

تأثیر دما بر مؤلفه‌های جوانه زنی ارقام کلزا^۱

ناصر لطیفی^۱، افشین سلطانی^۲، دین اسپانر^۳

۱، ۲، استاد و دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان ۳، عضو هیئت علمی دانشگاه آبرتا، کانادا
تاریخ پذیرش مقاله ۸۲/۷/۹

خلاصه

جوانه‌زنی زود، سریع، یکنواخت و کامل بذور باعث سبز شدن مطلوب و رشد اولیه سریع گیاه زراعی می‌شود. رشد اولیه مطلوب به نوبه خود باعث دریافت بیشتر تشعشع خورشیدی و افزایش عملکرد می‌گردد. هدف از این تحقیق بررسی واکنش همزمان اجزای جوانه‌زنی کانولا به دماهای زیر مطلوب بود. زمان تا شروع جوانه زنی، درصد نهایی بذور جوانه زده، یکنواختی جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی به عنوان اجزای جوانه‌زنی در نظر گرفته شدند. آزمایش با استفاده از ۹ ژنوتیپ کانولا (از کشورهای آلمان، فرانسه و کانادا) و ۴ دمای ثابت (۴/۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد) به صورت فاکتوریل در اتاقک جوانه زنی اجرا گردید. نتایج نشان داد که دما و ژنوتیپ بر کلیه اجزای جوانه زنی تأثیر معنی‌داری دارند. اثر متقابل دما × ژنوتیپ نیز به استثنای حداکثر جوانه‌زنی، برای سایر اجزای جوانه‌زنی معنی‌دار بود. دماهای کمتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد باعث کاهش درصد نهایی بذور جوانه زده و یکنواختی جوانه‌زنی شدند. در حالی که کاهش دما به کمتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد موجب تأخیر فزاینده در شروع جوانه‌زنی شد. به ویژه کاهش دما از ۱۰ به ۴/۵ درجه سانتی‌گراد تا ۳ برابر شروع جوانه‌زنی را به تأخیر انداخت. دمای پایه جوانه‌زنی برای ژنوتیپ‌ها بین ۰ تا ۴ درجه سانتی‌گراد و دمای مطلوب بین ۱۶ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد بدست آمد. نتیجه‌گیری شد که امکان استفاده از اختلافات ژنوتیپی در جهت بهبود مؤلفه‌های جوانه‌زنی تحت دماهای زیر مطلوب و نیز امکان بهبود دماهای پایه و مطلوب در کانولا وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: دما، جوانه زنی، قدرت اولیه، کانولا.

مقدمه

در ایران سالانه مقادیر زیادی برای واردات روغن هزینه می‌شود. بخش عمده‌ای از روغن مصرفی در کشور را روغن وارداتی تشکیل می‌دهد. از این رو کشت و کار گیاهان روغنی مورد توجه مسئولین کشاورزی قرار گرفته است. در سالهای اخیر نیز سرمایه‌گذاری زیادی در توسعه کشت کانولا در ایران صورت پذیرفته است و سطح زیر کشت این گیاه به سرعت افزایش یافته است.

تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی شیمیایی یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد گیاهان است. در اوایل فصل رشد که گیاه هنوز سبز نشده است و نیز زمانی که پوشش زمین توسط گیاه کامل نگشته است، بخش بزرگی از تشعشع خورشیدی در

اثر برخورد با زمین اتلاف می‌شود. بنابراین، پوشیده شدن سریع سطح زمین با گیاه می‌تواند به افزایش عملکرد منتهی شود. در این زمینه از اواسط دهه ۱۹۹۰، مفهومی بنام قدرت اولیه^۲ طرح شده است (۶، ۱۳)، که به معنی رشد سریع گیاهچه‌ها می‌باشد. قدرت اولیه به ویژه در مناطقی که دارای فصل رشد کوتاه هستند و یا کشت دو محصول در سال رایج است، مزایایی به شرح زیر دارد:

(۱) تحت شرایط آبی و فقدان تنش‌های زیستی و غیرزیستی عملکرد گیاه زراعی به مقدار تشعشع دریافت شده توسط گیاه زراعی بستگی دارد (۵). در این شرایط قدرت اولیه دریافت تشعشع را افزایش می‌دهد و موجب افزایش عملکرد بالقوه

مقدار این مدت زمان کمتر باشد نشاندهنده جوانه‌زنی یکنواخت‌تر (همزمان) بذور می‌باشد. R50 به صورت عکس زمان از کاشت تا زمانی که درصد جوانه زنی تجمعی به ۵۰ درصد حداکثر خود می‌رسد، در نظر گرفته می‌شود.

نیکوفوروک و جاهنسون - فلاناکان (۱۹۹۴) گزارش کردند که دماهای کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد کاهش معنی‌داری در جوانه‌زنی کانولا ایجاد می‌کند. ویژیل و همکاران (۱۹۹۷) برای ۵ رقم کانولا دمای پایه برای سبز شدن را بین ۰/۴ تا ۱/۲ درجه سانتی‌گراد گزارش نمودند. موریسون و همکاران (۱۹۸۹) برای کلزا رقم وستار^۵ دمای پایه را ۵ درجه سانتی‌گراد بدست آوردند. ویلسون و همکاران (۱۹۹۲) در بررسی جوانه زنی ۱۱ رقم علوفه‌ای از گونه‌های *Brassica* (*B. rapa*, *B. napus*, *B. oleracea*, *B. pekinensis*) دریافتند که در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد هیچ بذری جوانه نمی‌زند. در حالی که کندرا و همکاران (۱۹۸۳) ۹۱ درصد جوانه‌زنی را برای کانولا در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد گزارش نمودند. بلک شاو (۱۹۹۱) گزارش کرد که در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد جوانه زنی بیشتر از ۷۰ درصد رخ می‌دهد، اما زمان رسیدن به ۵۰ درصد سبز شدن ممکن است تا ۱۸ روز به طول انجامد. گزارشاتی در سایر گیاهان درباره تاثیر دما بر درصد و سرعت جوانه زنی، رشد گیاهچه و تعیین دماهای اصلی (کاردینال) وجود دارد که از جمله می‌توان به گزارشات کوول و همکاران (۱۹۸۶)، مویل و همکاران (۱۹۹۴)، ماسجیدیس و زنگ (۱۹۹۵)، مویل و همکاران (۱۹۹۴)، بلومنثال و همکاران (۱۹۹۶) و وید و همکاران (۱۹۹۳) اشاره نمود.

به رغم گزارشاتی که به آنها اشاره شد، گزارشی که در آن تاثیر دماهای کمتر از مطلوب به طور همزمان بر کلیه اجزای جوانه زنی (شروع، سرعت، یکنواختی، کامل بودن) کانولا مطالعه شده باشد، یافت نشد. چنین مطالعه‌ای می‌تواند مولفه یا جز حساس‌تر نسبت به دمای پایین را مشخص سازد و سپس به نژادی در جهت بهبود این مولفه صورت گیرد. همچنین اطلاعاتی درباره دمای پایه و نیاز حرارتی جوانه زنی رقمهای انتخاب شده برای این مطالعه وجود نداشت. بنابراین هدف از

خواهد شد. ۲) تحت شرایط دیم، قدرت اولیه می‌تواند از طریق رشد سریع‌تر شاخ و برگ و سایه انداختن روی سطح خاک باعث کاهش تبخیر از سطح خاک شده و قابلیت دسترسی به آب را برای گیاه زراعی افزایش دهد (۶). ۳) رشد بیشتر گیاه در اوایل فصل رشد یعنی زمانی که کمبود فشار بخار اتمسفر (درجه خشکی هوا) پایین می‌باشد، به تثبیت بیشتر CO₂ به ازای هر واحد آب تعرق یافته منتهی خواهد شد (۳، ۱۶). ۴) رشد اولیه سریع و پوشش سریع‌تر خاک در مراحل اولیه رشد همچنین باعث کاهش نفوذ نور به زیر کنوپی شده و قابلیت رقابت گیاه زراعی با علف‌های هرز افزایش پیدا می‌کند (۱۳).

در گرگان کانولا به صورت پاییزه کشت می‌شود و پس از برداشت این گیاه ممکن است کشت دوم (مثل سویا) نیز صورت پذیرد. بنابراین فصل رشد گیاه در منطقه محدود است و افزایش قدرت اولیه برای گیاه می‌تواند یکی از اهداف به نژادی کانولا باشد. به علاوه داشتن اطلاعاتی درباره دمای پایه جوانه زنی و نیاز حرارتی آن برای مدیریت زراعی لازم است.

قدرت اولیه دارای چند مولفه می‌باشد که عبارتند از: جوانه زدن، سبز شدن و رشد گیاهچه. افزایش هر یک از این مولفه‌ها می‌تواند در افزایش قدرت اولیه موثر باشد. هر یک از این مولفه‌ها خود دارای چند مولفه دیگر هستند. زمان تا شروع جوانه‌زنی (D10)^۱، حداکثر مقدار جوانه‌زنی (Gmax)^۲، یکنواختی جوانه‌زنی (GU)^۳ و سرعت جوانه‌زنی (R50)^۴ به عنوان اجزای جوانه‌زنی شناخته شده‌اند (۱۴، ۱۵) که در موفقیت کلی جوانه زدن و در نتیجه قدرت اولیه نقش خواهند داشت. D10 عبارت است از مدت زمان بر حسب روز یا ساعت از کاشت تا زمانی که درصد جوانه‌زنی تجمعی به ۱۰ درصد حداکثر خود برسد. از این زمان به بعد جوانه‌زنی به صورت خطی افزایش خواهد یافت. هر چه مقدار D10 کوچکتر باشد، بدین معنی است که جوانه‌زنی زودتر شروع شده است. یکنواختی جوانه‌زنی (GU) به صورت مدت زمانی که طول می‌کشد تا جوانه زنی از ۱۰ درصد حداکثر خود به ۹۰ درصد حداکثر خود برسد، تعریف می‌شود. هر چه

- 1 . Time to beginning germination
- 2 . Total (maximum) germination
- 3 . Germination uniformity
- 4 . Germination rate

گرفت. بذوری جوانه زده تلقی شدند که طول ریشه چه آنها ۲ میلی‌متر یا بیشتر باشد (۴).

برای ارزیابی اجزای جوانه زنی، در کلیه ترکیبات تیماری (ژنوتیپ - دما) و تکرارها، منحنی پیشرفت درصد جوانه زنی تجمعی در مقابل زمان از کاشت بذور (بر حسب ساعت) ترسیم شد و سپس از این منحنی‌ها زمان از کاشت بذور تا رسیدن به ۱۰ درصد (D10)، ۵۰ درصد (D50) و ۹۰ درصد (D90) حداکثر جوانه زنی با استفاده از روش درون یابی خطی محاسبه شدند. ترسیم و محاسبات مربوطه با استفاده از یک برنامه کامپیوتری که برای همین منظور تهیه شده بود، انجام گردید. زمان تا شروع جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی به صورت زیر تعریف شدند (۱۴، ۱۵):

$$D10 = \text{زمان تا شروع جوانه زنی (ساعت)}$$

$$D10-D90 = \text{یکنواختی جوانه زنی (GU، ساعت)}$$

$$1/D50 = \text{سرعت جوانه زنی (R50، در ساعت)}$$

یکنواختی جوانه‌زنی که به صورت فوق محاسبه می‌شود، یک عدد منفی است که مقادیر پایین آن حاکی از یکنواختی کمتر و مقادیر بالای آن حاکی از یکنواختی بیشتر جوانه‌زنی هستند. عدد مربوط به GU صرف نظر از علامت منفی، مدت زمانی که طول می‌کشد تا جوانه زنی از ۱۰ درصد حداکثر (شروع) به ۹۰ درصد حداکثر (پایان) برسد را نشان می‌دهد.

آنالیز داده‌ها در قالب فاکتوریل انجام شد. مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد انجام شدند. برای تعیین دمای پایه از تجزیه رگرسیون استفاده شد. بدین منظور به داده‌های سرعت جوانه‌زنی (R50) در مقابل دما بسته به رقم یک منحنی درجه ۱ یا درجه ۲ برازش داده شد (شکل ۱). برای مواردی که معادله درجه ۱ $(y = a+bx)$ مناسب بود دمای پایه (Tb، درجه سانتیگراد) به صورت زیر محاسبه گردید:

$$Tb = -a/b$$

در سایر موارد، یعنی مواردی که معادله درجه ۲ $(y=a+bx+bx^2)$ بهتر بود، دمای پایه و دمای مطلوب (To) جوانه زنی به صورت زیر محاسبه شدند:

$$Tb = -a/b$$

$$To = -b/2c$$

این مطالعه بررسی همزمان واکنش اجزای جوانه زنی ۹ ژنوتیپ کانولا (از کشورهای مختلف) به دماهای زیر مطلوب و تعیین دمای پایه برای جوانه زنی بذور بود.

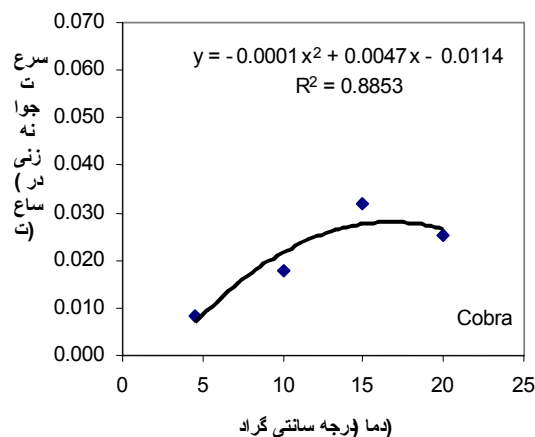
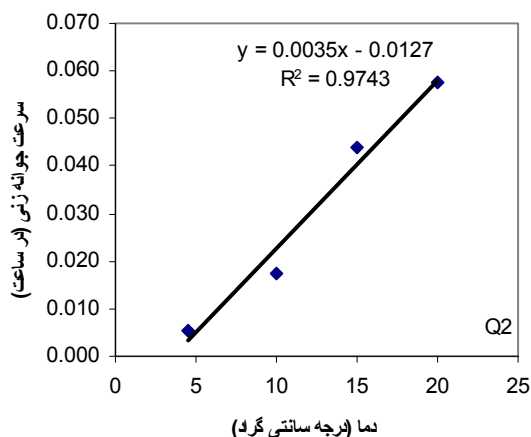
مواد و روش‌ها

آزمایش‌های جوانه‌زنی این تحقیق در دانشگاه آلبرتا، کانادا انجام شدند. در این تحقیق از ۹ ژنوتیپ کانولا به نامهای گولیث^۱ (فرانسه)، کبرا^۲، آپشن^۳ و پی اف^۴ (از آلمان) و سیکلن^۵، اکسل^۶، پیس^۷، کیو^۸ و کوانتوم^۹ (از کانادا) استفاده شد. ارقام فوق در شرایط ایران عمدتاً به صورت پاییزه کشت می‌شوند. برای رفع تاثیر احتمالی محیط تولید بر نتایج جوانه‌زنی، از بذور تولیدی مربوط به فصل قبل از آزمایش که تحت شرایط محیطی آلبرتا تولید شده بودند، استفاده شد.

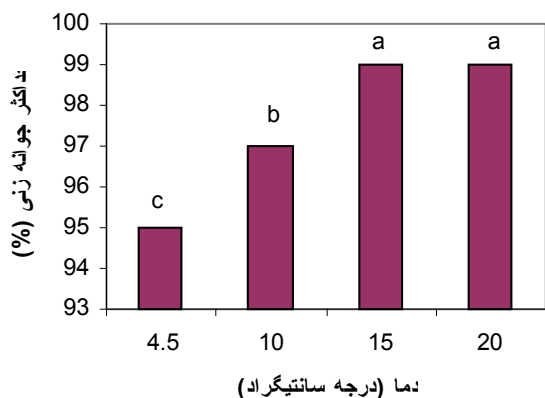
آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار در اتاقکهای جوانه زنی با دقت ± 0.2 درجه سانتیگراد انجام شد. رقم یکی از فاکتورهای مورد مطالعه بود و فاکتور دوم دما بود که با چهار سطح ۴/۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی گراد در نظر گرفته شد. در هر تکرار از ۵۰ عدد بذور سالم و پر در پتری دیش با قطر ۱۰ سانتیمتر استفاده شد. کف پتری دیشها با یک عدد کاغذ صافی واتمن شماره ۱ پوشیده شد و روی بذور نیز یک عدد دیگر از این کاغذ صافی قرار داده شد. پس از قرار دادن بذور در پتری دیشها برای آبیاری از آب مقطر دو بار تقطیر شده به مقدار کافی استفاده گردید. بذور پیش از قرار گرفتن در پتری دیشها با استفاده از محلول هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد به مدت یک دقیقه ضدعفونی شدند. شمارش بذور جوانه زده در فواصل زمانی کمتر از ۱۲ ساعت صورت

1. Goliath
2. Cobra
3. Option
4. PF
5. Cyclone
6. Excel
7. Peace
8. Q2
9. Quantum

استفاده شود، زیرا دماهای کمتر از ۱۵ درجه سانتیگراد باعث کاهش درصد جوانه‌زنی نهایی می‌شوند. حداکثر جوانه‌زنی در کلیه ژنوتیپ‌های مورد بررسی بیشتر از ۹۴ درصد بود. بالاترین درصد جوانه‌زنی به ژنوتیپ آکسل و کمترین درصد جوانه‌زنی به ژنوتیپ آپشن تعلق داشت (شکل ۳).



شکل ۱- نمونه‌هایی از برازش معادله درجه ۱ (بالا) و درجه ۲ (پائین) بر داده‌های سرعت جوانه‌زنی در مقابل دما به منظور تعیین دمای پایه و مطلوب (در صورت امکان).



شکل ۲- تاثیر دما بر حداکثر جوانه‌زنی ۹ ژنوتیپ کانولا.

در معادلات بالا a ، b و c ضرایب رگرسیون هستند. شایان ذکر است که برازش معادله برای هر رقم در بلوک‌های مختلف جداگانه انجام گردید و سپس دماهای کاردینال برای هر رقم در هر بلوک با معادلات بالا محاسبه شدند. سپس دماهای کاردینال خود مورد تجزیه واریانس و مقایسه میانگین قرار گرفتند (نتایج در جدول ۵). علاوه بر این، سری دیگری برازش معادله انجام گردید که در آن کلیه داده‌های یک رقم حاصل از بلوک‌های مختلف یک معادله برازش شد تا معادله پیش بینی برای هر رقم به دست آید (نتایج در جدول ۴).

نتایج و بحث

تاثیر دما و ژنوتیپ بر کلیه اجزای جوانه‌زنی یعنی G_{max} ، D_{10} ، GU و R_{50} بسیار معنی‌دار بود و کلیه اثرات در سطح ۱ یا ۰/۱ درصد معنی‌دار بودند (جدول ۱). اثر متقابل دما × ژنوتیپ نیز به استثنای G_{max} برای سایر مولفه‌های جوانه‌زنی معنی‌دار بود. معنی‌دار بودن اثر متقابل نشان‌دهنده واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها به دما می‌باشد.

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر فاکتورهای مورد مطالعه بر حداکثر جوانه‌زنی (G_{max})، زمان تا شروع جوانه‌زنی (D_{10})، یکنواختی جوانه‌زنی (GU) و سرعت جوانه‌زنی (R_{50}).

	R50	GU	D10	Gmax	
بلوک	۰/۰۰۰۰۰۴ NS	۵/۱ NS	۱۰/۱ NS	۴/۹۳ NS	
دما (T)	۰/۰۰۳۰۲ ***	۳۹۰۶۲/۱ ***	۶۶۲۸۰/۰ ***	۷۹/۱۵ ***	
ژنوتیپ (G)	۰/۰۰۰۵۷ ***	۲۴۱۷/۳ ***	۱۸۹۸۸/۶ ***	۲۲/۴۵ **	
T*G	۰/۰۰۰۱۴۸ ***	۱۶۶۵/۷ ***	۴۴۳۱/۶ ***	۹/۷۹ NS	
خطا	۰/۰۰۰۰۰۲۱	۱۱۹/۴	۳۹/۰	۸/۰۵	
ضریب تغییرات	۸/۱	۱۳/۲	۱۱/۸	۲/۹	

*** و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۰/۱ درصد

NS. غیر معنی‌دار

حداکثر جوانه‌زنی (G_{max})

دماهای کمتر از ۱۵ درجه سانتیگراد باعث کاهش معنی‌دار حداکثر جوانه‌زنی شدند (شکل ۲). کمترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۴/۵ درجه سانتیگراد و بیشترین درصد جوانه‌زنی در دماهای ۱۵ و ۲۰ درجه سانتیگراد حادث شدند. دمای ۱۰ درجه سانتیگراد از این لحاظ در حد واسط بود. بنابراین اگر شرایط کاشت بذر طوری است که جوانه‌زنی در دماهای کمتر از ۱۵ درجه سانتیگراد انجام می‌شود، از مقدار بذر بیشتری باید

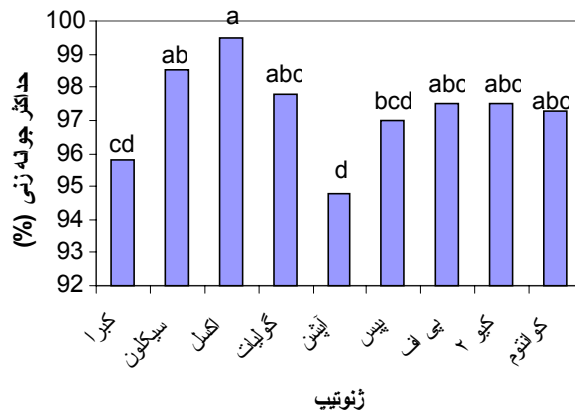
جدول ۲- تاثیر دما و ژنوتیپ بر زمان تا شروع جوانه‌زنی (بر حسب ساعت)

ژنوتیپ	دما (درجه سانتی گراد)				میانگین
	۲۰	۱۵	۱۰	۴/۵	
کبرا	۷ E	۶ D	۱۱ E	۶۷ E	۲۳ e
سیکلون	۵۰ B	۳۴ B	۱۸ DE	۱۹۶ B	۷۵ b
اکسل	۸ E	۲۶ BC	۱۷ DE	۸۷ D	۳۴ d
گولیس	۷ E	۶ D	۲۸ CD	۴۰ F	۲۰ e
آپشن	۶۰ A	۹۹ A	۱۱۸ A	۳۱۶ A	۱۴۸ a
پیس	۲۶ C	۲۱ C	۵۲ B	۴۷ F	۳۶ d
پی اف	۷ E	۲۷ BC	۵۳ B	۶۸ E	۳۸ d
کیو ۲	۳ E	۵ D	۱۳ E	۱۳۱ C	۳۸ d
کوانتوم	۱۹ D	۱۱ D	۳۶ C	۱۸۶ B	۶۳ c
میانگین	۲۱ D	۲۶ c	۳۸ b	۱۲۶ a	

در هر دما اختلافات ژنوتیپها با حروف بزرگ انگلیسی نشان داده شده‌اند. اختلاف مربوط به میانگین دماها و میانگین ژنوتیپها با حروف کوچک مشخص شده‌اند.

یکنواختی جوانه زنی (GU)

یکنواختی جوانه‌زنی در حقیقت طول فاز خطی در منحنی درصد تجمعی جوانه‌زنی در مقابل زمان را نشان می‌دهد. هر قدر طول این مرحله کوتاهتر باشد، حاکی از جوانه‌زنی همزمان بذور است. برعکس، طولانی بودن این مرحله نشان می‌دهد که بذور به طور همزمان جوانه نزنند، بلکه جوانه‌زنی آنها در دوره زمانی بیشتری صورت گرفته است. جوانه‌زنی غیر همزمان در مدت طولانی‌تر احتمال حمله بیماریهای خاک‌زی به بذر و گیاهچه را افزایش می‌دهد و سبب کاهش استقرار کامل گیاهچه‌ها خواهد شد. کمترین یکنواختی جوانه زنی (با میانگین ۱۳۹- ساعت) در دمای ۴/۵ درجه سانتی‌گراد و بیشترین یکنواختی جوانه‌زنی (با میانگین ۵۹- ساعت) در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. البته تفاوت دماهای ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد از این لحاظ معنی‌دار نبود (جدول ۳). به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که مشابه صفت حداکثر جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های کانولا در دمای کمتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد کاهش پیدا می‌کند. تفاوت ژنوتیپها به لحاظ یکنواختی جوانه‌زنی نیز بسیار قابل توجه بود. کمترین یکنواختی جوانه‌زنی به ژنوتیپ آپشن (با متوسط ۱۰۸-ساعت) و بالاترین یکنواختی جوانه‌زنی به ژنوتیپ کیو ۲ (با متوسط ۶۴-ساعت) تعلق داشت. ژنوتیپهای پیس و اکسل نیز از یکنواختی بالایی در جوانه‌زنی برخوردار بودند،



شکل ۳- متوسط حداکثر جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه کانولا

زمان تا شروع جوانه زنی (D10)

منحنی پیشرفت درصد جوانه‌زنی تجمعی در مقابل زمان سیگموئیدی شکل می‌باشد. در این منحنی درصد جوانه‌زنی ابتدا به کندی افزایش می‌یابد، سپس مرحله افزایش خطی در درصد جوانه‌زنی است و در مرحله آخر درصد جوانه‌زنی مجدداً به کندی افزایش پیدا می‌کند. D10 مدت زمان قبل از مرحله افزایش خطی در درصد جوانه‌زنی را نشان می‌دهد و به عبارت دیگر مدت زمان تا شروع موثر افزایش درصد جوانه‌زنی است. هر قدر طول این مرحله کوتاهتر باشد، یعنی فاز خطی افزایش درصد جوانه‌زنی زودتر شروع شود، بهتر خواهد بود. در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه با افزایش دما از ۴/۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد، D10 پیوسته کوتاهتر شد (جدول ۲). مخصوصاً افزایش دما از ۴/۵ به ۱۰ درجه سانتی‌گراد به شدت طول این مرحله را کوتاهتر ساخت. بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نیز اختلافات زیادی به لحاظ این ویژگی وجود داشت. ژنوتیپ آپشن در مجموع دماها، دارای طولانیترین مرحله D10 و ژنوتیپ کبرا و گولیس دارای کوتاهترین مدت زمان از کاشت تا شروع موثر جوانه‌زنی بودند (جدول ۲). این اختلاف ژنوتیپی در به نژادی قابل استفاده خواهد بود.

تاثیر متقابل دما × ژنوتیپ برای D10 معنی‌دار بود. این اثر متقابل نشان‌دهنده رتبه‌بندی متفاوت ژنوتیپها در دماهای مختلف است (جدول ۲). برای مثال، ژنوتیپ کوانتوم در دمای ۴/۵ درجه سانتی‌گراد دارای گروه‌بندی B می‌باشد ولی در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد در گروه C و در دماهای ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد در گروه D قرار گرفت.

شکل ۱ آورده شده است. دلیل استفاده از معادلات مختلف مربوط می‌شود به اختلاف ژنتیکی بین ارقام که باعث شده است واکنشهای متفاوتی به دما نشان دهند. در جدول ۴ معادله مناسب برای هر رقم و ضریب تبیین مربوطه درج شده است. این معادلات حاصل برازش بر کلیه داده‌های یک رقم (از همه بلوکها) هستند.

میانگین سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپها در دمای ۴/۵ درجه سانتیگراد، ۰/۰۰۵ در ساعت، در دمای ۱۰ درجه سانتیگراد، ۰/۰۱۴ در ساعت، در دمای ۱۵ درجه سانتیگراد، ۰/۰۲۶ در ساعت و در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد، ۰/۰۲۷ در ساعت بود(داده‌ها نشان داده نشده‌اند).

در جدول ۵، واکنش پذیری سرعت جوانه‌زنی به دما (b)، دمای پایه (Tb) و دمای مطلوب (To) حاصل از برازش معادلات درجه ۱ و ۲ آورده شده است. میانگین واکنش پذیری به دما برای برای کلیه ژنوتیپها ۰/۰۰۳۲ در ساعت به ازای هر درجه سانتیگراد افزایش دما بود و بین ۰/۰۰۰۰۶ ساعت (ژنوتیپ آپشن) تا ۰/۰۰۵۱ (ژنوتیپ پیس) دامنه داشت (جدول ۴). دمای پایه برای جوانه‌زنی ژنوتیپها بین ۰/۰۳ درجه سانتیگراد تا ۳/۹۲ درجه سانتیگراد دامنه داشت و تفاوت ژنوتیپها از این نظر بسیار معنی‌دار بود.

جدول ۴- معادله مناسب توصیف کننده رابطه سرعت جوانه‌زنی در مقابل دما برای ژنوتیپهای مختلف کانولا. مقادیر ضریب تبیین نیز آورده شده‌اند.

R ²	ژنوتیپ معادله
۰/۹۳	Y = -0.011 + 0.0045 X - 0.00012 X ² کبرا
۰/۹۷	Y = -0.0027 + 0.0018 X - 0.000046 X ² سیکلن
۰/۹۳	Y = -0.0083 + 0.0031X - 0.000058 X ² اکسل
۰/۸۰	Y = -0.0129 + 0.0043 X - 0.000105 X ² گولیاس
۰/۹۴	Y = -0.000024 + 0.000596 X آپشن
۰/۸۱	Y = -0.0154 + 0.00505 X - 0.000156 X ² پیس
۰/۹۴	Y = -0.0030 + 0.00174 X پی اف
۰/۹۶	Y = -0.0144 + 0.00368 X کیو ۲
۰/۹۱	Y = -0.00965 + 0.00357 X - 0.000112 X ² کوانتوم

طوری که در کمتر از ۷۲ ساعت جوانه‌زنی آنها از ۱۰ به ۹۰ درصد حداکثر خود رسید (جدول ۳). اثر متقابل دما × ژنوتیپ برای یکنواختی جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۱)؛ در حالی که در دمای ۴/۵ درجه سانتیگراد ارقام کیو ۲ و سیکلون در گروه برتر (A) قرار داشتند، در دمای ۱۰ درجه سانتیگراد ژنوتیپهای پیس و پی اف در این گروه قرار گرفتند، در دمای ۱۵ درجه سانتیگراد فقط پیس در این گروه قرار داشت و در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد سیکلون و پیس مشترکا در این گروه قرار گرفتند (جدول ۳). بنابراین بسته به شرایط دمایی در زمان کاشت و سبز شدن ممکن است ژنوتیپهای برتر، متفاوت باشند.

جدول ۳- تاثیر دما و ژنوتیپ بر یکنواختی جوانه‌زنی (برحسب ساعت).

ژنوتیپ	دما (درجه سانتی گراد)				میانگین
	۲۰	۱۵	۱۰	۴/۵	
کبرا	-۷۰CDE	-۹۲E	-۷۵B	-۱۴۱BC	-۹۵d
سیکلن	-۳۹A	-۶۱CD	-۱۰۵C	-۹۳A	-۷۴b
اکسل	-۴۹AB	-۲۹AB	-۶۹B	-۱۴۰B	-۷۲ab
گولیاس	-۶۲CDE	-۷۸DE	-۶۹B	-۱۶۰CD	-۹۲cd
آپشن	-۸۲E	-۸۲DE	-۱۰۶C	-۱۶۳D	-۱۰۸e
پیس	-۴۲A	-۲۰A	-۳۴A	-۱۸۲E	-۷۰ab
پی اف	-۷۱DE	-۷۸DE	-۴۲A	-۱۶۰CD	-۸۸cd
کیو ۲	-۵۳ABC	-۴۲BC	-۷۳B	-۸۸A	-۶۴a
کوانتوم	-۶۵BCDE	-۷۷DE	-۶۶B	-۱۲۷B	-۸۴c
میانگین	-۵۹a	-۶۲a	-۷۱b	-۱۳۹c	

در هر دما اختلافات ژنوتیپها با حروف بزرگ انگلیسی نشان داده شده‌اند. اختلاف مربوط به میانگین دماها و میانگین ژنوتیپها با حروف کوچک مشخص شده‌اند.

سرعت جوانه زنی (R50)

تاثیر دما، ژنوتیپ و تاثیر متقابل دما×ژنوتیپ بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بودند (جدول ۱). به همین دلیل واکنش سرعت جوانه‌زنی هر ژنوتیپ به دما جداگانه کمی شد. برای کمی کردن واکنش سرعت جوانه‌زنی به دما برای برخی ژنوتیپها معادله درجه ۱ و سایر ژنوتیپها معادله درجه ۲ مطلوب بودند. برای ژنوتیپهای آپشن، پی اف و کیو ۲ منحنی درجه ۱ مناسب بود که نمونه‌ای از آن در شکل ۱ برای تکرار اول ژنوتیپ کیو ۲ نشان داده شده است. برای سایر ژنوتیپها منحنی درجه ۲ مناسب‌تر بود که نمونه‌ای از آن برای تکرار اول ژنوتیپ کبرا در

پنج ژنوتیپ با دمای مطلوب بین ۱۶/۲ تا ۲۰/۷ درجه سانتیگراد بودند.

نتیجه گیری

از این مطالعه که با هدف بررسی تاثیر دماهای زیر مطلوب و ژنوتیپ بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی ۹ ژنوتیپ کانولا انجام شد، نتیجه‌گیری‌های زیر قابل استنتاج است:

۱) دما تاثیر بسیار معنی‌داری برای کلیه اجزای جوانه‌زنی کانولا دارد، با کاهش دما از ۲۰ تا ۴/۵ درجه سانتیگراد، شروع جوانه‌زنی به سرعت به تاخیر می‌افتد؛ یکنواختی و حداکثر جوانه‌زنی وقتی دچار کاهش می‌شوند که دما به کمتر از ۱۵ درجه سانتیگراد تنزل یابد؛ سرعت جوانه‌زنی نیز با افزایش دما در بالاتر از ۰ تا ۴ درجه سانتیگراد تا رسیدن به ۱۶ تا ۲۰ درجه سانتیگراد، افزایش پیدا می‌کند. بنابراین مؤلفه زمان تا شروع جوانه‌زنی (D10) حساس‌ترین جز جوانه‌زنی به دما می‌باشد.

۲) اختلاف بین ژنوتیپها از نظر کلیه مؤلفه‌های جوانه‌زنی، واکنش پذیری به دما، دمای پایه و دمای مطلوب معنی‌دار است. از این تنوع ژنتیکی می‌توان در به نژادی برای افزایش قدرت اولیه سود جست.

۳) در شرایطی که کاشت بذر در شرایط محیطی با دمای کمتر از ۱۵ درجه سانتیگراد انجام می‌شود، استفاده از مقدار بیشتری بذر توصیه می‌گردد تا جبران کاهش درصد جوانه‌زنی در اثر کاهش دما، بشود.

۴) با کاهش دما به ویژه به کمتر از ۱۵ تا ۱۰ درجه سانتیگراد، جوانه زنی بذور با تاخیر بیشتری شروع می‌شود و در بازه زمانی طولانی‌تری صورت می‌گیرد (یکنواختی کمتر). این شرایط ممکن است باعث شود پاتوژنهای بیماری‌زا فرصت بیشتری را برای حمله به بذور داشته باشند. اما چون در این ارتباط تنوع ژنتیکی قابل توجهی وجود دارد، امکان بهبود از طریق اصلاح گیاهان وجود دارد.

۵) دمای پایه کانولا برای جوانه‌زنی ۰ تا ۴ درجه سانتیگراد می‌باشد. ۶) در شرایطی که به رقم با دمای پایه پایین نیاز باشد، رقم آپشن و پی اف قابل توجه هستند. از طرفی اگر به رقم با دمای مطلوب بالا (برای محیط‌های گرمتر) نیاز باشد، رقم اکسل قابل توصیه است. از ارقام ذکر شده می‌توان در برنامه‌های به نژادی (تلاقی برگشتی) برای شرایط یاد شده استفاده کرد.

متوسط دمای پایه برای ژنوتیپهای مورد مطالعه ۲/۳ درجه سانتیگراد بدست آمد (جدول ۵). که با مقدار گزارش شده ۰/۴ تا ۱/۲ درجه سانتی‌گراد برای ۵ رقم کانولا قابل مقایسه می‌باشد (۱۸). دامنه اختلاف دمای پایه ۳/۸۹ درجه سانتیگراد است (۳/۹۲-۰/۰۳). این دامنه مشابه نتایجی است که برخی دیگر از محققان برای جوانه‌زنی گیاهان زراعی گزارش کرده‌اند. برای مثال، دمای پایه شش رقم آفتابگردان در مطالعه مویل و همکاران (۱۹۹۴) بین ۵/۱ تا ۵/۱ درجه سانتیگراد (دامنه ۴ درجه سانتیگراد) متغیر بود. بلومنتال و همکاران (۱۹۹۶) در شش ژنوتیپ شبدر پنجه کلانگی دمای پایه را بین ۱/۰ تا ۶/۴ درجه سانتیگراد برآورد کردند. اما نتایج این مطالعه با نتایج تحقیق ویژیل و همکاران (۱۹۹۷) در تعیین دمای پایه ارقام کلزا تطابق ندارد. نامبردگان در ۵ رقم کلزا دامنه دمای پایه را ۰/۸ درجه سانتیگراد گزارش کرده‌اند. بدین ترتیب، اختلافات ژنوتیپی مشاهده شده در این مطالعه قابل توجه است و امکان استفاده از آن در به نژادی برای کاهش یا افزایش دمای پایه وجود خواهد داشت.

جدول ۵- مقایسه واکنش پذیری به دما (b) دمای پایه (Tb) و دمای مطلوب (To) در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه کانولا. عکس b (1/b) نیاز

حرارتی برای جوانه‌زنی را نشان می‌دهد

ژنوتیپ	b	Tb	To
کبرا	۰/۰۰۴۵ab	۲/۵۵c	۱۸/۷۵b
سیکلن	۰/۰۰۱۸e	۱/۵۰ d	۱۹/۷۱ b
اکسل	۰/۰۰۳۱d	۲/۶۲bc	۲۹/۰۵a
گولپاس	۰/۰۰۴۳ bc	۲/۹۸ bc	۲۰/۷۲ b
آپشن	۰/۰۰۰۶f	۰/۰۳۰ e	—
پیس	۰/۰۰۵۱ a	۳/۰۳b	۱۶/۲۸ b
پی‌اف	۰/۰۰۱۷ e	۱/۷۳ d	—
کیو ۲	۰/۰۰۳۷cd	۳/۹۲ a	—
کوانتوم	۰/۰۰۳۶ d	۲/۶۹ bc	۱۶/۱۷ b
میانگین	۰/۰۰۳۲	۲/۳۴	۲۰/۱۱

دمای مطلوب جوانه‌زنی برای شش ژنوتیپ از نه ژنوتیپ تعیین شد (جدول ۵). میانگین دمای مطلوب جوانه‌زنی برای این شش ژنوتیپ ۲۰/۱۱ درجه سانتیگراد بود و ژنوتیپها در دو گروه متفاوت قرار گرفتند؛ گروه اول فقط شامل یک ژنوتیپ یعنی اکسل با دمای مطلوب ۲۹ درجه سانتیگراد و گروه دوم شامل

REFERENCES

1. Blackshaw, R.E. 1991. Soil temperature and moisture effects on downy brome vs. winter canola, wheat, and rye emergence. *Crop Sci.* 31: 1034-1040.
2. Blumental, M.J., S. C. Aston, & C. J. Pearson. 1996. Effect of temperature and moisture potential on germination and emergence on *Lotus* sp. *Aust. J. Agric. Res.* 47: 1119-11130.
3. Condon, A.G., R. A. Richards, & G. D. Farquhar. 1993. Relationships between carbon isotope discrimination, water use efficiency and transpiration efficiency for dryland wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 44: 1693-1711.
4. Covell, S., R. H. Ellis, E. H. Roberts, & R. J. Summerfield. 1986. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. *J. Exp. Bot.*, 37: 705-715.
5. Hay, R. K. M. & A. J. Walker. 1989. An introduction to physiology of crop yield. Longman Scientific and Technical, Essex.
6. Lopez-Castaneda, C., R. A. Richards, & D. G. Farquhar. 1995. Variation in early vigor between wheat and barley. *Crop Sci.* 35: 472-479.
7. Lopez-Castaneda, C., R. A. Richards, D. G. Farquhar, & R. E. Williamson. 1996. Seed and seedling characteristics contributing to variation in early vigor among temperate cereals. *Crop Sci.* 36: 1257-1266.
8. Kondra, Z.P., D. C. Campbell, & J. R. King. 1983. Temperature effects on germination of rapeseed. *Can. J. Plant Sci.*, 63: 1063-1065.
9. Morrison, M.J., P. B. E. McVetty, & C. F. Shaykewich. 1989. The determination and verification of a baseline temperature for the growth of Westar summer rape. *Can. J. Plant Sci.*, 69: 455-464.
10. Mosjidis, J. A. & X. Zhang. 1995. Seed germination and root growth of several *Vicia* species at different temperatures. *Seed Sci. Technol.*, 23: 749-759.
11. Mwale, S.S., S. N. Azam-Ali, J. A. Clark, R. G. Bradly, & M. R. Chatha. 1994. Effect of temperature on the germination of sunflower. *Seed Sci. Technol.*, 22: 565-571.
12. Nykofuruk, L. C. & A. M. Johnson-Flanagan. 1994. Germination and early seedling development under low temperature in canola. *Crop Sci.*, 34: 1047-1054.
13. Rebetzke, G. J. & R. A. Richards. 1999. Genetic improvement of early vigor in wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 50: 291-301.
14. Soltani, A., E. Zeinali, S. Galeshi, & N. Latifi. 2001. Genetic variation for and interrelationships among seed vigor traits in wheat from the Caspian Sea coast of Iran. *Seed Sci. Technol.* 29: 653-662.
15. Soltani, A., S. Galeshi, E. Zeinali, & N. Latifi. 2002. Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. *Seed Sci. Technol.*, 30: 51-60.
16. Tanner, C. B. & T. R. Sinclair. 1983. Efficient water use in crop production: Research or re-search? In: Taylor, H.M., W. R. Jordan, & T. R. Sinclair. (Editors.), *Limitations to efficient water use in crop production*. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI, pp. 1-27.
17. Turner, N. C. & M. Nicolas. 1987. Drought resistance of wheat for light textured soils in a Mediterranean climate. In: Sirivastava, J. P., Porceddu, E., Acevedo, E., Varma, S. (Editors), *Drought Tolerance in Winter Cereals*. John Wiley, Chichester, pp. 203-216.
18. Vigil, M.F., R. L. Anderson, & W. E. Beard. 1997. Base temperature and growing- degree-hour requirements for the emergence of canola. *Crop Sci.*, 37: 844-849.
19. Wade, L.J., G. L. Hammer, & M. A. Davey. 1993. Response of germination to temperature amongst diverse sorghum hybrids. *Field Crops Res.*, 31: 295-308.
20. Wilson, R.E., E. H. Jensen, & G. C. J. Fernandez. 1992. Seed germination response to eleven forage cultivars of Brassica to temperature. *Agron. J.*, 84: 200-202.

Effect of Temperature on Germination Components in Canola Cultivars

N. LATIFI¹, A. SOLTANI², AND D. SPANNER³

**1, 2, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural
Sciences, Gorgan, Iran, 3, Department of Plant Science,
University of Alberta, Alberta, Canada**

Accepted. Oct. 1, 2003

SUMMARY

Early, fast and uniform seed germination results in favorable emergence and greater early vigor, which in turn leads to more radiation interception and higher yield. The aim in this research was to investigate the response of germination components of canola to suboptimal temperatures. Days to beginning of germination, final germination percentage, and germination rate and uniformity were considered as components of germination. The experimental design was a factorial one with two factors, nine canola genotypes (from Germany, France and Canada) as well as four temperatures (4.5, 10, 15 and 20°C). The results indicated that temperature and genotype had significant effect on all components of germination. The temperature × genotype interaction was significant for all components except for maximum germination. Temperature lower than 15 °C decreased final germination percentage as well as germination uniformity, while temperature lower than 20 °C delayed time to beginning of germination. Temperature drop especially from 10 to 4.5 °C delayed time to beginning of germination trifold. The base and optimal temperatures for germination were found to be 0 to 4 °C and 16 to 30 °C respectively. It was concluded that it is possible to use the genotypic differences found in this research to improve the components of germination under suboptimal temperatures and it is also possible to improve the base and optimal temperatures in canola.

Key words: Temperature; Germination; Early vigor; Canola.