهد و بیرجند، که دمای پایه کمتری از سایر اکوتیپ‌ها داشتند، احتمالاً امکان کاشت زودتر آنها امکان پذیر می‌باشد. با توجه به جداول ۴ و ۵ درجه حرارت‌های کاردینال با استفاده از برازش مدل‌های خطوط متقاطع و پنج پارامتری بتا ارزیابی شدند. میانگین اکوتیپ‌های بارهنگ کبیر در دو مدل مورد مطالعه در دو

Archive of SID

www.SID.ir

درجه حرارت مطلوب و حداکثر تقریباً با یکدیگر مطابقت داشتند. اما در درجه حرارت پایه نتایج دو مدل با یکـدیگر متفاوت بود، بطوری که این دما در مدل خطوط متقاطع دو برابر مدل پنج پارامتری بتا بود.

جدول ۴- مقادیر دماهای کاردینال، ضریب تبیین و میانگین ریشه دوم خطای مربعات بدست آمده از مدل خطوط متقاطع اکوتیپ‌های بارهنگ کبیر

Table 4- Cardinal temperatures values, coefficient of determination (R^2) and root mean squares error obtained from intersected-lines model of *Plantago major* ecotypes

اکوتیپ Ecotypes	دمای حداقل Tb ± SE	دمای مطلوب To ± SE	دمای حداکثر Tc ± SE	ضریب تبیین R^2	میانگین ریشه مربعات خطا RMSE
بیرجند Birjand	7.11 ± 1.81	35.9 ± 1.11	45.1 ± 0.88	0.94	0.065
قائن Ghaen	8.50 ± 1.60	35.4 ± 1.19	45.1 ± 1.20	0.90	0.121
تربت حیدریه T.heydariyeh	9.80 ± 1.42	34.1 ± 2.70	43.3 ± 2.10	0.79	0.107
مشهد Mashhad	6.30 ± 1.55	31.3 ± 1.33	43.6 ± 1.73	0.89	0.087
کلات Kalat	8.70 ± 1.11	31.4 ± 2.01	43.7 ± 2.10	0.81	0.117
بجنورد Bojnord	8.40 ± 1.23	34.5 ± 1.93	43.3 ± 2.22	0.86	0.074
Mean	8.1	33.8	44.0		

جدول ۵- مقادیر دماهای کاردینال، ضریب تبیین و میانگین ریشه دوم خطای مربعات بدست آمده از مدل پنج پارامتری بتا اکوتیپ‌های بارهنگ کبیر

Table 5- Cardinal temperatures values, coefficient of determination (R^2) and root mean squares error obtained from five-parameters beta model of *Plantago major* ecotypes

اکوتیپ Ecotypes	دمای حداقل Tb ± SE	دمای مطلوب To ± SE	دمای حداکثر Tc ± SE	ضریب تبیین R^2	میانگین ریشه مربعات خطا RMSE
بیرجند Birjand	3.30 ± 1.24	33.3 ± 0.98	45.0 ± 1.15	0.94	0.094
قائن Ghaen	4.20 ± 1.61	35.2 ± 0.88	45.0 ± 1.13	0.90	0.081
تربت حیدریه T.heydariyeh	5.00 ± 1.55	33.1 ± 0.89	45.1 ± 1.09	0.87	0. 067
مشهد Mashhad	1.80 ± 1.77	29.8 ± 1.08	45.0 ± 1.18	0.89	0.089
کلات Kalat	4.40 ± 1.69	32.6 ± 1.01	45.0 ± 1.22	0.90	0.106
بجنورد Bojnord	5.00 ± 1.60	28.6 ± 0.84	45.6 ± 1.10	0.77	0.140
Mean	4.0	32.1	45.1		

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری کلی

بطورکلی نتایج این تحقیق بیانگر این است که با استفاده از مدل‌های رگرسیونی می‌توان جوانه‌زنی اکوتیپ‌های بارهنگ کبیر را پیش‌بینی کرد. براساس مدل‌های برازش داده شده بسته به اکوتیپ محدوده دمای حداقل (۶/۳ تا ۸/ ۹ و ۱/۸ تا ۵ درجه سانتی‌گراد)، دمای مطلوب (۳۱/۱ تا ۳۵/۹ و ۲۸/۶ تا ۳۵/۲ درجه سانتی‌گراد) و دمای حداکثر (۴۳/۳ تا ۴۵/۱ و ۴۵ تا ۴۵/۶ درجه سانتی‌گراد) به ترتیب در مدل‌های خطوط متقاطع و پنج پارامتری بتا تخمین زده شد. با استفاده از خروجی مدل‌ها می‌توان به پیش‌بینی جوانه‌زنی در مناطق مختلف پرداخت.

منابع

References

Adam, N. R., D. A. Dierig, T. A. Coffelt, M. J. Wintermeyer, B. E. Mackey, and G. W. Wall. 2007. Cardinal temperatures for germination and early growth of two *Lesquerella* species. Indian Crops and Products. 25: 24-33.

Akram Ghaderi F., A. Soltani, and H. R. Sadeghipour. 2008. Cardinal temperatures of germination in medicinal Pumpkin (*Cucurbita pepo* convar. *Pepo* var. *styriaca*), Borago (*Borago officinalis* L.) and Black cumin (*Nigella sativa* L.). As. J. Plant Sci. 7 (6): 574-578.

Andersson., L., and P. Milberg. 1998. Variation in seed dormancy among mother plants, populations and years of seed collection. Seed Sci Res. (8): 29-38.

Azimi, R., M. Khajeh-Hosseinim, and F. Falahpor. 2014. Evaluation of seed germination features of *Bromus kopetdaghensis* Drobov under different temperature. J. of Range and Watershed Management. 67 (2): 253-261. (In Persian with English Abstract.)

Balashahri, M., R. Farhadi, R. Mehdizade Dehostai, I. Ghadiri, and M. Rahimi. 2013. Evaluation of cardinal temperatures and germination response to temperature in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Medicinal plant. J. Am. Sci. 9 (1): 56-60.

Cavieres, L.A., and M. T. K. Arroyo. 2000. Seed germination response to cold stratification period and thermal regime in *Phacelia secunda* (Hydrophyllaceae). Plant Ecol. 149: 1-8.

Fernandez-Pascual E., B. Jimenez-Alfaro., T. E. Diaz-Gonzalez, and F. Perez-Garcia. 2010. Relationship between climate and seed germination at a local scale in a narrow endemic species. 3rd Proceedings of the Seed Ecology Conference, June 2010, Salt Lake City, Utah.

Ghaderi-Far F., J. Gherekhloo, and M. Alimagham. 2010. Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of Yellow Sweet Clover (*Melilotus officinalis*). Planta Daninha, Vicosa-Minas Gerais. 28 (3): 463-469.

Ghaderi-Far F., S. M. Alimagham, A. M. Kameli, and M. Jamali 2012. Isabgol (*Plantago ovata* Forsk) seed germination and emergence as affected by environmental factors and planting depth. Int. J. Plant Prod. 6 (2): 185-194.

Hampton, J. G., B. Boelt., M. P. Rolston, and T. G. Chastain. 2013. Effects of elevated CO_2 and temperature on seed quality. J. Agric. Sci. 151: 154-162.

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

Khakshoor-Moghadam, Z., M. Lahouti, and A. Ganjeali. 2011. Effects of drought Stress Induced by Polyethylene Glycol on Germination and Morphophysiological Characteristics of Dill (*Anethum graveolens* L.). J. Hortic. Sci. 25 (2): 185-193. (In Persian with English Abstract.)

Khazaie, H. R., M. Sabet Teimouri, and F. Najafi. 2007. Investigation on yield and quality of Isabgol (*Plantago oveta* L.) under different irrigation regimes and seeding rates. Iranian J. Field Crops Res. 5 (1): 77-84. (In Persian with English Abstract.)

Archive of SID

www.SID.ir

Koocheki A., L. Tabrizi, and M. Nassiri Mahallati. 2007. The effects of irrigation intervals and manure on quantitative and qualitative characteristics of *Plantago ovata* and *Plantago psyllium*. As. J. Plant Sci. 6 (8): 1229-1234.

Lashkari, A., P. Rezvani Moghaddam, and A. Amin Ghafori. 2014. Estimation of cardinal cemperatures of (*Echium amoenum*) with application of regression models. Iranian J. Field Crops Res. 12 (2): 164-169.

Mousavi Nik, M. 2012. Effect of drought stress sulphur fertilizer on quantity and quality yield of Psyllium (*Plantago ovata* L.) in Baluchestan. J. Agron. 4 (2): 170-182. (In Persian with English Abstract.)

Naghedinia, N., and P. Rezvani-Moghaddam. 2009. Investigations on the cardinal temperatures for germination of *Crambe kotschyana*. Iranian J. Field Crops Res. 7 (2): 451- 456. (In Persian with English Abstract.)

Najafi, F., and P. Rezvani-Moghaddam. 2003. Determination the base temperature and study germination response of Isabgol (*Plantago ovate*) to different temperatures. Pajouhesh and Sazandegi. 60: 53-55. (In Persian with English Abstract.)

Pouryousef, M., D. Mazaheri, M. R. Chaiechi, and A. Rahimi. 2012. Effect of different soil fertilizing treatments (chemical, organic and integrated) on yield, yield components and seed mineral nutrients content of Isabgol (*Plantago oveta* Forsk). Agron. J. 93: 8-18. (In Persian with English Abstract.)

Rahimi, Z., and M. Kafi. 2010. Estimating cardinal temperatures and effect of different levels of temperature on germination indices of Purslane (*Portulaca oleracea* L.). J. Plant Protection. 24 (1): 80-86. (In Persian with English Abstract.)

Saeidnejad, A. M., M. Kafi, and M. Pessarakli. 2012. Evaluation of cardinal temperatures and germination responses of four ecotypes of *Bunium persicum* under different thermal conditions. Int. J. Agric. and Crop Sci. 4 (17): 1266-1271.

Sohrabi, S., J. Cherekhloo, M. H. Rashed Mohassel, A. Ghanbari, and M. Nassiri Mahalati. 2011. Cardinal temperatures of three invasive weeds in Iran. 3rd International Symposium on Weeds and Invasive Plants, 2-7 October 2011. Ascona, Switzerland.

Sousa M. P., L. F. Braga, J. F. Braga, and M. E. Aparecida Delachiave 2008. Germination of *Plantago ovate* Forsk. (Plantaginaceae) seeds: temperature and photoblastism. Revista arvore, Vicosa-Minas Gerais. 32 (1): 51-57.

Tabrizi, L., A. Koocheki, M. Nassiri Mahallati, and P. Rezvani-Moghaddam. 2007. Germination behavior of cultivated and natural stand seeds of Khorasan thyme (*Thymus transcaspicus* Klokov) with application of regression models. Iranian J. of Field Crops Res. 5 (2): 249-257. (In Persian with English Abstract.)

Tolyat, M. A., R. Tavakkol Afshari, M. R. Jahansoz, F. Nadjafi, and H. A. Naghdibadi. 2014. Determination of cardinal germination temperatures of two ecotypes of *Thymus daenensis* subsp. Daenensis. Seed Sci. Technol. 42: 28-35.

Zarinkamar, F., and A. Marzban. 2010. Effects of altitude on anatomy of *Plantago major* and *Plantago lanceolata*. Iranian Soc. of Biology. 23 (4): 532-540. (In Persian with English Abstract.)

Zubair M. 2012. Genetic variation, biochemical contents and wound healing activity of *Plantago major*. Ph.D Thesis, Faculty of Landscape Planning, Horticulture and Agricultural Sciences Department of Plant Breeding and Biotechnology Balsgard, Swedish University of Agricultural Sciences.

Archive of SID

www.SID.ir