نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵، ص. ۶۵۰-۶۴۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 30, No. 4, Winter 2017, P. 643-650
ISSN: 2008 - 4730

تعیین درجه حرارت‌های کاردینال و واکنش جوانه‌زنی بذور به درجه حرارت‌های مختلف در پنج رقم بذر چمن (Turf grass)

هادی خاوری[۱]- مرتضی گلدانی[۲]- محمدخواجه حسینی[۳]- محمود شور[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۱۶

چکیده

هر گونهٔ گیاهی از نظر نحوه واکنش جوانه‌زنی به درجه حرارت، دارای تنوع ژنتیکی خاصی است.از آنجا که جوانه‌زنی مرحله بحرانی در چرخه زندگی گیاهان می‌باشد. لذا به منظور تعیین درجه حرارت‌های کاردینال در پنج رقم چمن (فستوکا اروندیکا آستریکس، فستوکا اروندیکا الدورادو، فستوکا اروندیکا استارلت، لولیوم پرن و برمودا‌گراس) در ۸ سطح درجه حرارت (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و۴۰ درجه سانتی‌گراد) آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه تحقیقات دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. نتایج نشان داد که درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه و شاخص بنیه گیاهچه تحت تاثیر درجه حرارت، ارقام چمن و برهمکنش رقم و درجه حرارت در سطح احتمال یک درصد قرار گرفتند. بیشترین صفات مورد مطالعه در درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی‌گراد ، بیشترین درصد (۹۱٪) و سرعت جوانه‌زنی (۱۳۸ تعداد در روز) در رقم آستریکس و حداکثر طول ریشه‌چه (۲/۹۵ سانتی‌متر)، طول ساقه‌چه (۳/۳۵ سانتی‌متر) در رقم لولیوم و حداکثر شاخص بنیه گیاهچه (۰/۳۶) در رقم الدورادو مشاهده شد. درجه حرارت بالاتر و پایین‌تر از درجه حرارت مطلوب کاهش معنی‌داری در مقادیر مذکور را بدنبال داشت. بین ارقام چمن از نظر واکنش به دماهای کاردینال تنوع وجود داشت. به نظر می‌رسد علت این تنوع دمایی مربوط به ساختار ژنتیکی گیاه و سازگاری‌های تکاملی (گرمسیری و سردسیری) می‌شود که این گیاهان کسب کرده‌اند.

واژه‌های کلیدی: ارقام چمن، بنیه گیاهچه، درجه حرارت‌های حداقل، مطلوب و حداکثر

مقدمه

جوانه‌زنی مرحله بحرانی در چرخه زندگی گیاهان بوده و اغلب پویایی جمعیت را کنترل می‌کند (۱۹ و ۲۳). این مرحله مجموعه‌ای از فرآیندهای فیزیولوژیکی است که توسط عوامل محیطی متعددی مانند درجه حرارت، رطوبت و نور تحت تاثیر قرار می‌گیرد. در این میان درجه حرارت تاثیر مهمی بر خواب و ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر (درصد و سرعت جوانه‌زنی و موفقیت یا عدم موفقیت استقرار گیاه) دارد (۴، ۱۱ و ۲۰).درجه حرارت می‌تواند درصد و سرعت جوانه‌زنی را از طریق تاثیر بر زوال بذر، کاهش خواب بذر و کلیه فرآیندهای جوانه‌زنی تحت تاثیر قرار دهد (۱۷ و ۲۳). بنیه بذر، سرعت جوانه‌زنی و توسعه سریع گیاهچه برای استقرار مناسب گیاه لازم می‌باشند و عوامل محیطی مانند درجه حرارت و رطوبت خاک می‌توانند بر این خصوصیات اثرات نامطلوبی داشته باشند (۱۴ و ۱۹). رشد سریع باعث می‌شود که ریشه‌چه قبل از خشک شدن سطح خاک بتواند وارد خاک شده و استقرار یابد (۱۸). درجه حرارت‌های کاردینال (حداقل، مطلوب و حداکثر) جوانه‌زنی، عموماً بستگی به دامنه سازگاری محیطی یک گونه دارد و تطابق زمان جوانه‌زنی با شرایط مطلوب را تضمین می‌نماید (۱۱). با این حال واکنش شاخص‌های جوانه‌زنی به دما به عواملی مانند گونه گیاهی، منطقه رویش و کیفیت توده بذری بستگی دارد. رابطه بین دما و سرعت جوانه‌زنی به صورت تابع درجه دو برازش داده شده است و معمولا از رگرسیون برای توصیف رابطه بین دما و سرعت جوانه‌زنی استفاده می‌کنند (۱۹ و ۲۱). اثر دما روی جوانه‌زنی به صورت درجه حرارت‌های کاردینال توصیف می‌شود که بذورهر رقم چمن مشخص می‌توانند در این دامنه از درجه حرارت جوانه بزنند (۸ و ۹). درجه حرارت کاردینال شامل درجه حرارت حداقل یا پایه (در کمتر

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیاران گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: goldani@um.ac.ir)
۴- دانشیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
DOI: 10.22067/jhorts4.v0i0.36967

از آن جوانه زنی صورت نمی‌گیرد)، درجه حرارت مطلوب (بیشترین درصد جوانه‌زنی در کوتاهترین زمان در این دما اتفاق می‌افتد) و درجه حرارت حداکثر (در بیشتر از آن جوانه‌زنی صورت نگرفته و پروتئین‌های ضروری برای جوانه‌زنی تجزیه می‌شوند) هستند (۱، ۶، ۱۲ و ۱۷). درجه حرارت‌های کاردینال‌برای جوانه‌زنیدربیشترگیاهان زراعی تقریباً مشابه درجه حرارت‌های کاردینال لازم برای رشد رویشی می‌باشد. با وجود این برای برخی گونه‌ها، درجه حرارت‌های کاردینال جوانه‌زنی ممکن است از درجه حرارت کاردینال رشد ریشه یا ساقه متفاوت باشد (۳ و ۱۳).گزارش‌های متعددی در مورد خصوصیات جوانه‌زنی گونه‌های مختلف گیاهی اعم از گیاهان زراعی، مرتعی و دارویی وجود دارد (۱، ۲، ۳، ۶،۱۳، ۱۴ و ۱۷). جامی الاحمدی و کافی (۱۰) در تحقیق خود به منظور تعیین درجه حرارت کاردینال جوانه‌زنی گیاه کوشیا[1]، عنوان کردند که این گیاه در دامنه وسیعی از درجه حرارت از ۳/۵ (درجه حرارت پایه)، تا ۵۰درجه سانتی‌گراد جوانه می‌زند.

در آزمایشی بر اساس رگرسیون خطی بین سرعت جوانه‌زنی و درجه حرارت، درجه حرارت‌های کاردینال (پایه، مطلوب و حداکثر) به ترتیب شامل ۴/۴، ۱۹ و ۲۵/۵ درجه سانتی‌گراد برای اسفرزه (Plantago ovate L.)، ۹/۴، ۲۸/۸ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد برای پسیلیوم (Plantagopsyllium L.)، برای پونه‌سای بینالودی (Nepetabinaludensisjamzad) ۷/۴، ۲۳/۷ و ۳۵/۶ درجه سانتی‌گراد(۱۶ و ۲۱) و برای ارقام گندم مورد مطالعه دمای پایه از ۲/۰۴ تا ۲/۹، دمای مطلوب از ۳۱/۸۱ تا ۳۲/۴۲ و دمای سقف از ۳۸/۰۸ تا ۴۲/۰۸ درجه سانتی گراد متغیر بود (۲۴).چمن دارای ارقام یک ساله و چندساله است. رقم برموداگراس یک چمن دائمی گرمسیری با عادت رشدی ریزوم و استولون و با بافت ریز و سه رقم فستوکا پا بلند که از دسته چمن‌های سردسیری با عادت رشدی کپه-ای و بافت درشت، رقم لولیوم دائمی از دسته چمن‌های سردسیری با عادت رشدی ریزوم و دارای بافت بسیار کوتاه و سفت می‌باشند. از آنجا که زمان جوانه‌زنی عامل مهمی در تعیین برنامه‌های مدیریتی چمن محسوب می‌شود، بنابراین هدف از انجام این آزمایش تعیین دماهای کاردینال ارقام چمن با اهداف تعیین درجه‌حرات‌های مطلوب و شناسایی ارقام مناسب با جوانه‌زنی سریعتر است.

$$Tb, Tc = \left|\frac{b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}\right|$$

مواد و روش ها

آزمایش در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد و در سال ۱۳۹۲، به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار در ژرمیناتور با دقت ۱± درجه سانتی‌گراد انجام شد. فاکتور اول شامل ۸ درجه حرارت مختلف، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد و فاکتور دوم شامل ۵ رقم چمن شامل لولیوم پرنه[2]، سینودون داکتیلون[3] و سه رقم از فستوکا آروندیناسه[4] (آستریکس، الدورادو، استارلت)، بود که همگی ازچمن اسپورت (جوردن هلند) جداسازی وتهیه شد.

ابتدا بذور با محلول هیپوکلرید سدیم ۲/۵ درصد به مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی و سپس با آب مقطر شستشو شدند. از پتری دیش‌هایی به قطر ۹ سانتی‌متر و ضخامت ۱/۵ سانتی متر استفاده گردید. کف پتری دیش‌ها با یک لایه کاغذ صافی واتمن پوشانده و ۲۵ عدد بذر داخل آنها قرارگرفت. به هر پتری دیش پنج میلی لیتر آب مقطر اضافه شد و به ژرمیناتورها منتقل شدند. مبنای جوانه‌زنی بذور، خروج ریشه‌چه از پوسته بذر به میزان ۲ میلی‌متر بود (۳ و ۵). شمارش بذور جوانه زده تا ۱۴ روز پس از شروع آزمایش هر روز در یک ساعت مشخص انجام شد و درصورت کاهش رطوبت در پتری دیش ها آب مقطر به اندازه لازم اضافه شد. در پایان شاخص های زیر اندازه‌گیری شدند:

درصد جوانه‌زنی بر اساس معادله (۱)، سرعت جوانه‌زنی توسط معادله (۲) و شاخص بنیه گیاهچه با معادله (۳) محاسبه شدند (۶).

معادله (۱): $FGP^5 = (\frac{n}{N}) \times 100$

در این معادله n، تعداد بذر جوانه‌زده در روز آخر و N، تعدادکل بذرها است.

سرعت جوانه‌زنی بر اساس معادله ۲ محاسبه شد (۲۳)

معادله (۲) $MGT^6 = \frac{\sum_{i=0}^{n} FiXi}{\sum_{i=0}^{n} Fi}$

$\sum_{i=0}^{n} FiXi$ ، در این معادله مجموع تعداد بذر جوانه‌زده جدید در هر روز در هر شمارش ضرب در همان روز و $\sum_{i=0}^{n} Fi$ مجموع تعداد بذر جوانه زده جدید در هرروز شمارش تا روز n ام می‌باشد.

معادله (۳): $SVI^7 = \frac{(RL+SL)}{N}$

طول ریشه‌چه (SL)، طول ساقه‌چه RL و N تعداد کل بذور جوانه‌زده در روز آخر می‌باشند.

برای تعیین درجه حرارت‌های حداقل، بهینه و حداکثر از رگرسیون درجه دو بین سرعت جوانه‌زنی و درجه حرارت‌های طبق معادله ۴ استفاده شد (۲۰).

معادله (۴) $x \leq T_0\ y = ax^2 + bx + c$ و $T0 = \frac{b}{2a}$

Tb حداقل درجه حرارت، Tc حداکثر درجه حرارت

1- Kochiascoparia

2- *Lolium perenne*
3- *Cynodon dactylon*
4- *Festuca arundinacea*
5- Final Germination percentage
6- Mean Germination time
7- Survival index

قبل از آنالیز آماری تبدیل معکوس داده‌های مربوط به سرعت جوانه‌زنی انجام شد (۲۰ و ۱۹). جهت آنالیز داده‌ها از برنامه آماری Minitab ver,13; Mstat-C، برای رسم نمودارها از Excel و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

بررسی رگرسیون دو جمله‌ای بین سرعت جوانه‌زنی و دما بیانگر وجود همبستگی مناسبی بین آنها بود و نشان داد که خطوط رگرسیون در دو نقطه محور افقی را قطع می‌کنند که دماهای حدود ۸/۷ و ۴۹/۱ درجه سانتی گراد به ترتیب دامنه دمایی حداقل و حداکثر ارقام چمن چاپر تعیین شدند. خط مماس بر منحنی معرف دمای بهینه در ارقام چمن بود، در دامنه بین ۲۳ تا ۳۰/۵ درجه سانتی‌گراد قرار داشت (شکل ۱ و جدول ۹). حداقل دمای پایه در رقم‌های استارلت و الدورادو ۴ درجه سانتی‌گراد، در رقم‌های لولیوم و آستریکس ۵ درجه سانتی‌گراد و در رقم برموداگراس ۸/۷ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. تغییرات دمای پایه برای پنج رقم چمن ۴/۷ درجه سانتی‌گراد بود (جدول ۹). نتایج مطالعه محققین (۱۶) نیز نشان داد که تفاوت در دامنه دمای پایه در شش ژنوتیپ شبدر پنجه کلاغی (*Lottus* sp.) ۶ درجه سانتی‌گراد بود و دما پایه آنها بین ۱/۰۱ تا ۶/۳۸ درجه سانتی‌گراد قرار داشت. به نظر می‌رسد تفاوت در اکوتیپ‌ها از نظر دمای پایه مربوط به سازگاری‌های آنها در محیط‌های مختلف باشد. به طوری که دمای حداکثر جهت جوانه‌زنی برای رقم برموداگراس ۴۹/۱ و رقم الدورادو ۳۹ درجه سانتی‌گراد بدست آمد و در بین ارقام سردسیر رقم استارلت حداکثر درجه حرارت معادل ۴۶/۳ درجه سانتی‌گراد را به خود اختصاص داد (جدول ۹). دمای مطلوب جوانه‌زنی در ارقام لولیوم و آستریکس به ترتیب ۲۸/۶ و ۲۸/۴، در ارقام استارلت و الدورادو ۲۵/۷ و ۲۴ و در رقم برموداگراس ۳۰/۵ درجه سانتی‌گراد حاصل شد (اشکال الف الی ه). وجود تنوع در تحمل به دمای زیاد و کم در جوانه‌زنی بین اکوتیپ‌های مختلف به دلیل وجود تنوع اقلیمی از اهمیت خاصی برخوردار است، زیرا تاخیر و تقدم در تاریخ کاشت که معمولاً با افزایش و کاهش دمای محیط همراه است از درصد جوانه‌زنی و استقرار اولیه گیاه می‌کاهد. با این حال وجود تنوع اکولوژیکی در خواستگاه این اکوتیپ‌ها می‌تواند بیانگر این تنوع در پاسخ به دما نیز باشد.

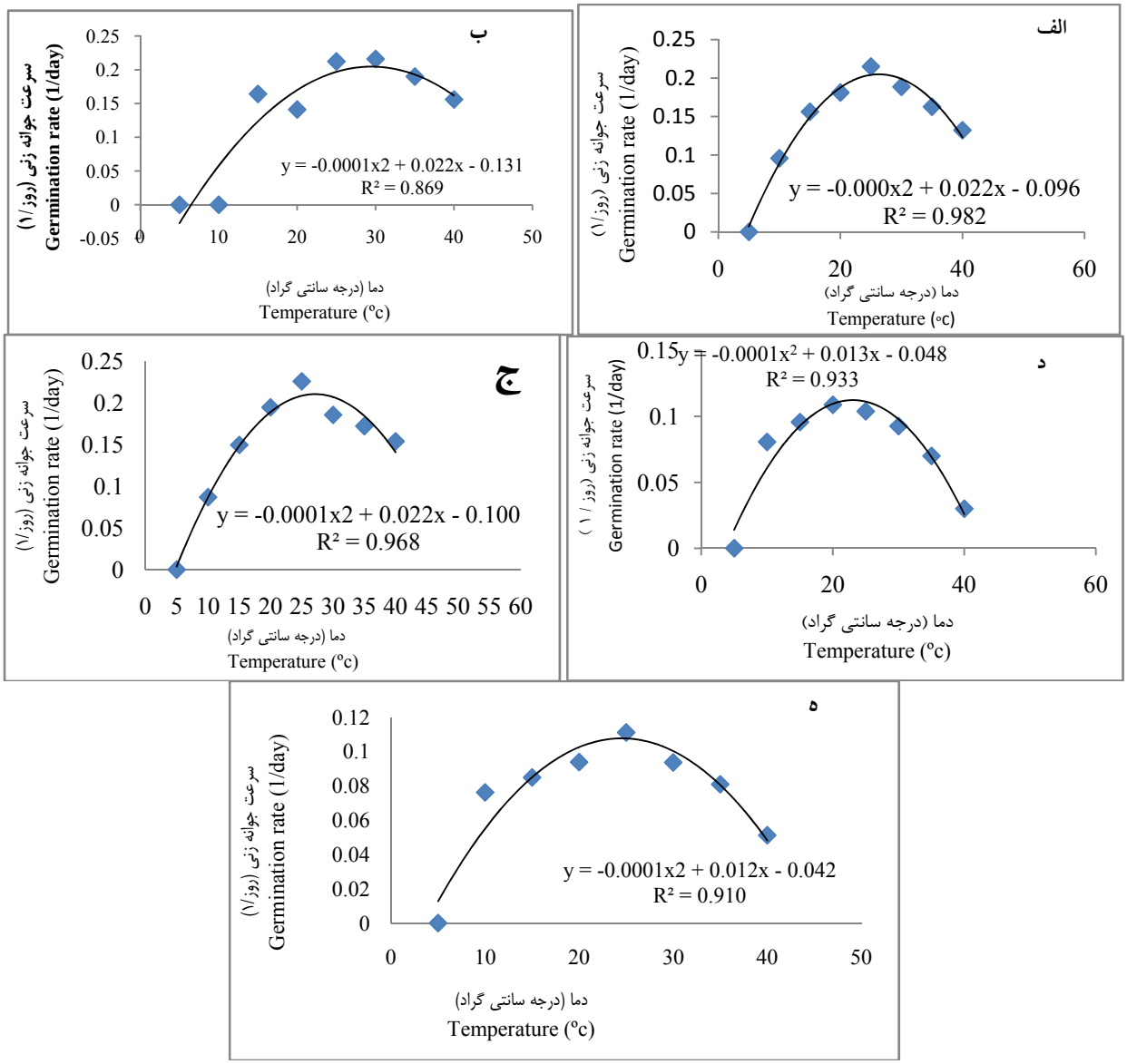
جدول ۱- تجزیه واریانس اثر دماهای مختلف بر طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه و شاخص بنیه گیاهچه در پنج رقم چمن

Table1- Source of variationofthe effect of diferent temperatures on germination percentage, germination rate, plumule length, radical length, radical length / plumulelength and vigor index in five turf grass cultivars seeds

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول ساقه‌چه Plumule length	طول ریشه‌چه Radical length	نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه Radical length / Plumulelength	شاخص بنیه گیاهچه Vigor index
درجه حرارت Temperature	7	11657.6**	878.3**	44.53**	21.38**	1.15**	1.02**
رقم Cultivar	4	8434.5**	679.9**	45.36**	46.32**	1.84**	0.344**
درجه حرارت * رقم Temprature×Cultivar	28	279.1**	58.6**	2.61**	2.86**	0.36**	0.094**
خطا Error	117	46.8	0.19	0.096	0.056	0.0027	0.0031
ضریب تغییرات CV	-	12.6	3.97	8.29	5.48	9.17	12.2

*و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

* and ** are significant at the 5 and 1% probability level, respectively



شکل ۱- تاثیر دماهای مختلف بر سرعت جوانه‌زنی در پنج رقم چمن؛ لولیوم (الف)، برموداگراس (ب)، آستریکس (ج)، الدورادو (د) و استارلت (ه).

Figure 1- Effect of diferent temparatures on germination rate in Lolium, Bermuda grass, Asterix, Eldorado andStarlet

نتایج برهمکنش دما و رقم نشان داد که در ارقام لولیوم، آستریکس، استارلت و الدورادو بالاترین شاخص بنیه گیاهچه به ترتیب برابر ۰/۵۹، ۰/۴۴، ۰/۴۹و ۰/۸۵ در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بدست آمد (جدول ۶). همچنین بیشترین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در همین درجه حرارت و در ارقام لولیوم، آستریکس، استارلت و الدورادو حاصل شد (جداول۷ و ۸). در رقم برموداگراس بیشترین شاخص بنیه گیاهچه در دماهای ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد معادل ۰/۹ بدست آمد (جدول ۶). همچنین بیشترین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در همین رقم و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد حاصل شد (جدول‌های ۷ و ۸). بررسی‌ها نشان می‌دهد (۲ و ۴) که دمای مطلوب برای حداکثر جوانه‌زنی در دامنه ۱۵- ۳۰ درجه سانتی‌گراد برای اکثر گونه‌های گیاهی قرار دارد و این واکنش به ژنتیک گیاه و شرایط اقلیمی که گیاه در آن رشد و نمو کرده بستگی دارد. نتایج آزمایشات نشان می‌دهد که تفاوت در دماهای کاردینال گیاهان باعثظهور غیر همزمان آنها شده و برای استفاده از آنها برای فضای سبز شهری باید با اطلاع از زمان اوج ظهور آنها به عملیات مدیریتی مناسب اقدام کرد (۳ و ۱۱). بنابراین امکان پراکنش جغرافیایی گونه‌ها وابسته به دماهای کاردینال (حداقل، بهینه و حداکثر) وجود دارد. لذا دماهای کاردینال برای پیش بینی مراحل رشد و نمو گیاهان شاخص‌های مناسبی هستند و برای تایید این فرضیه لازم است که آزمایشات متعدد انجام داد.

جدول ۲- اثر دماهای مختلف بر درصدجوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه و شاخص بنیه گیاهچه در بذور پنج رقم چمن

Table 2- Mean comparsion of different temperature effects on germination percentage, germination rate, plumule length, radical length, radicallength / plumule length and vigor index

درجه حرارت Temperature (ºC)	جوانه‌زنی Germination (%)	سرعت جوانه‌زنی germination rate	طول ساقه‌چه Plumule length (cm)	طول ریشه‌چه Radical length (cm)	نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه length Radical/ Plumule	شاخص بنیه گیاهچه Vigor index
5	0.0^{f}	0^{f}	0.04^{h}	0.05^{h}	0^{f}	0.01^{g}
10	60.9^{d}	0.06^{d}	0.33^{g}	0.34^{g}	0.97^{a}	0.056^{f}
15	69.8^{d}	0.13^{d}	1.35^{e}	1.75^{e}	0.77^{b}	0.2^{d}
20	75.6^{c}	0.144^{c}	2.13^{c}	3.32^{b}	0.64^{c}	0.46^{c}
25	79.8^{a}	0.177^{a}	3.17^{a}	4.52^{a}	0.701^{b}	0.65^{a}
30	77.8^{b}	0.155^{b}	2.34^{b}	3.18^{c}	0.73^{b}	0.53^{b}
35	68.2^{d}	0.135^{d}	1.54^{d}	2.44^{d}	0.63^{c}	0.23^{d}
40	55.2^{e}	0.072^{e}	0.5^{f}	1.03^{f}	0.485^{d}	0.15^{e}

میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Means with same alphabet are not significantly different at α=0.05 byDuncan Multiple Range Test.

جدول ۳ -درصدجوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی،طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه و شاخص بنیه گیاهچه در بذور پنج رقم چمن

Table 3- Germination percentage, germination rate, plumule length, radical length, lengthRadical/ Plumuleand vigor index in five turf grass seeds

رقم Cultivar	درصد جوانه‌زنی Germination (%)	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول ساقه‌چه Plumule length (cm)	طول ریشه‌چه Radical length (cm)	شاخص بنیه گیاهچه Vigor index
لولیوم *perenne Lolium*	87^{b}	0.135^{b}	2.95^{f}	3.35^{d}	0.31^{b}
آستریکس *Asterix*	91^{a}	0.138^{a}	1.97^{e}	2.91^{d}	0.2^{c}
استارلت *Starlet*	34^{e}	0.073^{d}	0.73^{d}	1.38^{c}	0.22^{c}
الدورادو *Eldorado*	52.7^{c}	0.072^{d}	0.94^{e}	1.50^{b}	0.36^{a}
برموداگراس *Bermuda grass*	46.9^{d}	0.13^{c}	0.55^{d}	1.09^{cd}	0.35^{a}

میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Means with same alphabet are not significantly different at α=0.05 byDuncan Multiple Range Test.

جدول ٤- اثر درجه حرارت بر سرعت جوانه‌زنی (تعداد در روز) در بذور پنج رقم چمن

Table 4-The effect of temperature on germination rate of five turf grass cultivars seeds

دما Temperature (ºC)	برموداگراس *Bermuda grass*	الدورادو *Eldorado*	استارلت *Starlet*	آستریکس *Asterix*	لولیوم *Lolium perenn*
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.080	0.076	0.086	0.095
15	0.14^{i}	0.095	0.085	0.149^{e}	0.156^{cde}
20	0.164^{f}	0.108	0.094	0.194^{b}	0.181^{bc}
25	0.212^{ab}	0.104	0.121	0.226^{a}	0.215^{ab}
30	0.216^{ab}	0.092	0.093	0.185^{d}	0.188^{bc}
35	0.19^{b}	0.07	0.081	0.172^{c}	0.163^{cd}
40	0.124	0.03	0.051	0.091	0.073

میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Means with same alphabet are not significantly different at α=0.05 byDuncan Multiple Range Test.

جدول ۵- میانگین اثر متقابل درجه حرارت و رقم بر درصد جوانه‌زنی

Table 5- Mean of interaction effect of cultivar and temperature on germination percentage

درجه حررات Temperature (°c)	برموداگراس *Bermuda grass*	الدورادو *Eldorado*	استارلت *Starlet*	آستریکس *Asterix*	لولیوم *Lolium perenn*
5	0^{i}	5^{i}	0^{i}	25^{h}	35^{g}
10	18^{g}	29^{d}	8^{f}	94^{a}	87^{b}
15	35^{g}	71^{d}	55^{e}	98^{a}	90^{ab}
20	42^{f}	81^{c}	72^{d}	99^{a}	84^{b}
25	61^{e}	84^{b}	61^{e}	99^{a}	94^{a}
30	87^{b}	76^{cd}	41^{d}	87^{b}	93^{ab}
35	81^{c}	45^{ef}	24^{e}	69^{de}	86^{b}
40	51^{e}	13^{hi}	11^{i}	45^{ef}	21^{d}

میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Means with same alphabet are not significantly different at α=0.05 byDuncan Multiple Range Test.

جدول ٦- میانگین اثر متقابل درجه حرارت و رقم بر شاخص بنیه گیاهچه

Table 6- Mean of interaction effect of cultivar and temperature on vigor index

درجه حرارت Temperature (°c)	برموداگراس *Bermuda grass*	الدورادو *Eldorado*	استارلت *Starlet*	آستریکس *Asterix*	لولیوم *Lolium perenn*
5	0.0^{h}	0.0^{h}	0.0^{h}	0.0^{h}	0.07^{h}
10	0.0^{h}	0.03^{h}	0.06^{h}	0.04^{h}	0.15^{fg}
15	0.0^{h}	0.15^{fg}	0.25^{f}	0.21^{fg}	0.34^{f}
20	0.48^{ef}	0.73^{c}	0.3^{f}	0.34^{f}	0.43^{ef}
25	0.9^{a}	0.85^{b}	0.49^{e}	0.44^{ef}	0.59^{d}
30	0.9^{a}	0.7^{c}	0.29^{f}	0.31^{f}	0.45^{ef}
35	0.29^{f}	0.25^{f}	0.2^{fg}	0.17^{fg}	0.3^{f}
40	0.24^{f}	0.12^{fg}	0.11^{g}	0.11^{g}	0.17^{fg}

میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Means with same alphabet are not significantly different at α=0.05 byDuncan Multiple Range Test.

جدول ۷- میانگین اثر متقابل درجه حرارت و رقم بر طول ریشه‌چه

Table 7- Mean comparison of interaction effect of cultivar and temperature on Radical length

درجه حرارت Temperature degree (°c)	برموداگراس *Bermuda grass*	الدورادو *Eldorado*	استارلت *Starlet*	آستریکس *Asterix*	لولیوم *Lolium perenn*
5	0.0^{f}	0.0^{f}	0.0^{f}	0.0^{f}	0.2^{ef}
10	0.0^{f}	0.06^{f}	0.15ef	0.56^{e}	0.91^{e}
15	0.0^{f}	0.15^{ef}	0.61^{f}	2.49^{c}	3.52^{bc}
20	0.87^{e}	1.1^{d}	1.29^{d}	3.58^{bc}	3.81^{b}
25	0.98^{e}	2.16^{c}	1.91^{d}	4.13^{b}	6.98^{a}
30	1.1^{d}	1.87^{d}	1.04^{d}	3.11^{bc}	4.68^{b}
35	1.1^{d}	1.79^{d}	0.65^{f}	1.19^{d}	2.73^{c}
40	0.28^{ef}	0.31^{ef}	0.25^{ef}	0.6^{e}	0.4^{ef}

میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Means with same alphabet are not significantly different at α=0.05 byDuncan Multiple Range Test.

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که بین ارقام چمن از نظر واکنش به دماهای کاردینال تنوع وجود دارد، به طوری که دامنه این تنوع در دمای حداقل بین ۴ تا ۸/۷ درجه سانتی‌گراد قرار داشت. دمای مطلوب آنها نیز در فاصله دمایی ۲۳ تا ۳۰/۵ درجه سانتی‌گراد متغیر بود. در ارقام چمن سردسیری بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد حاصل شد. در حالی که در رقم گرمسیری برموداگراس بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد بدست آمد. بیشترین طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، و شاخص بنیه گیاهچه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد حاصل شد. بیشترین نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه در دمای ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد

بدست آمد.

جدول ۸- میانگین اثر متقابل درجه حرارت و رقم بر طول ساقه‌چه

Table 8-Mean comparison of interaction effect of cultivar and temperature on Plumule length

درجه حرارت Temperature (°c)	برموداگراس *Bermuda grass*	الدورادو *Eldorado*	استارلت *Starlet*	آستریکس *Asterix*	لولیوم *Lolium perenn*
5	0.0^{h}	0.0^{h}	0.0^{h}	0.0^{h}	0.23^{fh}
10	0.0^{h}	0.16^{fh}	0.1^{fh}	0.47^{g}	1.04^{f}
15	0.0^{h}	0.9^{f}	0.79^{h}	2.96^{e}	4.1^{c}
20	1.53^{f}	2.6^{e}	2.56^{e}	4.77^{c}	5.15^{b}
25	2.16^{e}	3.89^{d}	3.66^{d}	6.56^{a}	6.33^{a}
30	2.24^{e}	1.8^{f}	1.74^{f}	4.54^{c}	5.59^{b}
35	1.87^{f}	1.9^{f}	1.7^{f}	3^{d}	3.72^{d}
40	0.9^{g}	0.67^{g}	0.53^{g}	0.81^{g}	0.3^{g}

میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Means with same alphabet are not significantly different at α=0.05 byDuncan Multiple Range Test.

جدول ۹- درجه حرارت‌های کاردینال برای پنج رقم چمن

Table 9-Cardinal temperatures for five turf grass cultivar

درجه حرارت‌های کاردینال cardinal temperature (°C)	برموداگراس *Bermuda grass*	الدورادو *Eldorado*	استارلت *Starlet*	آستریکس *Asterix*	لولیوم *Lolium perenn*
درجه حرارت حداقل Min. temperature	8.7	4	4	5	5
درجه حرارت مطلوب Opt. temperature	30.5	23	25.7	28.4	28.6
درجه حرارت حداکثر Max. temperature	49.1	43	46.3	41	45.4

این نتیجه نشانگر این مطلب است که گیاهان مورد مطالعه در شرایط دمای کمتر از دمای مطلوب و در دمای حداقل مورد نیاز جهت رشد گیاهچه، مواد غذایی را در جهت استقرار بهتر گیاهچه و نفوذ بیشتر ریشه مصرف می‌کنند، به نظر می‌رسد می‌توان از آن بعنوان معیاری برای مقاومت به سرما دمای پایین‌تر از دمای مطلوب استفاده کرد. همچنین در ارقام لولیوم، آستریکس، استارلت و الدورادو که سرمادوست هستند. بیشترین طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه و شاخص بنیه گیاهچه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اما در رقم برموداگراس در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد بدست آمد، به نظر می‌رسد علت اصلی آن در گرمسیری بودن رقم برموداگراس و سردسیر بودن ارقام لولیوم، آستریکس، استارلت و الدورادو نسبت داد. بر اساس این نتایج به نظر می‌رسد که واکنش‌پذیری گیاهان مورد مطالعه به تغییرات درجه حرارت هم در درجه حرارت‌های کمتر از مطلوب و هم در درجه حرارت‌های بیشتر از مطلوب روندی متفاوت دارد که نشان می‌دهد زمان اوج‌گیری جوانه‌زنی و کاهش آن در بین گیاهان مختلف متفاوت است که وابسته به ساختار ژنتیکی گیاه و سازگاری‌های تکاملی است که این گیاهان کسب کرده‌اند.

منابع

1- Adam N.R., Dierig T. A., Coffelt and Wintermeyer M. J. 2007. Cardinal temperatures for germination and early growth of two Lesquerella species. Industerial Crops and Products, 25: 24-33.

2- Alm D.M., Stoller E.W., and Wax L.M. 1993. An index model for predicting seed germination and emergencerates. Weed Technology, 7: 560-569.

3- Bannayan M., Nadjafi F., Rastgoo M., and Tabrizi L. 2006. Germination properties of some wild medicinal plantsfrom Iran. Journal of Seed Technology, 28: 80-86.

4- Bewley J.D., and Black M. 1994. Seeds: Physiology of development and germination, and eds. Plenum Press, New York, USA.

5- Bradford K.J. 2002. Application of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination anddormancy.Weed Science, 50:248-260.
6- Cadho K.L., and Rajender G. 1995.Advances in Horticulture Medicinal and Aromatic Plants.Vol. 11. Maldorta.Pub. New Delhi.
7- Dinda K., and Craker L.E. 1998. Growers Guide to Medicinal Plants. HSMP Press. Amherst, MA.
8- Evers G.W. 1991. Germination response of subterranean, berseem and rose clovers to alternating temperatures. Agronomy Journal. 83: 1000-1004.
9- Iannucci A., Fonzo N.Di., and Martiniello P. 2000. Temperature requirements for seed germination in fourannual clovers grown under two irrigation treatments. Seed Science and Technology, 28: 59-66.
10- Jami Al-Ahmadi M., and Kafi M. 2007. Cardinal temperatures for germination of Kochiascoparia (L). Journal of Arid Environments, 68: 308-314.
11- Kamkar B., Koocheki A.R., NassiriMahallati M., and RezvaniMoghaddam P. 2006. Cardinal temperatures forgermination in three millet species (Panicummiliaceum, 11- Pennisetumglaucum and Setariaitalica).AsianJournal of Plant Sciences, 5: 316-319.
12- Kebreab E., and Murdoch A. J. 1999. A model of the effects of a wide range of constant and alternating temperatures on seed germination of four Orobanche species. Annals of Botany, 84: 549-557.
13- Keller M., and Kollmann J. 1999. Effects of seed provenance on germination of herbs for agricultural compensation sites. Agriculture, Ecosystem and Environment, 72: 87-99.
14- Leblanc M.L., 1998. Facteursimpliquesdans la levee des mauuvaisesherbes au champ. Phytoprotetion, 79:111-127.
15- Leblanc M.L. 2003.The use of thermal time to model common lambs quarters (Chenopodium album) seedling emergence in corn.Weed Science.51:718-724
16- Nadjafi F., Koocheki A., RezvaniMoghaddam P., and Rastgoo M. 2007. Evaluation of seed germination characteristics in Nepetabinaludensis, a highly endangered medicinal plant of Iran. Iranian J. of field crops research. 3:4 (2): 1-8.
17- Ovell S., Ellis R.H., Roberts E.H., and Summerfield R. J. 1986.The influence of temperature on seed germinationrate in grain legumes.J.Exp.Bot.37:705-715.
18- Ramin A.A. 1997. The influence of temperature on germination of tareeIrani (*Allium ampeloprasum* L. spp. iranicum W.). Seed Science and Technology, 25: 419-426.
19- Roman E.S., Thomas A.G., Murphy S. D., and Swanton C.G. 1999. Modeling Germination and seedling elongation of common lambsquaters (*Chenopodium album*). Weed Science. 47:149-155.
20- Suzuki H., and Khan A.A. 2000. Effective temperature and duration for seed humidi fication in snapbean (*Phaseolus vulgaris* L.). Seed Science and Technology, 28: 381-389.
21- Tabriz L., NassiriMahallati M., Koocheki A., 2004. Investigations on the cardinal temperatures for germination of Plantagoovata and Plantago psyllium. Iranian journal of field crops research, 12:143-150.
22- Vleeshouwers L.1997. Modelings weed emergence patterns. PhD. Dissettation.Wageningen Agricultural University, Wageningen, the Netherlands. 165 p.
23- Wiese A.M., and Binning L.K. 1987. Calculating the threshold temperature of development for weeds. Weed Science, 35: 177-179.
24- Zeinati E., Soltani A., Galeshi S., andSadati S.J. 2009. Cardinal temperatures, response to temperature and range of thermal tolerance for seed germination in wheat (*Triticumaestivum* L.) cultivars. Electronic Journal crop production, 3 (3): 23-42