Archive of SID

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۶، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۴ (ص ۴۸۳-۴۷۳)

ارزیابی جوانه‌زنی ارقام کنجد در واکنش به دما: تعیین دماهای مهم و مقاومت به دما

فرشید قادری‌فر[۱] و الیاس سلطانی[۲*]
۱. استادیار، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲. استادیار، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشگاه تهران پردیس ابوریحان
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۷/۸ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۵/۱۲)

چکیده

هدف از این تحقیق ارزیابی جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های مختلف کنجد در واکنش به دما بود. با استفاده از دماهای مهم (کاردینال) یعنی کمینه، بهینه و بیشینه شاخص‌های تحمل به دمای بالا و پایین تعیین و ژنوتیپ‌های مختلف از این نظر ارزیابی شدند. به این منظور آزمایش جوانه‌زنی با چهار تکرار ۵۰ بذری در درون اتاقک (انکوباتور)های رشد با دماهای ثابت ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجهٔ سلسیوس روی نه ژنوتیپ کنجد صورت گرفت. در نهایت با تابع دو تکه‌ای، دماهای مهم تعیین شدند و با کمک دماهای مهم بردباری به دماهای بالا و پایین برای ژنوتیپ‌های مختلف تعیین شد. نتایج نشان داد که میانگین دماهای کمینه (پایه)، بهینه (مطلوب) و بیشینه (سقف) در ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی ۱۲/۸، ۳۸/۰ و ۴۹/۳ درجهٔ سلسیوس بود. دامنهٔ بردباری به دماهای زیر بهینه، دماهای بالای بهینه و دامنهٔ بردباری کل به‌ترتیب ۱۱/۳، ۲۵/۲ درجهٔ سلسیوس و ۳۶/۵ درجهٔ سلسیوس تعیین شد. شاخص تحمل به سرما و گرما نیز بین ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری داشتند و میانگین آنها برای ژنوتیپ‌های مختلف به‌ترتیب ۲/۳۷ و ۲/۷۳ درصد بود. در نهایت اینکه، بیشینهٔ میزان جوانه‌زنی، شاخص تحمل به گرما (HTI) و دمای کمینه به ترتیب با ۹۵/۵، ۹۵/۹ و ۹۸/۳ درصد بیشترین توارث‌پذیری را داشتند و کمترین قابلیت توارث به‌ترتیب مربوط به صفت دمای بیشینه با ۳/۲ درصد بود.

واژه‌های کلیدی: دماهای مهم یا کاردینال، مدل غیرخطی، مقاومت به دما.

مقدمه

کنجد گیاهی یکسالهٔ خودگشن از خانوادهٔ پدالیاسه (Pedaliaceae) با نام علمی *Sesamum indicum* L. است. این گیاه یکی از گیاهان دیرینهٔ زراعی است که به علت داشتن درصد بالای روغن از جمله دانه‌های روغنی و به عنوان یک منبع تغذیه‌ای به‌شمار می‌آید (Dadkhah, 2010). در ایران توده‌های محلی زیادی مانند جیرفت، داراب، زرقان، اردستان، مغان و ارومیه وجود دارند که به صورت پراکنده و در سطوح کم کشت می‌شوند (Papari Moghadam Fard & Bahrani, 2005). این گیاه از دانه‌های روغنی مناطق گرم بوده، ولی کشت ارقام جدید آن به مناطق معتدله نیز گسترش یافته است (Papari Moghadam Fard & Bahrani, 2005). کشت این گیاه زراعی در مناطق مختلف ایران می‌تواند اثرگذاری‌های تنش دمایی برای آن را در پی داشته باشد.

تنش دمایی (دماهای بالا یا پایین) اثرگذاری‌های زیانباری بر گیاهان زراعی دارد. به‌طور کلی، دماهای

* تلفن: ۰۹۱۱۲۷۸۲۶۴۴
E-mail: elias.soltani@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

کمتر از ۱۰ درجهٔ سلسیوس باعث آسیب به جوانه‌زنی و سبز شدن می‌شود. دماهای پایین می‌توانند بر مراحل پس از سبز شدن گیاهان زراعی نیز تأثیر منفی داشته باشند. گاهی مشاهده شده است که دماهای پایین موجب از بین رفتن گیاهچه‌های تازه استقرار یافته شده است (McWilliam *et al*., 1998). دماهای بالا نیز می‌توانند کل مادهٔ خشک تولیدی، شمار غلاف‌های در حال نمو، شمار بذرها در غلاف، وزن دانه‌ها و در نهایت عملکرد گیاه را کاهش دهد (Abdul-Baki, 1991). دماهای بالا می‌توانند بر دیگر فرآیندهای غیر زایشی مانند کارایی نورساخت یا فتوسنتز (Bar-Tsur *et al*., 1985)، انتقال آسیملات‌ها (Tanaka *et al*., 1974)، مقاومت میان برگی یا مزوفیلی (Stevens and Rudich, 1987) و غشاهای یاخته‌ای (Chen *et al*., 1982) تأثیر منفی داشته باشند.

مدل‌های مختلفی برای کمی‌سازی تأثیر دما بر جوانه‌زنی در گیاهان مختلف استفاده شده است (Soltani *et al*., 2006; Akramghaderi *et al*., 2008; Soltani *et al*., 2008; Soltani *et al*., 2013a). مشخصه (پارامتر)های این مدل‌ها یعنی دماهای مهم (دمای کمینه، بهینه و بیشینه) کاربردهای مختلفی دارند: (الف) ارزیابی ژن‌نمون‌ها برای مقاومت به دماهای بالا یا پایین (Bibi *et al*., 2004; Setimela *et al*., 2005; Seepaul *et al*., 2011)، (ب) شناسایی مناطق جغرافیایی که گیاه می‌تواند جوانه بزند و رشد کند (Akramghaderi *et al*., 2008; Seepaul *et al*., 2011) و (ج) توسعهٔ مدل‌های مدیریت گیاهان زراعی (Jame *et al*., 2004; Soltani *et al*., 2006; Akramghaderi *et al*., 2008; Soltani *et al*., 2013a).

شناسایی ارقام متحمل به دماهای بالا یا پایین می‌تواند محققان را در اصلاح ارقام جدید یاری داده و انعطاف تاریخ کاشت برای کشاورزان را نیز افزایش دهد. روش‌های مختلفی برای ارزیابی ارقام به دماهای پایین و بالا وجود دارد که برپایهٔ بررسی‌های صحرایی یا آزمایشگاهی هستند. بررسی‌های صحرایی دشوار، ناپایدار و دارای محدودیت فصلی هستند زیرا در شرایط صحرا، دما و رطوبت نوسان‌های زیادی دارند (Setimela *et al*., 2005; Seepaul *et al*., 2011). شرایط محیطی کنترل‌شده برای ارزیابی ارقام به تحمل تنش دمایی پیش از آزمایش‌های صحرایی توصیه می‌شود. این شرایط منجر می‌شود رقمی (ارقامی) که در واقع قابلیت تحمل به تنش‌های گرما یا سرما را دارد شناسایی شود، زیرا در شرایط کنترل‌شده تنها تنش سرما یا گرما وجود دارد و نوسانی در دما یا رطوبت مشاهده نمی‌شود. بررسی‌های مختلفی برای ارزیابی تنوع جوانه‌زنی به تنش گرما یا سرما در گیاهان مختلفی مانند کاهو (Coons *et al*., 1990)، یونجه (Klos & Brummer, 2000a; 2000b)، سورگوم (Setimela *et al*., 2005; Satita *et al*., 2011)، پنبه (Tuck *et al*., 2008) و سویچ‌گراس (Seepaul *et al*., 2011) انجام شده است. همان‌طور که اشاره شد، تعیین دماهای مهم و ارزیابی ارقام در گیاهان مختلف صورت گرفته است، ولی چنین بررسی‌ای در زمینهٔ تعیین دماهای مهم یا ارزیابی ارقام مختلف کنجد به دماهای بالا یا پایین یافت نشد. بنابراین، هدف از این تحقیق ۱. تعیین دماهای مهم، ۲. تعیین دامنهٔ بردباری ژن‌نمون‌های مختلف به تغییرات دما، ۳. ارزیابی تحمل ژن‌نمون‌های مختلف به دماهای بالا یا پایین و ۴. بررسی تنوع ژن‌نمونی و رخ‌نمونی (فنوتیپی) و قابلیت توارث صفات مختلف در ژن‌نمون‌های کنجد برای مرحلهٔ جوانه‌زنی بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش جوانه‌زنی با چهار تکرار ۵۰ بذری در درون اتاقک‌های رشد با دماهای ثابت ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجهٔ سلسیوس روی نه ژن‌نمون (بومی گرگان، بومی شیراز، بومی نکا، داراب ۱۴، داراب ۱، جیرفت ۱۳، دشتستان ۲، دشتستان ۵ و JL13) صورت گرفت. از هر تیمار ۵۰ بذر در درون سه لایه حولهٔ کاغذی به ابعاد ۴۵×۳۰ سانتی‌متر قرار داده شد و سپس در درون اتاقک رشد و در دماهای موردنظر قرار گرفت. طی آزمایش‌ها، بازدید از بذرها هر روز دو بار صورت گرفت و معیار بذرهای جوانه‌زده، خروج ریشه‌چه با اندازهٔ ۲ میلی‌متر یا بیشتر بود. در طول

www.SID.ir

Archive of SID

آزمایش در صورت نیاز آب مقطر به حوله‌ها اضافه شد. برای محاسبهٔ درصد و میزان جوانه‌زنی بذرها از برنامهٔ Germin[v2] (Soltani *et al*., 2013b) استفاده شد. این برنامه، D10 (مدت زمان تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی)، D50 (مدت زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی) و D90 (مدت زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی) را محاسبه می‌کند. این مشخصه‌ها در نسخهٔ جدید Germin از طریق درون‌یابی خطی[1] مدل چاپمن-ریچاردز (این مدل به داده‌های واقعی برازش داده می‌شود) در مقابل، زمان محاسبه می‌شود. به دلیل این که کمترین درصد جوانه‌زنی بین ارقام ۴۰ درصد بود، زمان تا ۴۰ درصد جوانه‌زنی برای محاسبهٔ میزان جوانه‌زنی (R40) استفاده شد. میزان جوانه‌زنی (در ساعت) از طریق فرمول زیر محاسبه شد.:

$$R40=1/D40 \qquad (۱)$$

برای کمی‌کردن واکنش میزان جوانه‌زنی به دما و تعیین دماهای مهم از مدل زیر برای توصیف واکنش میزان جوانه‌زنی به دما در بذرهای کنجد استفاده شد (Soltani *et al*., 2006):

$$R40 = f(T)\, R_{max} \qquad (۲)$$

در این رابطه f(T) تابع دما است که از صفر در دمای کمینه و بیشینه تا یک در دمای بهینه تغییر می‌کند، R*max* بیشترین میزان جوانه‌زنی در دمای بهینه است. بنابراین $1/R_{max}$ کمترین ساعت تا جوانه-زنی را در دمای بهینه نشان می‌دهد. تابع دمایی دو تکه‌ای برای بررسی واکنش جوانه‌زنی بذرهای کنجد به دما در توان (پتانسیل)های بالقوهٔ مختلف به داده‌ها برازش داده شد (Soltani, *et al*., 2006; Soltani *et al*., 2008; Akramghaderi *et al*., 2008; Soltani *et al*., 2013a):

تابع دوتکه‌ای:

$$f(T) = (T - T_b) / (T_o - T_b) \quad \text{if} \quad T_b < T \le T_o \qquad (۳)$$

$$f(T) = (T_c - T) / (T_c - T_o) \quad \text{if} \quad T_o < T < T_c$$

$$f(T) = 0 \quad \text{if} \quad T \le T_b \text{ or } T \ge T_c$$

در این رابطه‌ها T دما، T_b دمای کمینه، T_o دمای بهینه و Tc دمای بیشینه است. مشخصه‌های مدل توسط رویهٔ NLIN در SAS محاسبه شدند (Soltani, 2007). دامنهٔ بردباری دماهای کمتر از بهینه (TOL_1) و بالاتر از بهینه (TOL_2) و کل (TOL_t) از رابطه‌های زیر به دست آمدند (Ramin, 1997; Zeinali *et al*., 2010).

$$TOL_1 = T_o - T_B \qquad (۴)$$
$$= T_c - T_o \; TOL_2$$
$$= T_c - T_B \; TOL_t$$

برای ارزیابی ارقام برای مقاومت به گرما و سرما، شاخص‌های مقاومت به گرما (HTI[2]) و سرما (CTI[3]) با با روش تغییریافتهٔ Seepaul *et al*., (2011) برای هر ژن‌نمون و هر تکرار به صورت زیر محاسبه شدند:

$$HTI = \left[\frac{T_{min_t}}{T_{min_h}} + \frac{T_{opt_t}}{T_{opt_h}} + \frac{T_{max_t}}{T_{max_h}}\right] \times \frac{G_{۴۵}\ Var}{G_{۴۵}\ Ma} \qquad (۵)$$

$$CTI = \left[\frac{T_{min_h}}{T_{min_t}} + \frac{T_{opt_h}}{T_{opt_t}} + \frac{T_{max_h}}{T_{max_t}}\right] \times \frac{G_{۱۵}\ Var}{G_{۱۵}\ Ma} \qquad (۶)$$

در این رابطه‌ها Tmin، Topt و Tmax به ترتیب دماهای کمینه، بهینه و بیشینه برای میزان جوانه‌زنی هستند. در محاسبهٔ شاخص HTI دو ضریب h و t به ترتیب میزان بیشینه و میزان آن برای هر ژن‌نمون هستند، ولی در مورد شاخص CTI ضریب h میزان کمینهٔ مشخصه برای همان صفت است. G45 درصد جوانه‌زنی برای ژن‌نمون (Var) یا میزان بیشینهٔ آن (Max) را در دمای ۴۵ درجهٔ سلسیوس نشان می‌دهد. G15 نیز همان میزان‌ها را برای دمای ۱۵ درجهٔ سلسیوس نشان می‌دهد.

واریانس ژن‌نمونی (Vg) و رخ‌نمونی (Vp) با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد (Wricke & Weber, 1986; Prasad *et al*., 1981; Sunday *et al*., 2007):

$$Vg = [MSg - MSe / r] \qquad (۷)$$
$$Vp = [MSg / r]$$

در این رابطه‌ها MSg، MSe و r به ترتیب میانگین مربعات ژن‌نمون، میانگین مربعات اشتباه آزمایشی و

1. Interpolated

2. Heat Tolerance Index
3. Cold Tolerance Index

www.SID.ir

Archive of SID

شمار تکرار هستند. ضریب تنوع رخ‌نمونی (PCV) و ژن‌نمونی (GCV) با روش Sunday *et al.* (2007) به صورت زیر محاسبه شدند:

$$PCV = [\sqrt{Vp} / X] \times 100 \quad (۸)$$
$$GCV = [\sqrt{Vg} / X] \times 100$$

در این رابطه‌ها X میانگین صفت را نشان می‌دهد. قابلیت توارث (h^2B) بر پایهٔ روش Allard (1999) و Sunday *et al.* (2007) به صورت زیر محاسبه شدند:

$$H^2B = \frac{vg}{vp} \times ۱۰۰ \quad (۹)$$

نتایج و بحث

جوانه‌زنی تجمعی هر ژن‌نمون در دماهای مختلف نشان داده شده است (شکل ۱). جوانه‌زنی بیشتر ژن‌نمون‌ها در دماهای پایین (برای مثال ۱۵ درجهٔ سلسیوس) دیرتر آغاز شد و دیرتر نیز به پایان رسید. با افزایش دما جوانه‌زنی زودتر آغاز شد و به پایان رسید البته افزایش دما تا ۴۵ درجهٔ سلسیوس نیز باعث تأخیر در آغاز و پایان جوانه‌زنی شد. نتیجهٔ تجزیهٔ واریانس نشان داد که اثرگذاری‌های دما، ژن‌نمون و تأثیر متقابل دما در ژن‌نمون بر درصد و میزان جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول۱). برش‌دهی اثرگذاری‌های متقابل نشان داد که اختلاف درصد جوانه‌زنی بین ژن‌نمون‌ها در دماهای ۱۵ و ۲۰ درجهٔ سلسیوس معنی‌دار بود، ولی اختلاف میزان جوانه‌زنی بین ارقام در دماهای ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجهٔ سلسیوس معنی‌دار بود (جدول ۱). در دمای ۱۵ و ۲۰ درجهٔ سلسیوس ارقام داراب ۱ و داراب ۱۴ به ترتیب با ۹۸ و ۹۸/۵ درصد بیشترین درصد جوانه‌زنی را داشتند (جدول ۲). کمترین درصد جوانه‌زنی نیز در این دو دما به ترتیب در ارقام دشتستان۲ و بومی شیراز با ۷۷ و ۸۳ درصد مشاهده شد. کمترین میزان جوانه‌زنی در دمای ۱۵ درجهٔ سلسیوس مشاهده شد. در این دما میزان جوانه‌زنی بین ۰/۰۰۷۸ تا ۰/۰۱۳۹ (بر ساعت) تغییر داشت، ولی بین ارقام اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). بیشترین میزان جوانه‌زنی نیز مربوط به ژن‌نمون بومی شیراز (۰/۲۱۳۰ بر ساعت) در دمای ۴۰ درجهٔ سلسیوس بود. در همهٔ دماهای ۲۵ تا ۴۵ درجهٔ سلسیوس نیز ژن‌نمون بومی شیراز بیشترین میزان جوانه‌زنی را داشت (جدول ۳). در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس ژن‌نمون جیرفت۱۳ کمترین میزان جوانه‌زنی را داشت، ولی در دماهای ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجهٔ سلسیوس ژن‌نمون JL13 کمترین میزان جوانه‌زنی را داشت (جدول ۳).

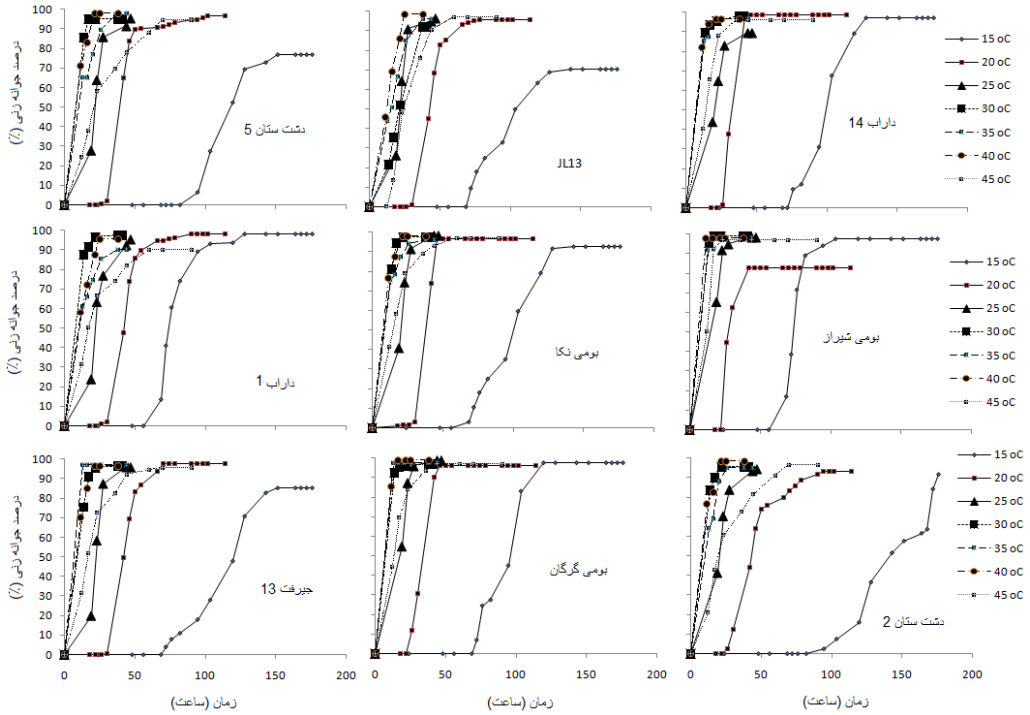
جدول ۱. درجهٔ آزادی و میانگین مربعات ژن‌نمون‌های مختلف در هر دما برای دو صفت درصد جوانه‌زنی و میزان جوانه‌زنی. قسمت پایین جدول و برش‌دهی اثرگذاری‌های متقابل را نشان می‌دهد.

منبع تغییر	درجهٔ آزادی	درصد جوانه‌زنی	میزان جوانه‌زنی
دما (T)	۶	۲۳۶/۴۲**	۰/۱۳۱۵**
خطای اصلی	۲۱	۲۰/۷۴	۰/۰۰۰۱
ژن‌نمون (G)	۸	۷۰/۶۱**	۰/۰۰۹۷**
T × G	۴۸	۸۷/۰۲**	۰/۰۰۱۵**
خطای فرعی	۱۶۸	۱۹/۹۶	۰/۰۰۰۱
برش‌دهی تأثیر متقابل*			
دما (درجهٔ سلسیوس)			
۱۵	۸	۴۰۱/۲۵**	۰/۰۰۰۰۲
۲۰	۸	۹۰/۶۱**	۰/۰۰۰۱
۲۵	۸	۳۳/۳۶	۰/۰۰۱**
۳۰	۸	۱۷/۱۱	۰/۰۰۶**
۳۵	۸	۲۴/۲۵	۰/۰۰۶**
۴۰	۸	۵/۴۴	۰/۰۰۵**
۴۵	۸	۲۰/۶۹	۰/۰۰۱**

* در برش‌دهی تأثیر متقابل اختلاف ژن‌نمون‌ها در هر دما بررسی شد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. روند تجمعی جوانه‌زنی ژن‌نمون‌های مختلف کنجد در دماهای مختلف

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین تأثیر متقابل ژن‌نمون در دما برای صفت درصد جوانه‌زنی

ژن‌نمون	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵
بومی گرگان	۹۷/۵	۹۶/۰	۹۹/۰	۹۷/۰	۹۷/۵	۹۹/۰	۹۷/۰
بومی شیراز	۹۷/۵	۸۳/۰	۹۸/۵	۹۹/۰	۹۸/۰	۹۸/۰	۹۷/۰
بومی نکا	۹۲/۵	۹۶/۵	۹۸/۵	۹۷/۵	۹۶/۰	۹۸/۰	۹۷/۰
داراب ۱۴	۹۷/۰	۹۸/۵	۸۹/۵	۹۸/۰	۹۶/۵	۹۶/۵	۹۶/۰
داراب ۱	۹۸/۰	۹۸/۰	۹۵/۵	۹۷/۵	۹۰/۰	۹۵/۵	۹۰/۰
جیرفت ۱۳	۸۵/۵	۹۷/۵	۹۶/۰	۹۶/۵	۹۷/۰	۹۶/۵	۹۵/۵
دشتستان ۲	۷۷/۰	۹۶/۵	۹۵/۵	۹۵/۰	۹۸/۰	۹۸/۰	۹۴/۵
دشتستان ۵	۹۱/۵	۹۳/۰	۹۴/۵	۹۵/۵	۹۵/۰	۹۸/۵	۹۶/۵
JL13	۹۵/۵	۹۵/۵	۹۶/۵	۹۲/۰	۹۶/۰	۹۸/۵	۹۷/۰
$LSD_{0.05}$	۵/۱۹	۱۰/۰۵	۹/۴۵	۴/۵۴	۴/۴۵	۲/۷۸	۵/۴۸

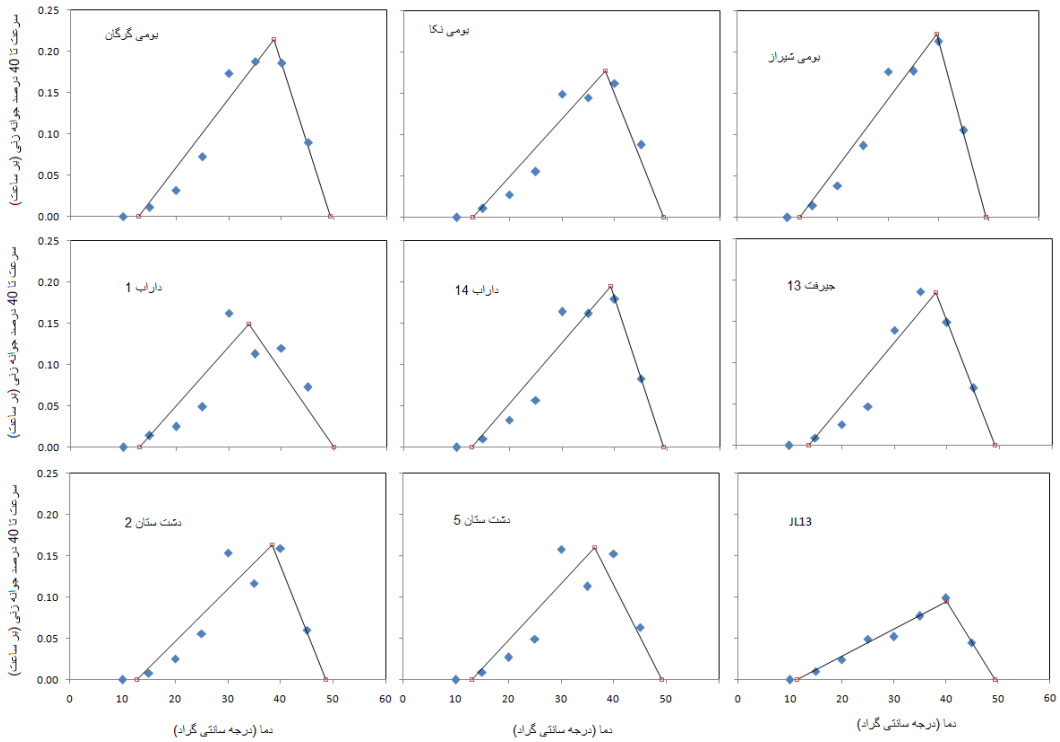
جدول ۳. مقایسهٔ میانگین تأثیر متقابل ژن‌نمون در دما برای صفت میزان جوانه‌زنی

ژن‌نمون	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵
بومی گرگان	۰/۰۱۱۳	۰/۰۳۱۷	۰/۰۷۲۵	۰/۱۷۳۳	۰/۱۸۷۵	۰/۱۸۵۸	۰/۰۸۹۷
بومی شیراز	۰/۰۱۳۹	۰/۰۳۸۶	۰/۰۸۶۸	۰/۱۷۶۹	۰/۱۷۷۰	۰/۲۱۳۰	۰/۱۰۵۵
بومی نکا	۰/۰۱۰۷	۰/۰۲۷۵	۰/۰۵۵۵	۰/۱۴۹۷	۰/۱۴۵۰	۰/۱۶۲۴	۰/۰۸۷۸
داراب ۱۴	۰/۰۱۰۴	۰/۰۳۲۸	۰/۰۵۷۱	۰/۱۶۴۰	۰/۱۶۱۸	۰/۱۷۹۲	۰/۰۸۳۴
داراب ۱	۰/۰۱۳۸	۰/۰۲۴۸	۰/۰۴۸۷	۰/۱۶۲۲	۰/۱۱۳۰	۰/۱۲۰۲	۰/۰۷۲۸
جیرفت ۱۳	۰/۰۰۹۰	۰/۰۲۵۲	۰/۰۴۷۵	۰/۱۳۹۸	۰/۱۸۶۶	۰/۱۴۹۰	۰/۰۶۹۴
دشتستان ۲	۰/۰۰۹۰	۰/۰۲۷۰	۰/۰۴۹۴	۰/۱۵۸۲	۰/۱۱۳۰	۰/۱۵۲۷	۰/۰۶۳۳
دشتستان ۵	۰/۰۰۷۸	۰/۰۲۵۶	۰/۰۵۵۹	۰/۱۵۳۷	۰/۱۱۶۶	۰/۱۵۹۰	۰/۰۶۰۲
JL13	۰/۰۱۰۴	۰/۰۲۴۶	۰/۰۴۹۱	۰/۰۵۲۲	۰/۰۷۷۰	۰/۰۹۸۸	۰/۰۴۵۲
$LSD_{0.05}$	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۷۹	۰/۰۲۲۶	۰/۰۲۵۲	۰/۰۲۱۰	۰/۰۱۸۸

www.SID.ir

Archive of SID

کمی‌سازی میزان جوانه‌زنی ژن‌نمون‌های مختلف در واکنش به دما به‌خوبی انجام شد (شکل ۲). تجزیهٔ واریانس مشخصه‌های مربوط به این توابع در جدول ۴ نشان داده شده است. دمای کمینه و بهینهٔ بین ژن‌نمون‌های مختلف تفاوت معنی‌داری داشتند، ولی دمای بیشینهٔ بین ژن‌نمون‌های مختلف تفاوت معنی‌داری نداشت. ژن‌نمون JL13 با دمای کمینهٔ ۱۱/۴ درجهٔ سلسیوس کمترین و ژن‌نمون‌های جیرفت۱۳ با دمای کمینهٔ ۱۳/۶۷ درجهٔ سلسیوس بیشترین دمای کمینه را داشتند. اختلاف بین ژن‌نمون‌های دشتستان۲، بومی گرگان، دشتستان۵، داراب۱۴، بومی نکا و داراب۱ در دمای کمینه معنی‌دار نبود (جدول ۵). جالب است که ژن‌نمون‌های JL13 که کمترین دمای کمینه را داشت، دارای بیشترین دمای بهینه بودند، به‌طوری‌که دمای بهینه در این ژن‌نمون ۴۰/۲ درجهٔ سلسیوس بود (جدول ۵). ژن‌نمون داراب۱ با ۳۳/۸ درجهٔ سلسیوس کمترین دمای بهینه را داشت. هرچند اختلاف این ژن‌نمون با ژن‌نمون دشتستان۵، معنی‌دار نبود. دمای بیشینه در ژن‌نمون‌های مختلف بین ۴۸/۶ تا ۵۰ درجهٔ سلسیوس تغییر داشت، ولی اختلاف بین ژن‌نمون‌های مختلف معنی‌دار نبود (جدول‌های ۴ و ۵). میزان ذاتی جوانه‌زنی (Rmax) تفاوت معنی‌داری بین ژن‌نمون‌های مختلف داشت (جدول ۴). ژن‌نمون بومی شیراز، بومی گرگان و داراب۱۴ به‌ترتیب با ۰/۱۹۵، ۰/۲۱۴ و ۰/۲۲۲ (بر ساعت) بیشترین میزان ذاتی جوانه‌زنی را داشتند (جدول ۵). بیشینه میزان ذاتی جوانه‌زنی ژن‌نمون JL13 با ۰/۰۹۴ کمترین میزان در بین ژن‌نمون‌ها بود و اختلاف معنی‌داری با دیگر ژن‌نمون‌ها داشت (جدول ۵).



شکل ۲. کمی‌سازی واکنش میزان جوانه‌زنی در برابر دما برای ژن‌نمون‌های مورد ارزیابی

دامنهٔ بردباری دماهای کمتر از بهینه (TOL_1) و بیشتر از بهینه (TOL_2) بین ژن‌نمون‌ها تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۴). ژن‌نمون JL13 با ۲۸/۸ درجهٔ سلسیوس بیشترین دامنهٔ بردباری در دماهای کمتر از بهینه را داشت (جدول ۵). کمترین دامنهٔ بردباری در دماهای زیر بهینه نیز مربوط به ژن‌نمون داراب۱ (۲۰/۸ درجهٔ سلسیوس) بود که اختلاف معنی‌داری با ژن‌نمون دشتستان۵ نداشت. ژن‌نمون‌های بومی شیراز و JL13 با

www.SID.ir

Archive of SID

۹/۷ و ۹/۴ درجهٔ سلسیوس کمترین دامنهٔ بردباری در دماهای بالای بهینه را داشتند، هرچند اختلاف این دو ژن‌نمون با ژن‌نمون‌های بومی گرگان، بومی نکا، دشتستان۵، جیرفت۱۳، دشتستان۲ و داراب۱۴ معنی‌دار نبود (جدول ۵). در این دامنهٔ دمایی بیشترین بردباری مربوط به ژن‌نمون داراب۱ (۱۶/۲ درجهٔ سلسیوس) بود، ولی اختلاف آن با ژن‌نمون دشتستان۵ معنی‌دار نبود (جدول ۵). دامنهٔ بردباری ژن‌نمون‌ها در کل دماهای کمینه تا بیشینه (TOL_t) نیز بین ژن‌نمون‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۴). دامنهٔ بردباری کل بین ۳۵/۸ (ژن‌نمون جیرفت۱۳) تا ۳۸/۲ درجهٔ سلسیوس (ژن‌نمون JL13) تغییر داشت.

جدول ۴. میانگین مربعات برای صفات دمای کمینه (Tb)، دمای بهینه (To)، دمای بیشینه (Tc)، میزان ذاتی جوانه‌زنی (Rmax)، دامنهٔ بردباری دماهای کمتر از دمای بهینه (TOL1) و بالاتر از بهینه (TOL2) و کل (TOLt) و شاخص مقاومت به سرما (CTI) و گرما (HTI).

منبع تغییر	Tb	To	Tc	Rmax	TOL1	TOL2	TOLt	CTI	HTI
ژن‌نمون	۱/۶۲**	۱۴/۸۶**	۰/۶۸	۰/۰۰۵۹**	۲۱/۶۷**	۱۷/۶۶*	۲/۶۸**	۰/۰,۳۵*	۰/۲۶۰**
باقی‌مانده	۰/۰۷	۳/۱۶	۰/۶۶	۰/۰۰۰۱	۳/۶۹	۵/۵۳	۰/۶۰	۰/۰,۱۲	۰/۰۱۱
ضریب تغییرات	۲/۱۱	۴/۶۸	۱/۶۵	۵/۷۴	۷/۶۲	۲۰/۸۹	۲/۱۳	۳/۹۷	۴/۳۵

شاخص تحمل به سرما (CTI) و گرما (HTI) بین ژن‌نمون‌ها تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۴). ژن‌نمون داراب۱ با میزان شاخص ۲/۶۶ بیشترین میزان تحمل و ژن‌نمون JL13 با میزان ۱/۹۰ کمترین تحمل به سرما را داشت (جدول ۵). در مورد تحمل به گرما، تنها ژن‌نمون داراب۱ با شاخص ۲/۵۰ کمترین تحمل به گرما را داشت و اختلاف آن با دیگر ژن‌نمون‌ها معنی‌دار بود (جدول ۵).

جدول ۵. مقایسهٔ میانگین ژن‌نمون‌ها برای صفات دمای کمینه (Tb)، دمای بهینه (To)، دمای بیشینه (Tc)، میزان ذاتی جوانه‌زنی (Rmax)، دامنهٔ بردباری دماهای کمتر از دمای بهینه (TOL1) و بالاتر از بهینه (TOL2) و کل (TOLt) و شاخص مقاومت به سرما (CTI) و گرما (HTI).

ژن‌نمون	Tb	To	Tc	Rmax	TOL1	TOL2	TOLt	CTI	HTI
بومی گرگان	۱۲/۹۷	۳۸/۶۲	۴۹/۲۶	۰/۲۱۴۰	۲۵/۶۵	۱۰/۶۵	۳۶/۲۹	۲/۵۳	۲/۷۹
بومی شیراز	۱۲/۳۹	۳۹/۷۱	۴۹/۴۵	۰/۲۲۲۲	۲۷/۳۲	۹/۷۴	۳۷/۰۶	۲/۵۷	۲/۷۸
بومی نکا	۱۳/۰۵	۳۸/۱۶	۴۹/۳۲	۰/۱۷۷۴	۲۵/۱۱	۱۱/۱۶	۳۶/۲۷	۲/۴۳	۲/۷۹
داراب۱۴	۱۲/۸۸	۳۹/۲۴	۴۹/۳۳	۰/۱۹۴۷	۲۶/۳۶	۱۰/۰۹	۳۶/۴۵	۲/۵۳	۲/۷۷
داراب۱	۱۳/۰۵	۳۳/۸۴	۵۰/۰۰	۰/۱۴۹۳	۲۰/۷۹	۱۶/۱۷	۳۶/۹۵	۲/۶۶	۲/۵۰
جیرفت ۱۳	۱۳/۶۷	۳۷/۸۰	۴۹/۰۴	۰/۱۸۵۶	۲۴/۱۳	۱۱/۲۴	۳۵/۳۷	۲/۲۲	۲/۷۷
دشتستان۲	۱۲/۷۹	۳۸/۴۴	۴۸/۵۶	۰/۱۶۳۰	۲۵/۶۵	۱۰/۱۲	۳۵/۷۷	۲/۴۳	۲/۷۵
دشتستان۵	۱۳/۰۴	۳۶/۳۷	۴۹/۱۳	۰/۱۵۹۷	۲۳/۳۳	۱۲/۷۶	۳۶/۰۹	۲/۰۶	۲/۶۷
JL13	۱۱/۳۵	۴۰/۱۶	۴۹/۵۱	۰/۰۹۴۳	۲۸/۸۱	۹/۳۵	۳۸/۱۶	۱/۹۰	۲/۷۲
$LSD_{0.05}$	۰/۳۹۳	۲/۵۸۱	۱/۱۸۱	۰/۰۱۴۴	۲/۷۸۸	۱۱/۲۳۸	۱/۱۲۸	۰/۱۵۰	۰/۱۵۷

نتایج نشان داد میانگین دماهای کمینه، بهینه و بیشینه در کنجد ۱۲/۸، ۳۸/۰ و ۴۹/۳ درجهٔ سلسیوس بود (جدول ۶). میانگین میزان ذاتی جوانه‌زنی در بین ژن‌نمون‌ها حدود ۰/۱۷۳ (بر ساعت) بود. دامنهٔ تحمل به دماهای زیر بهینه (۲۵/۲ درجهٔ سلسیوس) نیز گسترده‌تر از دامنهٔ تحمل در دماهای بالای بهینه (۱۱/۳ درجهٔ سلسیوس) بود. به‌طور کلی، میانگین دامنهٔ تحمل ژن‌نمون‌های مختلف به تغییرات دما حدود ۳۶/۵ درجهٔ سلسیوس بود (جدول ۶). نزدیک بودن واریانس‌های رخ‌نمونی و ژن‌نمونی به یکدیگر نشان‌دهندهٔ تأثیر زیاد ژن‌نمون بر این صفات است. در مورد اغلب صفات واریانس رخ‌نمونی و

www.SID.ir

Archive of SID

ژن‌نمونی نزدیک به یکدیگر بودند البته در مورد برخی صفات مانند دمای بیشینه و دامنهٔ تحمل کل اختلاف بین واریانس‌ها بیشتر بود (جدول ۶). ضریب تغییرات ژن‌نمونی صفات نشان می‌دهد که تنوع موجود در صفات مختلف متفاوت است. در بعضی صفات تنوع زیاد و در بعضی صفات تنوع کمی وجود دارد. به یقین هرچه تنوع موجود در صفات بیشتر باشد گزینش در آنها دارای دقت بالاتری خواهد بود (Falconer, 1989).

میانگین شاخص تحمل به سرما و گرما نیز به‌ترتیب ۲/۳۷ و ۲/۷۳ بود. در مورد بیشتر صفات ضریب تنوع رخ‌نمونی بزرگ‌تر از تنوع ژن‌نمونی بود که نشان‌دهندهٔ دخالت تأثیر محیط خواهد بود. هرچه میزان توارث‌پذیری عمومی به ۱۰۰ نزدیک‌تر باشد قابلیت توارث برای آن صفت بیشتر خواهد بود. یعنی شانس انتقال آن صفت از یک ژن‌نمون به ژن‌نمون دیگر بیشتر است. میزان ذاتی جوانه‌زنی، شاخص تحمل به گرما (HTI) و دمای کمینه به ترتیب با ۹۵/۵، ۹۵/۹ و ۹۸/۳ درصد بیشترین قابلیت توارث را داشتند و کمترین قابلیت توارث به‌ترتیب مربوط به صفت دمای بیشینه با ۳/۲ درصد بود.

جدول ۶. میانگین صفت، واریانس ژن‌نمونی و رخ‌نمونی، ضریب تنوع ژن‌نمونی و رخ‌نمونی و توارث‌پذیری عمومی برای صفات دمای کمینه (Tb)، دمای بهینه (To)، دمای بیشینه (Tc)، میزان ذاتی جوانه‌زنی (Rmax)، دامنهٔ بردباری دماهای کمتر از دمای بهینه (TOL1) و بالاتر از بهینه (TOL2) و کل (TOLt) و شاخص مقاومت به سرما (CTI) و گرما (HTI).

صفات	میانگین صفات	واریانس ژن‌نمونی	واریانس رخ‌نمونی	ضریب تنوع ژن‌نمونی	ضریب تنوع رخ‌نمونی	توارث‌پذیری عمومی
دمای کمینه	۱۲/۸۰	۰/۳۹	۰/۴۱	۴/۸۶	۴/۹۷	۹۵/۴۷
دمای بهینه	۳۸/۰۳	۲/۹۲	۳/۷۲	۴/۵۶	۵/۱۴	۷۸/۷۱
دمای بیشینه	۴۹/۲۹	۰/۰۱	۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۷۷	۳/۱۹
میزان ذاتی جوانه‌زنی	۰/۱۷۳۳	۰/۰۰۱۴۵	۰/۰۰۱۴۷	۲۱/۷۸	۲۱/۹۶	۹۸/۳۲
TOL1	۲۵/۲۴	۴/۴۹	۵/۴۲	۹/۲۹	۱۰/۲۰	۸۲/۹۶
TOL2	۱۱/۲۵	۳/۰۳	۴/۴۱	۱۰/۶۱	۱۲/۸۰	۶۸/۷۱
TOLt	۳۶/۴۹	۰/۵۲	۰/۶۷	۱/۸۳	۲/۰۸	۷۷/۴۲
CTI	۲/۳۷	۰/۰۰۵۷	۰/۰۰۸۷	۳۰۰/۸۰	۳۶۹/۱۶	۶۶/۳۹
HTI	۲/۷۳	۰/۰۶۲	۰/۰۶۵	۱۴۰/۲۸	۱۴۳/۲۴	۹۵/۹۲

دما مهم‌ترین عامل تنظیم‌کنندهٔ جوانه‌زنی در بذرهای بدون کمون است، به ویژه در شرایطی که کمبود آب و اکسیژن وجود نداشته باشد (Steinmaus *et al.*, 2000). گزارش‌های مختلفی در مورد تعیین دماهای مهم در گیاهان مختلف وجود دارد (Soltani *et al.*, 2006; Soltani *et al.*, 2008; Akramghaderi *et al.*, 2008; Soltani *et al.*, 2013)، ولی این نخستین گزارش در مورد تعیین دماهای مهم در کنجد بود. در مورد بررسی تنوع ژنتیکی دماهای مهم، دامنهٔ بردباری به دما و مقاومت به دماهای بالا و پایین در ژن‌نمون‌های مختلف کنجد نیز تاکنون چنین ارزیابی صورت نگرفته بود.

تنوع ژنتیکی پایهٔ اصلاح نباتات است که از تکامل طبیعی ناشی شده و از اجزای مهم پایداری نظام‌های زیست شناختی (بیولوژیکی) است. ارزیابی تنوع ژنتیکی در گیاهان زراعی برای برنامه‌های اصلاح نباتات و حفاظت از ذخایر توارثی کاربرد حیاتی دارد. آگاهی از تنوع ژنتیکی در گونه‌های گیاهی برای گزینش نژادهای والدینی در جهت افزایش عملکرد نتاج آنها ضروری است (Mohammadi & Prasanna, 2003). توارث‌پذیری معیاری برای برآورد پاسخ مورد انتظار با گزینش است و در طراحی برنامه‌های اصلاحی موفق استفاده می‌شود (Farshadfar, 1998).

گزینش صفات مرتبط با مقاومت به دماهای بالا و پایین برای افزایش آن بسیار ضروری بوده و در صورتی که گزینش مبتنی بر صفاتی با وراثت‌پذیری بالا باشد، این گزینش مؤثرتر خواهد بود. شایان یادآوری است که این نخستین گزارش در زمینهٔ گزینش صفات

www.SID.ir

Archive of SID

مرتبط با مقاومت به دما در کنجد است. در مورد کارهای همسانی که پیش از این صورت گرفته است می‌توان به Siahposh *et al.* (2003)، در گندم نان بالاترین وراثت‌پذیری‌ها را برای شمار سنبلچه در سنبلهٔ ساقهٔ اصلی (۸۰/۱۴درصد)، شمار دانه در سنبلهٔ فرعی (۷۹/۱۲درصد)، دوام سطح برگ (۷۵/۲۸درصد)، طول سنبله (۷۲/۹۸درصد) و کمترین وراثت‌پذیری‌ها را برای نسبت وزنی سنبله به ساقهٔ اصلی (۱/۰۵درصد) و عملکرد زیست‌توده یا بیولوژیک (۱/۴درصد) گزارش کرده‌اند.آنان وراثت‌پذیری عملکرد دانه را ۲۱/۵ درصد برآورد کرده و علت پایین بودن آن را به نقش عامل‌های محیطی مرتبط کردند.

موفقیت برنامه‌های اصلاحی در مقاومت به سرما یا گرما به شناسایی ژن‌نمون‌های مقاوم به سرما یا گرما بستگی دارد (Seepaul *et al.*, 2011). میزان آسیب گرما یا سرما بستگی به شرایط رطوبتی و مرحلهٔ رشد گیاه دارد. به‌طور معمول در کنجد آسیب سرما در مراحل زایشی کمتر مشاهده می‌شود و در این مرحله بیشتر گیاه در معرض تنش گرما قرار می‌گیرد. درحالی که در مراحل اولیهٔ رشد ممکن است بیشتر در معرض تنش سرما قرار گیرد. برنامه‌های اصلاحی برای بهبود میزان جوانه‌زنی در دماهای پایین با موفقیت در لوبیا (Dickson, 1971)، گوجه‌فرنگی (Cannon *et al.*, 1973; De Vos *et al.*, 1982; Scott & Jones, 1985)، ذرت (Eagles, 1988) و پنبه (Marani & Dag, 1962) انجام شده است. شناسایی ارقام با مقاومت به سرما می‌تواند فرصت‌هایی برای برنامه‌های اصلاحی آینده ایجاد کند و همچنین به کشاورزان انعطاف بیشتری برای گزینش تاریخ کاشت خواهد داد (Tuck *et al.*, 2008). تنش گرما نیز می‌تواند باعث کاهش عملکرد گیاه شود به‌ویژه هنگامی که گلها در حال شکل‌گیری و یا دانه‌ها در حال تشکیل هستند که به‌طور معمول در این زمان‌ها دماها بالاتر خواهند بود. مدت زمانی که گیاه در معرض تنش گرما قرار می‌گیرد نیز اهمیت زیادی دارد. ممکن است افزایش شدید دما در مدت زمانی کوتاه به اندازهٔ افزایش جزئی دما ولی درازمدت باعث افزایش آسیب به گیاه شود. بررسی‌های زیادی روی افزایش مقاومت به دما در گیاهان مختلف صورت گرفته است (Bibi *et al.*, 2004). این برنامه‌ها با موفقیت روی گندم (Reynolds *et al.*, 2001)، لوبیای چشم‌بلبلی (Ismail & Hall, 1999)، علف چمنی کنتاکی (Marcum, 1998)، عشقه (Yeh & Hsu, 2004) و پنبهٔ پیما (Kittock *et al.*, 1988) صورت گرفته است. با این حال این نوشتار نخستین گزارش در مورد ارزیابی ارقام کنجد در مقاومت به سرما و گرما بود.

نتیجه‌گیری نهایی

در این تحقیق: ۱. تأثیر دما بر درصد و میزان جوانه‌زنی ژن‌نمون‌های مختلف کنجد بررسی شد، ۲. دماهای مهم برای ژن‌نمون‌های مختلف کنجد تعیین شد که میانگین دماهای کمینه، بهینه و بیشینه در ژن‌نمون‌های مورد ارزیابی ۱۲/۸، ۳۸/۰ و ۴۹/۳ درجهٔ سلسیوس بود، ۳. دامنهٔ بردباری به دماهای زیر بهینه (میانگین ژن‌نمون‌ها: ۲۵/۲ درجهٔ سلسیوس)، دماهای فوق بهینه (میانگین ژن‌نمون‌ها: ۱۱/۳ درجهٔ سلسیوس) و دامنهٔ بردباری کل (میانگین ژن‌نمون‌ها: ۳۶/۵ درجهٔ سلسیوس) برای ژن‌نمون‌های مختلف تعیین شد، ۴. شاخص تحمل به سرما و گرما نیز برای ژن‌نمون‌های مختلف تعیین شد که میانگین آن به‌ترتیب ۲/۳۷ و ۲/۷۳ بود و ۵. واریانس ژن‌نمونی و رخ‌نمونی، ضریب تنوع ژن‌نمونی و رخ‌نمونی و توارث‌پذیری عمومی برای صفات مورد ارزیابی محاسبه شدند. در نهایت این‌که تنوع مناسبی در مقاومت ژن‌نمون‌های مختلف به دماهای بالا یا پایین وجود دارد که از این تنوع می‌توان برای اصلاح ارقام جدید کنجد مقاوم به دماهای بالا یا پایین استفاده کرد.

REFERENCES

1. Abdul-Baki, A.A. (1991). Tolerance of Tomato Cultivars and Selected Germplasm to Heat Stress. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 116, 1113-1116.
2. Akramghaderi, F., Soltani, A. & Sadeghipour, H.R. (2008). Cardinal temperature of germination in medical pumpkin (*Cucurbita pepo* conver *pepo* var. *styriaca*), borago (*Borago officinalis* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.). *Asian Journal of Plant Science*, 2, 101-109.

www.SID.ir

Archive of SID

3. Allard, R. W. (1999) *Principles of Plant Breeding*, 2nd edition New York: John Wiley and sons.
4. Bar-Tsur, A., Rudich, J. & Bravdo, B. (1985). High temperature effects on CO2 gas exchange in heat-tolerant and sensitive tomatoes. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 110, 582-586.
5. Bibi, A.C., Oosterhuis, D.M., Gonias, E.D. & Bourland, F.M. (2004). *Screening a Diverse Set of Cotton Cultivars for High Temperature Tolerance*. AAES Research Series 533, Summaries of Arkansas Cotton Research.
6. Cannon, O.S., Gatherum, D.M. & Miles, W.G. (1973). Heritability of low temperature seed germination in tomato. *Horticultural Science*, 8, 404-405.
7. Chen, H., Shen, Z.Y. & Li, P.H. (1982). Adaptability of crop plants to high temperature stress. *Crop Science*, 22, 719-725.
8. Coons, J.M., Kuehl, R.O. & Simons, N.R. (1990). Tolerance of ten lettuce cultivars to high temperature combined with NaCl during germination. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 115, 1004-1007.
9. Dadkhah, A. (2010). Salinity effect on germination and seedling growth of four medicinal plants. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 26, 358-369. (in Farsi)
10. De Vos, D.A., Hill, Jr. R.R. & Hepler, R.W. (1982). Response to selection for low temperature sprouting ability in tomato populations. *Crop Science*, 22, 876-879.
11. Dickson, M.H. (1971). Breeding beans, *Phaseolus vulgaris* L., for improved germination under unfavorable low temperature conditions. *Crop Science*, 11, 848-850.
12. Eagles, H.A. (1988). Inheritance of emergence time at low temperatures in segregating generations of maize. *Theoretical and Applied Genetics*, 76, 459-464.
13. Falconer, D.S. (1989). *Introduction to quantitative genetics*. (3rd edition) Longman, New York. 34p and 415p.
14. Farshadfar, E. (1998). *Quantitative genetics in plant breeding*. Pub. Taq Bostan, 1, 528.
15. Ismail, A.M. & Hall, A.E. (1999). Reproductive-stage heat tolerance, leaf membrane thermostability and plant morphology in cowpea. *Crop Science*, 39, 1762-1768.
16. Jame, Y.W. & Cutforth, H.W. (2004). Simulating the effects of temperature and seeding depth on germination and emergence of spring wheat. *Agricultural and Forest Meteorology*, 124, 207-218.
17. Kittock, D.L., Turcotte, E.L. & Hofmann, W.C. (1988). Estimation of heat tolerance improvement in recent American pima cotton cultivars. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 161, 305-309.
18. Klos, K.L.E. & Brummer, E.C. (2000a). Response of six alfalfa populations to selection under laboratory conditions for germination and seedling vigor at low temperatures. *Crop Science*, 40, 959-964.
19. Klos, K.L.E. & Brummer, E.C. (2000b). Field response to selection in alfalfa for germination rate and seedling vigor at low temperatures. *Crop Science*, 40, 1227-1232.
20. Marani, A. & Dag, J. (1962). Inheritance of the ability of cotton seeds to germinate at low temperature in the first hybrid generation. *Crop Science*, 2, 243-245.
21. Marcum, K.B. (1998). Cell membrane thermostability and whole-plant heat tolerance of Kentucky Bluegrass. *Crop Science*, 38, 1214-1218.
22. McWilliam, S.C., Stokes, D.T. & Scott, R.K. (1998). *Establishment of oilseed rape: the influence of physical characteristics of seedbeds and weather on germination, emergence and seedling surv*ival. Project Report No. OS31, Home-Grown cereals Authority, London.
23. Mohammadi, S.A. & Prasanna, B.M. (2003). Analysis of genetic diversity in crop plants- Salient statistical tools and considerations. *Crop Science*, 43, 1235-1248.
24. Papari Moghadam Fard, A. & Bahrani, M.J. (2005). Efffect of nitrogen fertilizer rates and plant density on some agronomic charactristics, seed yield, oil and protein percentage in two sesame cultivars. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 36, 129-135. (in Farsi)
25. Prasad, S.R., Prakash, R., Sharma, C.M. & Itaque, M.F. (1981). Genotypic and phenotypic variability in quantitative characters in Oat. *Indian Journal of Agricultural Science*, 51, 480-482.
26. Ramin, A.A. (1997). The influence of temperature on germination of taree Irani (*Allium ampeloprasum* L. spp. *iranicum* W.). *Seed Science and Technology*, 25, 414-426.
27. Reynolds, M.P., Ortiz-Monasterio, J.L. & McNab, A. (2001). *Application of physiology in wheat breeding*. CIMMYT. Mexico, D.F.
28. Satita, A., Patanè, C. & Guarnaccia, P. (2011). *Genotypes screening for cold tolerance during germination in sorghum* (*Sorghum bicolor* (L.) Monech) *for energy biomass*. 19th European Biomass Conference and Exhibition, 6-10 June 2011, Berlin, Germany
29. Scott, S.J. & Jones, R.A. (1985). Quantifying seed germination responses to low temperatures: variation among *Lycopersicon* spp. *Environmental and Experimental Botany*, 25, 129-137.

www.SID.ir

Archive of SID

30. Seepaul, R., Macoon, B., Reddy, K.R. & Baldwin, B. (2011). Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) intraspecific variation and thermotolerance classification using *in vitro* seed germination assay. *American Journal of Plant Science*, 2, 134-147.
31. Setimela, P.S., Andrews, D.J., Partridge, J. & Eskridge, K.M. (2005). Screening sorghum seedlings for heat tolerance using a laboratory method. *European Journal of Agronomy*, 23, 103-107.
32. Siahposh, M.R., Emam, Y. & Saeidi, A. (2003). Genotypic variation, heritability, genotypic and phenotypic correlation coefficients of grain yield, its components and some morpho- physiological characters in bread wheat (*Triticum-aestivum* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 5, 86-101. (in Farsi)
33. Soltani, A. (2007). *Application and using of SAS program in statistical analysis*. Jihad- Daneshgahi; Press, Mashhsd, Iran, 180p. (in Farsi)
34. Soltani, A., Robertson, M.J., Torabi, B., Yousedi-Daz, M. & Sarparast, R. (2006). Modeling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. *Agricultural and Forest Meteorology*, 138, 156-167.
35. Soltani, E., Galeshi, S., Kamkar, B. & Akramghaderi, F. (2008). Modeling seed aging effects on the response of germination to temperature in wheat. *Seed Science and Biotechnology*, 2, 32-36.
36. Soltani, E., Soltani, A., Galeshi, S., Ghaderi-Far, F. & Zeinali, E. (2013). Seed Bank Modelling of Volunteer Oil Seed Rape: from Seeds Fate in the Soil To Seedling Emergence. *Planta Daninha*, 31, 267-279.
37. Soltani, E., Soltani, A. & Oveisi, M. (2013). Modeling seed aging effects on the wheat seedling emergence in drought stress: optimizing Germin program to predict emergence pattern. *Journal of Crop Improvement*. (in Farsi, Accepted)
38. Steinmaus, S.J., Prather, T.S. & Holt, J.S. (2000). Estimation of base temperatures for nine weed species. *Journal of Experimental Botany*, 5, 275-286.
39. Stevens, M.A. & Rudich, J. (1987). Genetic potential for overcoming physiological limitations on adaptability, yield, and quality of the tomato. *Horticultural Science*, 13, 673-679.
40. Sunday, O.F., Ayodele, A.M., Babatunde, K.O. & Oluwole, A.M. (2007). Genotypic And Phenotypic Variability for Seed Vigour Traits and Seed Yield in West African Rice (*Oryza sativa* L.) Genotypes. *Journal of American Science*, 3, 34-41.
41. Tanaka, A., Fujita, K. & Kikuchi, K. (1974). Nutrio-physiological studies on the tomato plant: Photosynthetic rates of individual leaves in relation to the dry matter production in plants. *Soil Science Plant Nutrition*, 20, 173-183.
42. Tuck, C., Tan, D., Bange, M. & Stiller, W. (2008). *Cultivar cold tolerance screening using germination chill proto*cols. Research Project 112p.
43. Wricke, H. & Weber, W. E. (1986). *Quantitative genetics and selection in plant breeding. Berlin*: Walter de Gruyter and Co.
44. Yeh, D.M. & Hsu, P.Y. (2004). Heat tolerance in English ivy as measured by an electrolyte leakage technique. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79, 228-302.
45. Zeinali, E., Soltani, A., Galeshi, S. & Sadati, S.J. (2010). Cardinal temperatures, response to temperature and range of thermal tolerance for seed germination in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Electronic Journal of Crop Production*, 3, 23-42. (in Farsi)

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Filed Crop Science, Vol. 46, No. 3, Autumn 2015

Evaluation of seed germination in sesame genotypes in response to temperature: determination of cardinal temperatures and thermal tolerance

Farshid Ghadri-Far[1] and Elias Soltani[2*]

1. Assistant Professor, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Gorgan 49138-15739, Iran

2. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Abureyhan Campus University of Tehran, Pakdasht, Tehran, P.O.Box: 11365/7117, Iran

(Received: Sep. 30, 2013 - Accepted: Aug. 3, 2015)

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate germination of different sesame genotypes on response to temperature. Heat and Cold Tolerance Indexes were determined using cardinal temperatures and evaluations of genotypes were conducted to tolerate high or low temperatures using determined indexes. In order to, germination tests were conducted in fixed temperatures incubators with 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, and 45^{o}C on 9 sesame genotypes, in 4 replications with 50 seeds. Finally, cardinal temperatures were estimated using segmented function, and tolerant genotypes to high or low temperatures were determined using estimated cardinal temperatures. Results indicated that mean of base (T_b), optimum (T_o) and ceiling (T_c) temperatures were 12.8, 38.0 and 49.3^{o}C for studied genotypes. Thermal tolerances in sub-optimal, supra-optimal and total thermal tolerance were 25.2, 11.3, and 36.5^{o}C, respectively. Tolerance index to cold or heat were significantly differed among genotypes, and the mean of them were 2.37 and 2.73. Finally, maximum germination rate, heat tolerance index (HTI) and T_b had the maximum heritability ratio with 98.3, 95.9 and 95.5% and the minimum heritability ratio was 3.2% for T_c.

Keywords: cardinal temperatures, nonlinear model, thermal tolerance.

* Corresponding author E-mail: elias.soltani@ut.ac.ir Tel: +98 911 2782644

www.SID.ir