نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال هفتم / شماره چهارم / زمستان ۱۳۹۶

بررسی آثار تنش خشکی در محیط مادری بر دماهای کاردینال و جوانه‌زنی بذر گونه‌های مختلف جنس *Carthamus*

محمدرضا نظری[۱]، محمدمهدی مجیدی[۲*]، آقافخر میرلوحی[۲] و فاطمه حاجی‌هادی ریسه[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۶)

چکیده

گلرنگ یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی است که به‌طور عمده به‌عنوان یک گیاه دانه روغنی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان کشت می‌شود. این مطالعه با هدف ارزیابی دماهای پایه، بهینه و بیشینه ژنوتیپ‌هایی از گونه‌های مختلف جنس *Carthamus* و همچنین به‌منظور بررسی آثار تنش خشکی در محیط مادری بذر، بر شاخص‌های جوانه‌زنی در قالب طرح کاملاً تصادفی در سال ۱۳۹۳ انجام شد. بدین‌منظور ۱۳ ژنوتیپ از پنج گونه *C. tinctorius*، *C. palaestinus*، *C. oxyacanthus*، *C. glaucus* و *C. lanatus* که از محیط مادری با دو شرایط شاهد و تنش خشکی برداشت شده بودند، در قالب آزمایش فاکتوریل درون اتاقک رشد در ۹ دمای متفاوت شامل ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. نتایج نشان داد که آثار ژنوتیپ، گونه، دما، تنش در محیط مادری و برخی از اثرات متقابل آنها بر روی شاخص‌های جوانه‌زنی در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود و سرعت جوانه‌زنی در دماهای کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد و بالاتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد کاهش معنی‌داری داشت. این آزمایش نشان داد با وجود تفاوت‌های معنی‌دار گونه‌های مورد بررسی از لحاظ درصد و سرعت جوانه‌زنی، تفاوت محسوسی بین دمای کاردینال آنها در شرایط تنش و شاهد وجود ندارد و بنابراین، در صورت استفاده از تلاقی بین گونه‌ای در برنامه‌های اصلاحی، احتمالاً دماهای کاردینال موجب تأثیر منفی در نتاج انتخاب شده در راستای تحمل به تنش خشکی نخواهد شد.

واژه‌های کلیدی: گلرنگ، تنش خشکی، دماهای پایه، بهینه و بیشینه، جوانه‌زنی

۱، ۲ و ۳. به‌ترتیب دانشجوی دکتری، استادان و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: majidi@cc.iut.ac.ir

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2023-02-04]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1396.7.4.3.4]
[DOI: 10.29252/jcpp.7.4.1]

مقدمه

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)، یکی از مهم‌ترین گیاهان دانه روغنی خانواده *Compositae* یا *Asteraceae* می‌باشد. تحمل نسبی بالا به تنش خشکی و شوری، همچنین دورهٔ رشدی کوتاه این گیاه، موجب اهمیت آن به‌منظور کاشت در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌خصوص به‌عنوان کشت دوم گردیده است (۱ و ۱۵). جنس *Carthamus* از ۲۵ گونه تشکیل شده که براساس تعداد کروموزوم به پنج گروه با اعداد کروموزومی ۲۰، ۲۲، ۲۴، ۴۴ و ۶۴ قابل تقسیم است (۷). تاکنون تلاقی‌پذیری گونه‌های مختلف گلرنگ بررسی و مشخص شده است. گونه‌های *C. tinctorius*، *C. oxyacanthus* و *C. palaestinus* قابلیت تلاقی با یکدیگر را داشته و گونه‌های *C. lanatus* و *C. glaucus* نیز با درصد موفقیت پایین‌تری قابل تلاقی با *C. tinctorius* می‌باشند (۱۲). تلاقی گونه‌های خویشاوند نزدیک با ارقام اهلی می‌تواند در ارتقای بسیاری از صفات مهم گیاه به‌ویژه تحمل به تنش‌های محیطی نقش ایفا کند، بنابراین گونه‌های وحشی به‌عنوان منابع مهم اصلاح گیاهان محسوب می‌شوند (۱۱). با توجه به اینکه تلاقی‌های بین گونه‌ای می‌تواند موجب تغییر در برخی از صفات گیاه مورد نظر گردد، بنابراین بررسی صفات مهم در بین گونه‌های قابل تلاقی اهمیت به‌سزایی دارد.

دما یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر در جوانه‌زنی به‌شمار می‌رود که در رشد، توسعه و عملکرد گیاه نیز تأثیر به‌سزایی دارد. همه فرایندهای بیولوژیک پاسخ بذر به دما، در قالب دماهای کاردینال (پایه، بهینه و بیشینه) قابل بررسی است. با توجه به اهمیت دمای جوانه‌زنی در تعیین تاریخ کاشت و مدیریت مصرف آب محصولات کشاورزی، مطالعه فرایند جوانه‌زنی بذر، پایه و اساس موفقیت گیاه برای استقرار در شرایط مختلف آب‌وهوایی محسوب می‌شود (۱۳).

هنگامی که گیاه در معرض تنش قرار می‌گیرد با تغییر بیان مجموعه عظیمی از ژن‌ها، نسبت به تنش موجود پاسخ می‌دهد. در بسیاری از موارد، ژن‌های تنظیم‌کننده پاسخ به تنش، تنها در برخورد با تنش فعال شده و فرایند تحمل به تنش در مدت کوتاهی آغاز شده و با تنظیم بیان ژن‌های متعدد به تنش پاسخ می‌دهد (۵). اما در برخی دیگر این تغییرات قابل توارث بوده و با تقسیم میتوز یا میوز به سلول‌های دختری انتقال پیدا می‌کنند (۴). به‌عبارت دیگر در مقابل نوع خاصی از تنش یک یا مجموعه‌ای از ژن‌ها فعال می‌شوند که پس از رفع عامل تنش‌زا این ژن‌ها خاموش نشده بلکه در زمان‌های بعدی گیاه و نتاج آن، پاسخ متفاوتی نسبت به تنش می‌دهند. بدین‌ترتیب در بلندمدت اثرات اپی‌ژنتیک ایجاد شده و گیاه به‌اصطلاح دارای خاطره تنش می‌شود (۶). بنابراین به هنگام انتخاب گیاهان در راستای تحمل به تنش خشکی، بررسی اثرات تنش در واکنش گیاه نسل بعد بسیار با اهمیت است. بالاشهری و همکاران (۲)، ژنوتیپ‌های گلرنگ زراعی را بررسی نموده و درصد جوانه‌زنی و دماهای پایه، بهینه و بیشینه را محاسبه نمودند. ترابی و همکاران (۱۶) نیز پاسخ به دماهای مختلف را در برخی از ژنوتیپ‌های گلرنگ زراعی بررسی و تفاوت موجود در جوانه‌زنی و سبز شدن ژنوتیپ‌های مورد بررسی نسبت به تغییرات دمایی را اعلام کردند. اما تاکنون بررسی کافی آثار تنش خشکی بر خصوصیات جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های اهلی و خویشاوندان وحشی گلرنگ انجام نگرفته است.

این آزمایش به‌منظور بررسی آثار تغییرات دمایی و تنش خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی گونه‌های مختلف گلرنگ طراحی و اجرا گردید. در همین راستا دمای کاردینال گونه‌های خویشاوند گلرنگ نیز مورد بررسی قرار گرفت و اثر تنش خشکی در محیط مادری بر دمای کاردینال و شاخص‌های جوانه‌زنی تعیین گردید.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی اثرات سطوح مختلف درجه حرارت، بر جوانه‌زنی گونه‌های مختلف گلرنگ و تعیین دماهای کاردینال (پایه، بهینه و بیشینه) برای هرگونه این گیاه، آزمایشی در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی و به‌صورت آزمایش فاکتوریل با نه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2023-02-04]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1396.7.4.3.4]
[DOI: 10.29252/jcpp.7.4.1]

سطح دمایی (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵ درجه سانتی‌گراد)، دو پیش‌تیمار رطوبتی، پنج گونه و سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان در سال ۱۳۹۳ انجام شد. مواد ژنتیکی مورد بررسی شامل ۱۳ ژنوتیپ از ۵ گونه اهلی و وحشی گلرنگ داخلی و خارجی بود که ۳ ژنوتیپ داخلی و ۱۰ ژنوتیپ خارجی مورد بررسی قرار گرفت. اطلاعات مربوط به ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است. ژنوتیپ‌های ایرانی از مناطق مختلف کشور جمع‌آوری شده بود و ژنوتیپ‌های خارجی از طریق سفارش از بانک‌های ژن USDA آمریکا و IPK آلمان تهیه شده بودند. ژنوتیپ‌های مورد آزمایش در اسفندماه ۱۳۹۲ در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان در دو شرایط متفاوت رطوبتی بدون تنش (آبیاری پس از ۳۰ درصد تخلیه آب قابل دسترس گیاه از محدوده ریشه) و تنش خشکی (آبیاری پس از ۸۰ درصد تخلیه آب قابل دسترس گیاه از محدوده ریشه) با سه تکرار کشت گردید. اندازه‌گیری رطوبت خاک با روش سنجش درصد رطوبت وزنی استاندارد از سه عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر، ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متر و ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متر انجام شد. عمق آبیاری از طریق معادله شماره (۱) تعیین گردید:

$$I=(FC-\theta_{irri})\times D\times B \qquad (۱)$$

I: عمق آبیاری (سانتی‌متر)

FC: درصد رطوبت وزنی خاک در ظرفیت زراعی

θ_{irri}: درصد رطوبت وزنی خاک در زمان آبیاری

D: عمق توسعه ریشه

B: چگالی توده خاک در محدوده توسعه ریشه (۱/۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب)

آبیاری به‌صورت قطره‌ای و با استفاده از پمپ مرکزی انجام شد و میزان آب استفاده شده با کمک شمارشگر حجمی آب اندازه گیری شد. بذور برداشت شده از شرایط تنش خشکی و شاهد با محلول هیپوکلرید سدیم ۵٪ به‌مدت ده دقیقه ضدعفونی و سپس با آب مقطر شستشو داده شدند. تعداد ۱۰ عدد بذر بر روی کاغذ صافی واتمن در پتری دیش‌های ۹ سانتی‌متری قرار داده شد و سپس به هر پتری، ۲ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه و در داخل دستگاه ژرمیناتور با دماهای تعیین شده، در شرایط تاریکی قرار گرفت. شمارش بذور جوانه‌زده به‌صورت روزانه انجام شد. در هنگام شمارش، بذوری که طول ریشه‌چه آنها به دو میلی‌متر می‌رسید به‌عنوان بذور جوانه‌زده در نظر گرفته شد. در پایان آزمایش شاخص‌هایی از قبیل درصد، سرعت و زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد از جوانه‌زنی محاسبه شد.

شاخص درصد جوانه‌زنی از طریق معادله (۲) محاسبه شد.

n: تعداد بذر جوانه‌زده در روز آخر و N: تعداد کل بذرها می‌باشد.

$$Gp=(\frac{n}{N})\times 100 \qquad (۲)$$

محاسبه شاخص سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذر در روز) از روش ماگویر و از معادله (۳) انجام شد (۱۴).

$$Rs=\sum_{i=1}^{n}\frac{Si}{Di} \qquad (۳)$$

Si: تعداد بذر جوانه‌زده در هر شمارش

Di: تعداد روز شمارش تا روز nام

نمودارهای مربوط به درصد جوانه‌زنی تجمعی هر گیاه نسبت به زمان، با تابع سیگموئیدی چهار پارامتر (۴) که برازش مناسبی را نسبت به داده‌های آزمایش نشان می‌داد، برازش داده شد.

$$y=y_0+\frac{a}{1+e^{-(\frac{x-x_0}{b})}} \qquad (۴)$$

y: درصد جوانه‌زنی در هر زمان و x: زمان برحسب روز می‌باشد.

سایر پارامترها در فرمول ثابت می‌باشند.

زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی(D50) بذور با استفاده از درون‌یابی خطی بین درصد جوانه‌زنی و روز محاسبه گردید.

به‌منظور محاسبه دماهای کاردینال ابتدا با معکوس زمان

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2023-02-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1396.7.4.3.4]

[DOI: 10.29252/jcpp.7.4.1]

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2023-02-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1396.7.4.3.4]

[DOI: 10.29252/jcpp.7.4.1]

جدول ۱. اطلاعات مربوط به نام، گونه و منشأ ژرم‌پلاسم مورد استفاده جهت بررسی جوانه‌زنی و دمای کاردینال

کد بانک ژن	کد نهایی	گونه	زیرگونه	منشأ
Ct 820	۲	*C. tinctorius*	-	Germany
Ct 734	۶	*C. tinctorius*	-	Spain
Ct (C_{111})	۸	*C. tinctorius*	-	Iran (C_{111})
Cl84	۱۸	*C. lanatus*	Subsp. *montanus* (Pomel) Jahand.&	Tunisia
Cl71	۱۹	*C. lanatus*	Subsp. *turkestanicus* (M.Pop.)Hanelt	Kirgizstan
Co sh2	۲۹	*C. oxyacanthus*	-	Iran(Shiraz 2)
Co af	۳۳	*C. oxyacanthus*	-	Afghanistan
Co c	۲۶	*C. oxyacanthus*	-	Iran (Kermanshah)
Cg 52	۳۷	*C. glaucus M.Bieb*	Subsp. *anatolicus* (Boiss.) Hanelt	-
Cg 45	۳۸	*C. glaucus M.Bieb*	Subsp. *anatolicus* (Boiss.) Hanelt	-
Cp 4	۴۱	*C. palaestinus*	-	Palestine
Cp 6	۴۳	*C. palaestinus*	-	Palestine
Cp 15	۴۶	*C. palaestinus*	-	Palestine

لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی ($\frac{1}{D50}$) براساس تابع سیگموئیدی برازش داده شده، به‌دست آمد. سپس از رگرسیون خطی بین سرعت جوانه‌زنی ($\frac{1}{D50}$) و درجه حرارت‌های مختلف به‌منظور محاسبه دماهای کاردینال استفاده شد. به این ترتیب محور x به‌عنوان متغیر مستقل (دما) و محور Y (سرعت جوانه‌زنی ($\frac{1}{D50}$)) به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. به کمک برازش خطوط رگرسیون درطرفین نقطه بهینه (بالاتر و پایین‌تر از نقطه بهینه)، محل تقاطع خطوط رگرسیون برازش داده شده با محور X، به‌عنوان دمای بیشینه و پایه تخمین زده شد. به‌دلیل کاهش شدید شاخص‌های درصد و سرعت جوانه‌زنی در درجه حرارت‌های ۴۰ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد، این دو دما به‌منظور محاسبه دمای کاردینال از برازش رگرسیون خارج شد. معادله رگرسیون بین سرعت جوانه‌زنی و درجه حرارت ازمعادله (۵) به‌دست آمد (۱۷).

$$\frac{1}{D50}=\alpha_1+b_1T\ (T<T_{opt}) \quad (۵)$$

$$\frac{1}{D50}=\alpha_2+b_2T\ (T>T_{opt}) \quad (۶)$$

معادله نهایی (۶) با احتساب درجه حرارت بهینهT_0، براساس مدل مثلثی (Triangular) برازش داده شد و به این ترتیب دماهای پایه T_b بهینهT_0 و حداکثرT_c تعیین شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودارها به کمک

نرم‌افزارهای SAS و Slide write انجام شد.

نتایج

درصد، سرعت و زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد از جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس این آزمایش نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار دما و گونه‌های مختلف بر روی شاخص‌های درصد، سرعت و زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد از جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۲). تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش و همچنین اثر متقابل معنی دار ژنوتیپ در پیش‌تیمار تنش از نظر درصد، سرعت و زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد از جوانه‌زنی مشاهده گردید. به‌منظور بررسی بهتر این تنوع بین ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ‌ها به اثرات بین گونه‌ها و پنج گونه مورد آزمایش تفکیک گردید (جدول ۲). نتایج نشان داد، تفاوت‌های معنی داری بین پنج گونه آزمایش شده از نظر صفات درصد، سرعت و زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد از جوانه‌زنی وجود دارد. ژنوتیپ‌های درون سه گونه *C. tinctorius*، *C. palaestinus* و *C. lanatus* تفاوت‌های معنی‌داری را از نظر صفات ذکر شده نشان دادند. همچنین اثر متقابل گونه و دما بر سه شاخص جوانه‌زنی معنی دار گردید. پیش‌تیمار رطوبتی (تنش خشکی در محیط مادری) اثر معنی‌داری بر روی GP و Rs داشت، هرچند D50 تحت تأثیر پیش‌تیمار رطوبتی قرار نگرفت. به‌منظور بررسی بهتر اثر متقابل پیش‌تیمار رطوبتی در ژنوتیپ، این اثر نیز به گونه‌های مورد آزمایش تفکیک گردید و نتایج نشان داد که گونه‌های مختلف تا حدودی نسبت به پیش‌تیمار رطوبتی واکنش متفاوتی نشان می‌دهند.

یافته‌های این مطالعه حاکی از اختلاف درصد جوانه‌زنی در دما و گونه‌های مختلف گلرنگ بود. در بین ۵ گونه مورد مطالعه، بالاترین درصد جوانه‌زنی در گونه *C. tinctorius* و کمترین درصد جوانه‌زنی در گونه‌های *C. glaucus* و *C. lanatus* مشاهده گردید (جدول ۳). همان‌گونه که در شکل ۱ و ۲ مشاهده می‌شود، درصد جوانه‌زنی در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر دماها (به‌جز دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد) افزایش داشت. درصد جوانه‌زنی در دامنه دمایی ۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد برتری قابل ملاحظه‌ای را نسبت به سایر دماها داشته و در دماهای ۴۰ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد کاهش شدیدی نشان داده است (شکل ۱). به‌طورکلی افزایش دما موجب کاهش درصد جوانه‌زنی در همه گونه‌های مورد آزمایش گردید، به‌طوری‌که با تغییر دما از ۱۰ درجه سانتی‌گراد به ۴۰ درجه سانتی‌گراد، درصد جوانه‌زنی در مجموع همه ژنوتیپ‌های مورد آزمایش، حدود ۵ برابر کاهش پیدا کرد. پاسخ تقریباً مشابه همه گونه‌ها نسبت به تغییرات دمایی در شکل ۱ قابل مشاهده است.

بیشترین سرعت جوانه‌زنی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و در گونه *C. tinctorius* و کمترین آن در *C.glaucus* در دمای بالاتر از ۴۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد (جدول ۳). با رسم نمودار سرعت جوانه‌زنی در مقابل درجه حرارت، مشاهده شد که سرعت جوانه‌زنی در ابتدا با افزایش دما، افزوده شده به‌طوری‌که در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بیشینه سرعت جوانه‌زنی برای مجموع گونه های اهلی و وحشی مشاهده گردیده و سپس از دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد با شدت بیشتری کاهش پیدا کرده است (شکل ۲).

نتایج این مطالعه نشان داد که شاخص زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی در دماهای نامطلوب افزایش پیدا کرد به‌طوری‌که در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد به بیشترین مقدار خود رسید (شکل ۲). این شاخص اختلاف معنی‌داری را در بین گونه‌های مختلف نشان داد. همچنین اثر متقابل دما و گونه نیز در D50 معنی‌دار شد (جدول ۲).

صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی بین بذور پیش‌تیمار رطوبتی تنش و عدم تنش در گونه‌های مختلف متفاوت بود. بیشترین اختلاف بین بذرهای حاصل از تنش و عدم تنش در ژنوتیپ‌های گونه *C. palaestinus* نمایان شد. به‌صورت کلی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2023-02-04]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1396.7.4.3.4]
[DOI: 10.29252/jcpp.7.4.1]

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس برای شاخص‌های درصد جوانه‌زنی (GP)، سرعت جوانه‌زنی(Rs) و زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی(D50) برای ۵ گونه *Carthamus* مورد مطالعه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)		
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	روز تا ۵۰٪ جوانه‌زنی
ژنوتیپ	۱۲	۱۴۵۴۷**	۸۰۵**	۱۴/۳**
بین گونه‌ها	۴	۳۷۱۲۷**	۱۷۶۸**	۱۹/۶**
C. glaucus	۱	۸۹/۱ns	۱/۸۶ns	۰/۰۷ns
C. lanatus	۱	۱۱۱۶۰**	۳۴۹**	۲/۸۰ns
C. oxyacanthus	۲	۱۶۸ns	۳/۵۸ns	۳/۶۶ns
C. palaestinus	۲	۹۰۶۲**	۸۰۳**	۲۵/۰**
C. tinctorius	۲	۱۵۸۲**	۴۰۹**	۱۲/۰**
پیش‌تیمار	۱	۴۹۵۰**	۲۱۸**	۰/۵۷ns
ژنوتیپ × پیش‌تیمار	۱۲	۱۵۴۴**	۷۲/۶**	۴/۳۷**
گونه × پیش‌تیمار	۴	۳۸۵ns	۶۴/۳*	۴/۹۹*
C. glaucus × پیش‌تیمار	۱	۴۳۷ns	۳/۷۶ns	۱۶/۶**
C. lanatus × پیش‌تیمار	۱	۵۴/۰ns	۱/۲۵ns	۰/۱۸**
C. oxyacanthus × پیش‌تیمار	۲	۳۹۶ns	۲۰/۶ns	۳/۵۱ns
C. palaestinus × پیش‌تیمار	۲	۷۰۷۷**	۲۷۶**	۱/۴۳ns
C. tinctorius × پیش‌تیمار	۲	۵۹۰*	۱۴/۲ns	۲/۶۳*
دما	۸	۳۷۴۵۰**	۱۱۳۴**	۱۲۰**
دما × گونه	۳۲	۱۱۲۹**	۷۸/۰**	۶/۴۶**
دما × پیش‌تیمار	۸	۴۹۵ns	۲۱/۲ns	۱/۴۹ns
گونه× پیش‌تیمار × دما	۳۲	۳۴۷ns	۱۹/۴ns	۲/۰۰ns
ضریب تغییرات (٪)		۲۶/۰	۲۹/۱	۴۵/۱

ns، ** و * به‌ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد

بذرهای تنش دیده در محیط مادری، برای صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی نسبت به شرایط نرمال کاهش و D50 در گونه‌های *C. oxyacanthus* و *C. glaucus* کاهش و در سایر گونه‌ها افزایش نشان داد (شکل ۳).

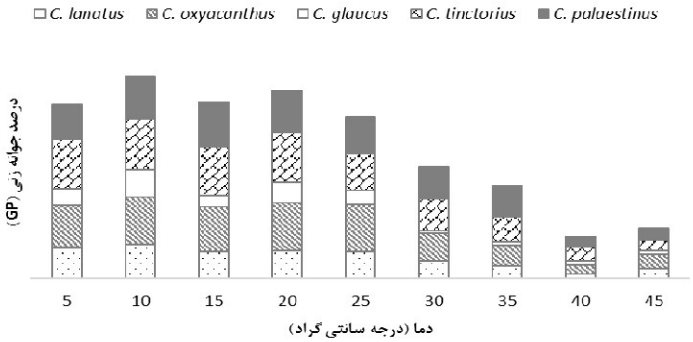
به جهت بررسی بهتر تفاوت‌های موجود بین گونه‌های متفاوت جنس *Carthamus* مقایسات گروهی بین سه گونه *C. tinctorius*، *C. oxyacanthus* و *C. palaestinus* که دارای تعداد کروموزوم‌های برابر (۲۴ کروموزوم) و دو گونه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2023-02-04]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1396.7.4.3.4]
[DOI: 10.29252/jcpp.7.4.1]

جدول ۳. میانگین درصد جوانه‌زنی (GP)، سرعت جوانه‌زنی (Rs) برحسب تعداد بذر جوانه‌زده در روز و زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی (D50) برحسب روز، در دماها و گونه‌های مختلف *Carthamus*

گونه	دما	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	LSD (α=0.05)	میانگین
C. lanatus	Gp	۵۹/۱	۶۶/۶	۵۴/۱	۵۵	۵۳/۳	۳۴/۱	۲۵	۹/۱۶	۱۹/۱	۱/۲۶	۴۱/۸
	Rs	۳/۰۲	۵/۷۹	۵/۷۹	۸/۵۱	۷/۹۸	۴/۵۳	۴/۲۵	۱/۲۶	۱/۱۸	۱/۳۹	۴/۷۹
	D50	۶/۱۷	۳/۷۳	۳/۲۴	۲/۲۵	۲/۱۰	۲/۹۳	۱/۲۷	۱/۴۳	۲/۶۴	۱۵/۵	۲/۸۷
C. oxyacanthus	Gp	۸۴/۴	۹۲/۲	۸۵	۹۲/۲	۹۱/۶	۵۴/۴	۳۸/۸	۱۷/۲	۲۷/۷	۱/۹۵	۶۴/۶
	Rs	۵/۶۳	۱۴/۱	۱۴/۱	۱۸/۲	۱۶/۰۱	۹/۳۷	۶/۸۹	۲/۶۷	۱/۷۸	۲/۹۲	۹/۴۶
	D50	۴/۹۴	۲/۹۷	۱/۸۰	۱/۴۶	۱/۴۶	۲/۳۰	۱/۲۱	۱/۹۶	۲/۹۹	۱۹/۰	۲/۳۴
C. glaucus	Gp	۳۱/۶	۵۳/۳	۲۳/۳	۴۰	۲۶/۶	۵	۶/۶۶	۸/۳۳	۷/۵	۱/۴۲	۲۲/۱
	Rs	۱/۰۴	۱/۷۰	۱/۷۰	۵/۳۲	۳/۱۸	۱/۱۷	۰/۷۷۰	۱/۷۰	۰/۴۷۲	۳/۱۱	۲/۰۷
	D50	۷/۰۵	۳/۹۲	۲/۶۴	۲/۷۳	۱/۶۷	۰/۱۶	۱/۰۳	۰/۶۲	۱/۳۲	۱۴/۴	۲/۳۴
C. tinctorius	Gp	۹۵/۵	۹۸/۸	۹۳/۳	۹۸/۸	۷۱/۶	۶۱/۶	۴۹/۴	۲۷/۲	۲۰	۰/۹۸	۶۸/۶
	Rs	۸/۵۱	۱۷/۳	۱۷/۳	۲۱/۰	۱۳/۰	۱۲/۷	۱۰/۲	۵/۹۹	۱/۲۴	۲/۸۹	۱۱/۸
	D50	۴/۲۶	۱/۹۶	۱/۴۴	۱/۱۸	۱/۵۸	۱/۳۲	۱/۰۸	۰/۷۹	۳/۱۸	۱۴/۵	۱/۸۷
C. palaestinus	Gp	۶۹/۱	۸۳/۶	۸۸/۰	۸۰/۵	۷۳/۰	۶۲/۵	۶۱/۶	۲۰/۵	۲۴/۴	۰/۸۳	۶۱/۵
	Rs	۵/۵۳	۱۵/۹	۱۵/۹	۱۷/۷	۱۳/۲	۱۲/۸	۱۳/۴	۴/۵۵	۱/۵۷	۲/۳۱	۱۰/۶
	D50	۴/۴۲	۲/۲۴	۱/۸۷	۱/۳۸	۱/۹۹	۱/۳۳	۰/۸۴	۰/۶۳	۲/۴۹	۱۰/۴	۱/۹۲

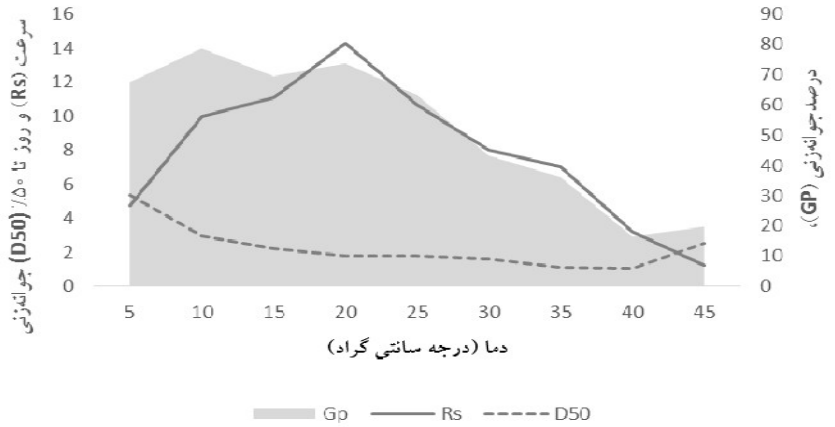
اختلافات بیش از مقادیر حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) برای هر صفت در هر گونه، نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین دو دمای مورد نظر در سطح ۵ درصد می‌باشد.



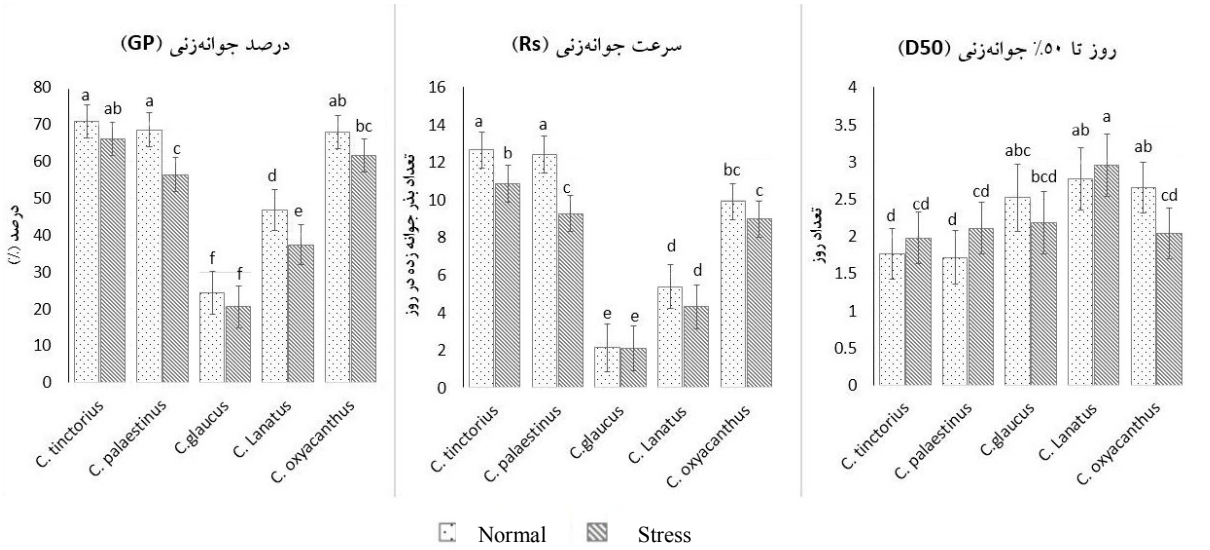
شکل ۱. میانگین تغییرات درصد جوانه‌زنی (GP) در دماها و گونه‌های مختلف (میانگین دو حالت تنش و شاهد در محیط مادری).

رنگ‌های متفاوت نشان‌دهنده گونه‌های مختلف و ارتفاع هر کدام از رنگ‌ها نشان‌دهنده درصد جوانه‌زنی آن گونه‌ها می‌باشد. فاصله بین هرکدام از خطوط افقی درون شکل، نشان‌دهنده مقدار ۵۰ درصد جوانه‌زنی می‌باشد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2023-02-04]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1396.7.4.3.4]
[DOI: 10.29252/jcpp.7.4.1]



شکل ۲. تغییرات میانگین درصدجوانه‌زنی (GP)، سرعت جوانه‌زنی (Rs) برحسب تعداد بذر جوانه‌زده در روز و زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی (D50) در درجه حرارت‌های مختلف بر روی گیاه گلرنگ (میانگین همه گونه‌های مورد بررسی برای اثر اصلی دما)



شکل ۳. میانگین درصد جوانه‌زنی (GP)، سرعت جوانه‌زنی (Rs) و زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی (D50) در بذرهای حاصل از دو شرایط تنش خشکی و شاهد در محیط مادری در گونه‌های مختلف. میله‌های عمودی بر روی هر ستون نشان دهنده انحراف معیار برای سه تکرار می‌باشد. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشد.

C. lanatus و *C. glaucus* کـه بـه‌ترتیب ۶۴ و ۲۰ کرومـوزوم دارند، انجام شد. نتایج این مقایسه نشان داد بین این دو گروه از نظر سرعت، درصد و روز تـا ۵۰ درصـد جوانـه‌زنـی اخـتلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۴). نتایج جدول تجزیه واریانس نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار پیش‌تیمار تنش بر روی شاخص‌هـای درصد و سرعت جوانه‌زنی بود. درحـالی‌کـه گـروه‌هـای مـورد بررسی واکنش متفاوتی را نسبت به پـیش‌تیمـار تـنش بـر روی شاخص روز تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی نشـان دادنـد (جـدول ۴).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2023-02-04]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1396.7.4.3.4]
[DOI: 10.29252/jcpp.7.4.1]

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس برای شاخص‌های درصد جوانه‌زنی (GP)، سرعت جوانه‌زنی(Rs) و زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی(D50) برای دو گروه مختلف کروموزومی (گروه اول شامل گونه‌های: *C. tinctorius*، *C. oxyacanthus* و *C. palaestinus* و گروه دوم شامل دو گونه: *C. lanatus* و*C. Glaucus*). پیش‌تیمار (تنش رطوبتی در محیط مادری)، دما (دامنه دمایی ۵ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد)

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)		
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	روز تا ۵۰٪ جوانه‌زنی
گروه	۱	۱۳۰۲۸۰**	۶۵۸۲**	۵۲/۲**
پیش‌تیمار	۱	۴۵۸۳**	۱۳۹**	۰/۳۲ns
گروه × پیش‌تیمار	۱	۳۱/۱ns	۱۱۰*	۰/۱۶ns
دما	۸	۳۰۶۲۷**	۸۳۲**	۱۱۵**
دما × گروه	۸	۱۹۳۴**	۲۱۶**	۱۵/۸**
دما × پیش‌تیمار	۸	۵۳۳ns	۱۴/۴ns	۱/۷۰ns
گروه × پیش‌تیمار × دما	۸	۴۲۷ns	۱۸/۹ns	۲/۷۲ns
ضریب تغییرات (٪)		۳۳/۹	۴۲/۴	۴۹/۵

ns، ** و * به‌ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد

تعیین دمای پایه، بهینه و بیشینه جوانه‌زنی (کاردینال)

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که هیچ‌یک از دماهای پایه، بهینه و بیشینه جوانه‌زنی به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر گونه و پیش‌تیمار رطوبتی قرار نگرفت (جدول ۵). دامنه تغییرات دمای پایه در ۵ گونه مختلف گلرنگ ۱/۳ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. به بیان دیگر تغییرات دمای پایه در بین ۵ گونه مورد مطالعه، از دمای ۱/۳۸ سانتی‌گراد در گونه *C. Lanatus* تا ۲/۶۸ درجه سانتی‌گراد مربوط به گونه *C. oxyacanthus* متغیر بود. اختلاف بین دمای بهینه بیشتر از دمای پایه بوده است به‌طوری‌که دامنه تغییرات دمای بهینه ۱/۵ درجه سانتی‌گراد بود. اختلاف دمای بهینه بین گونه‌ها، از *C. glaucus* با دمای ۲۰/۵ و *C. palaestinus* با دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد متغیر بود. دمای بیشینه اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال ۵ درصد بین گونه‌های مختلف نشان داد. اختلاف دمای بیشینه در بین گونه‌ها تنوع بیشتری داشته و به ۶ درجه سانتی‌گراد رسید. در بین گونه‌های مورد آزمایش گونه *C. glaucus* با دمای ۳۰/۵ درجه سانتی‌گراد کمترین و گونه *C. tinctorius* با دمای ۳۶/۵ درجه سانتی‌گراد بیشترین دمای بیشینه را داشتند (جدول ۶). به‌منظور بررسی بهتر دماهای پایه، بهینه و بیشینه جوانه‌زنی در گونه‌های مورد آزمایش، اثر ژنوتیپ‌ها به پنج گونه‌ای که به آنها تعلق داشتند شکسته شد. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های گونه *C. lanatus* و *C. oxyacanthus* تفاوت‌های معنی‌داری از نظر دمای بیشینه و دمای بهینه نشان دادند (جدول ۵).

بحث

درصد، سرعت و زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد از جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس داده‌های این آزمایش، حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار درصد، سرعت و روز تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی در بین گونه‌های *Carthamus* مورد آزمایش بود. نتایج بالاشهری و همکاران (۲) نیز وجود تفاوت معنی‌دار درصد و سرعت جوانه‌زنی در بین ارقام مختلف گرنگ را تأیید می‌نماید. اثرات معنی‌دار پیش‌تیمار تنش خشکی بر روی درصد و سرعت جوانه‌زنی نشان‌دهنده تغییراتی است که تنش خشکی در هنگام

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2023-02-04]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1396.7.4.3.4]
[DOI: 10.29252/jcpp.7.4.1]

جدول ۵. جدول تجزیه واریانس برای دماهای پایه (T_b)، بهینه (T_o) و بیشینه (T_c) جوانه‌زنی برای ژنوتیپ‌های مختلف پنج گونه *Carthamus*

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)		
		دمای پایه	دمای بهینه	دمای بیشینه
ژنوتیپ	۱۲	۶/۰۷^{ns}	۲۶/۷^{ns}	۴۴/۷^{ns}
گونه	۴	۷/۰۶^{ns}	۲/۸۳^{ns}	۶۲/۸*
C. glaucus	۱	۴/۲۵^{ns}	۵۲/۱^{ns}	۷۸/۴^{ns}
C. lanatus	۱	۰/۰۴^{ns}	۱۷/۷^{ns}	۵۶/۶**
C. oxyacanthus	۲	۶/۷۴^{ns}	۸۲/۵*	۸/۷۴^{ns}
C. palaestinus	۲	۱/۷۸^{ns}	۱۷/۹^{ns}	۱۸/۸^{ns}
C. tinctorius	۲	۲/۶۳^{ns}	۸/۶۵^{ns}	۱۷/۵^{ns}
پیش‌تیمار	۱	۷/۶۱^{ns}	۰/۴۱^{ns}	۱۵/۱^{ns}
ژنوتیپ × پیش تیمار	۱۲	۸/۴۵^{ns}	۱۸/۳^{ns}	۱۴/۷^{ns}
ضریب تغییرات (٪)		۱۹/۹	۱۳/۴	۱۳/۵

ns، ** و * به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد

پر شدن دانه بر اجزای آن می‌گذارد. تحقیقات قبلی بر روی تنش شوری نشان داده است که تنش بر روی جوانه‌زنی بذرهای نسل بعد تأثیرگذار خواهد بود (۱۰). در این آزمایش سرعت و درصد جوانه‌زنی در بذرهای حاصل از شرایط تنش خشکی کاهش پیدا کرد، این کاهش، می‌تواند نتیجه تغییرات هورمونی درون بذور باشد که در راستای جلوگیری از مواجهه مجدد با تنش، جوانه‌زنی بذور را به تعویق می‌اندازد (۱۰).

با توجه به وجود اثرات متقابل دما در گونه و همچنین نبود اثرات متقابل معنی‌دار بین دما و پیش‌تیمار تنش خشکی، اثرات دما و گونه بر روی ویژگی‌های جوانه‌زنی بررسی گردید. درصد جوانه‌زنی بالا در دامنه دمایی ۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌تواند نشان‌دهنده سازگاری این گونه‌ها در طی تکامل باشد به‌طوری‌که با جوانه‌زنی در دماهای پایین‌تر از رویارویی با تنش‌های خشکی و گرمای انتهای فصل اجتناب کنند (۹). در دماهای ۴۰ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد درصد جوانه‌زنی کاهش شدیدی نشان داده است که این موضوع گویای توقف نسبی جوانه‌زنی گلرنگ در این دامنه دمایی می‌باشد (۲). مطالعات قبلی محققین نیز نشان‌دهنده کاهش قابل توجه درصد جوانه‌زنی درصورت افزایش دما از مرز مشخصی بوده است (۲، ۳، ۱۶ و ۱۸). با توجه به اینکه گلرنگ در ایران بسته به منطقه و زمان کاشت، در هنگام جوانه‌زنی در معرض دماهای پایین تا دماهای حدود ۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار می‌گیرد اهمیت درصد جوانه‌زنی در تعیین میزان بذر لازم برای کشت قابل توجه است. باتوجه به اینکه گونه‌های *C. glaucus* و *C. lanatus* پوست بذر ضخیم‌تر، تنوع ظاهری بیشتر و همچنین نسبت به سایر گونه‌های مورد آزمایش فاصله بیشتری با گونه اهلی دارند (۱۲)، مشاهده کمترین درصد جوانه‌زنی در آنها دور از انتظار نبود.

تغییرات دما بر روی سرعت جوانه‌زنی نیز اثرات زیادی داشته است. بالاشهری و همکاران (۲) بیشترین سرعت جوانه‌زنی را در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در ژنوتیپ‌های گونه اهلی گلرنگ مشاهده نمودند، اما در مطالعه حاضر و با بررسی ژنوتیپ‌هایی از پنج گونه گلرنگ بالاترین سرعت جوانه‌زنی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد و افزایش و کاهش دما موجب کاهش سرعت جوانه‌زنی گردید، به‌طوری‌که کمترین

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2023-02-04]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1396.7.4.3.4]
[DOI: 10.29252/jcpp.7.4.1]

جدول ۶. تخمین دماهای پایه، بهینه و بیشینه جوانه‌زنی (درجه سانتی‌گراد) برای بذرهای گونه‌های مختلف گلرنگ در پیش‌تیمارهای تنش خشکی و عدم تنش (شرایط رطوبتی در محیط مادری)

گونه	ژنوتیپ	تنش خشکی			عدم تنش		
		دمای پایه	دمای بهینه	دمای حداکثر	دمای پایه	دمای بهینه	دمای حداکثر
C. lanatus	۱۹	۱/۷۵	۲۴/۷	۳۹/۴	۱/۶۷	۲۰/۱	۳۵/۷
	۱۸	۱/۴۴	۱۹/۰	۳۲/۹	۰/۶۵	۲۰/۹	۳۳/۵
	میانگین	دمای پایه:۱/۳۸ دمای بهینه:۲۱/۱ دمای سقف:۳۵/۴					
C. oxyacanthus	۲۹	۲/۲۱	۲۴/۴	۳۳/۳	۳/۹۸	۲۴/۷	۳۵/۲
	۳۳	۱/۶۲	۱۹/۹	۳۳/۱	۳/۳۶	۱۵/۶	۳۲/۹
	۲۶	۳/۲۰	۲۳/۲	۳۵/۵	۵/۶۶	۱۹/۵	۳۴/۵
	میانگین	دمای پایه:۲/۶۸ دمای بهینه:۲۱/۴ دمای سقف:۳۴/۴					
C. glaucus	۳۷	۱/۳۴	۱۵/۳	۲۲/۳	۲/۵۰	۲۱/۴	۳۳/۳
	۳۸	۳/۸۸	۲۲/۵	۳۳/۱	۲/۳۳	۲۳/۰	۳۳/۳
	میانگین	دمای پایه:۲/۵۱ دمای بهینه:۲۰/۵ دمای سقف:۳۰/۵					
C. tinctorius	۲	۰/۶۶	۲۵/۴	۳۸/۰	۰/۲۴	۲۰/۴	۳۹/۰
	۶	۰/۸۸	۲۰/۸	۳۳/۵	۳/۵۴	۲۰/۰	۳۶/۴
	۸	۱/۲۱	۲۱/۳	۳۵/۲	۲/۵۱	۲۰/۹	۳۶/۷
	میانگین	دمای پایه:۱/۵۱ دمای بهینه:۲۱/۵ دمای سقف:۳۶/۵					
C. palaestinus	۴۱	۲/۶۵	۲۱/۰	۳۷/۵	۱/۶۳	۲۵/۷	۳۷/۳
	۴۳	۱/۲۶	۲۰/۶	۳۳/۳	۲/۱۳	۲۴/۸	۳۵/۵
	۴۶	۲/۷۷	۱۹/۲	۳۴/۳	۱/۲۱	۲۰/۸	۳۳/۶
	میانگین	دمای پایه:۱/۴۰ دمای بهینه:۲۲/۰ دمای سقف:۳۵/۲					

سرعت جوانه‌زنی در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد اتفاق افتاد. کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی در دماهای غیر مطلوب به‌دلیل جلوگیری و یا کاهش فعالیت‌های آنزیمی، کاهش در میزان واکنش‌های بیوسنتزی مورد نیاز و مهم جوانه‌زنی می‌باشد (۸). افزون بر این انتظار می‌رود درجه حرارت بالا علاوه بر کاهش سرعت جوانه‌زنی باعث فساد بذر نیز شده باشد (۸).

بیشترین مقادیر روز تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد و با افزایش دما این شاخص کاهش پیدا کرد. نتایج نشان می‌دهد که هرچند بیشترین درصد جوانه‌زنی در دماهای ۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد اتفاق افتاده است اما با کاهش دما زمان لازم برای جوانه‌زنی بذور نیز افزایش شدیدی پیدا کرده است که می‌تواند به‌دلیل کند شدن فعالیت‌های آنزیمی و در نتیجه کاهش سرعت بیوسنتزهای سلولی باشد. ترابی و همکاران (۱۶) نیز گزارش نمودند که در دماهای پایین به‌دلیل کاهش سرعت فرایندهای زیستی که به‌طور عمده شامل فعالیت‌های آنزیمی لازم جهت جوانه‌زنی می‌باشد ممکن است سرعت جوانه‌زنی کاهش پیدا کند، درنتیجه زمان لازم برای جوانه‌زنی افزایش می‌یابد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2023-02-04]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1396.7.4.3.4]
[DOI: 10.29252/jcpp.7.4.1]

اثرات معنی‌دار پیش‌تیمار تنش خشکی بر روی گونه‌های مختلف مورد آزمایش نشان‌دهنده تأثیرپذیری بذور از تنش خشکی در محیط مادری می‌باشد. کاهش معنی‌دار درصد و سرعت جوانه‌زنی پس از برخورد با تنش نشان‌دهنده کنترل ژنتیکی جوانه‌زنی به‌منظور عدم برخورد با تنش و در نتیجه بقای گیاه می‌باشد.

تاکنون تلاقی‌پذیری گونه‌های مختلف گلرنگ بررسی و مشخص شده است که گونه‌های *C. tinctorius*، *C. oxyacanthus* و *C. palaestinus* قابلیت تلاقی با یکدیگر را داشته و گونه‌های *C. lanatus* و *C. glaucus* نیز با درصد پایین و اغلب با کمک روش‌هایی چون نجات جنین قابل تلاقی با *C. tinctorius* می‌باشند (۱۲). همچنین با توجه به اهمیت خویشاوندان وحشی گلرنگ در راستای ارتقای صفاتی چون تحمل به تنش خشکی، بررسی صفاتی چون جوانه‌زنی بذر و دمای کاردینال در گلرنگ زراعی و خویشاوندان وحشی آن اهمیت پیدا می‌کند.

تعیین دمای پایه، بهینه و بیشینه جوانه‌زنی (کاردینال)

با وجود تفاوت‌های معنی‌دار بین درصد و سرعت جوانه‌زنی در ژنوتیپ‌ها و گونه‌های مختلف گلرنگ، دماهای پایه، بهینه و بیشینه جوانه‌زنی آنها تفاوت محسوسی نشان نداده و در اغلب صفات اندازه‌گیری شده تفاوت‌ها غیر معنی‌دار بوده است (جدول ۵). به‌طوری‌که برای همه ژنوتیپ‌های آزمایش شده میانگین دمای پایه ۱/۹۵، دمای بهینه ۲۱/۴ و دمای بیشینه ۳۴/۶ مشاهده شد. محققان قبلی دمای پایه را برای ژنوتیپ‌های اهلی گلرنگ بین ۱/۱۱ تا ۳/۷، دمای بهینه را بین ۲۵/۷ الی ۳۱/۴۴ و دمای بیشینه را بین ۳۵ تا ۳۸/۶ درجه سانتی‌گراد گزارش نمودند (۲ و ۱۶) که تا حد زیادی قابل مقایسه با نتایج این آزمایش می‌باشد (جدول ۶). اختلاف کم در بین دماهای کاردینال نشان‌دهنده مشابهت ژنوتیپ‌ها و گونه‌های مورد آزمایش از نظر سازگاری نسبی و نیازهای اکولوژیکی آنها بوده است (۱۸). عدم تأثیر معنی‌دار تنش خشکی بر روی دمای کاردینال بذور مورد آزمایش می‌تواند نویدبخش این موضوع باشد که انتخاب برای تحمل به تنش خشکی اثرات معنی‌داری بر دماهای کاردینال گیاهان انتخاب شده نخواهد داشت و احتمالاً ارتباط چندانی بین میزان آب دریافتی در مرحله پر شدن دانه‌ها و دماهای کاردینال گلرنگ وجود ندارد، هرچند این موضوع نیازمند بررسی‌های بیشتر می‌باشد. همان‌گونه که در جدول ۶ مشاهده می‌شود دماهای پایه، بهینه و بیشینه جوانه‌زنی در برخی از ژنوتیپ‌های مورد آزمایش تحت تأثیر پیش‌تیمار تنش قرار گرفت، اما این تغییرات به‌جز در گونه‌های *C. lanatus* و *C. oxyacanthus* و به‌ترتیب برای دمای بیشینه و دمای بهینه در سایر موارد معنی‌دار نبود. قابلیت کشت گیاه گلرنگ در طیف گسترده‌ای از دماهای محیطی، کشاورزان را قادر می‌سازد در راستای مدیریت منابع آبی و به‌خصوص فرار از تنش خشکی، تاریخ کاشت این گیاه را تغییر دهند (۹).

نتیجه‌گیری

بررسی درصد، سرعت و زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی گلرنگ زراعی و چهار گونه از خویشاوندان وحشی آن نشان داد که تفاوت‌های معنی‌داری بین گونه‌های مورد بررسی می‌باشد. مقایسات گروهی گونه‌های دارای ۲۴ کروموزوم با سایر گونه‌ها نشان داد تفاوت‌های معنی‌داری بین این دو گروه وجود دارد و تفاوت‌های کمتری درون هر گروه مشاهده می‌شود. بررسی صفات جوانه‌زنی این گونه‌ها در دامنه دمایی ۵ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد پاسخ متفاوت گونه‌ها به تغییرات دمایی را نمایان کرد و بالاترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد در اغلب گونه‌ها مشاهده گردید. پیش‌تیمار تنش خشکی بر روی شاخص‌های درصد و سرعت جوانه‌زنی اثرات معنی‌داری بود و شاخص روز تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی و دمای کاردینال تحت تأثیر پیش‌تیمار تنش خشکی قرار نگرفتند. تشابه بالای دماهای کاردینال در گونه‌های مختلف گلرنگ تشابه دامنه دمایی کشت برای همه گونه‌های بررسی شده در این آزمایش را نشان داد. به‌طورکلی می‌توان گفت

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2023-02-04]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1396.7.4.3.4]
[DOI: 10.29252/jcpp.7.4.1]

به‌کارگیری گونه‌های وحشی گلرنگ در طرح‌های اصلاحی مختلف حاصل از دورگ‌گیری این گونه‌ها می‌باشد. دورگ‌گیری نیازمند بررسی‌های بیشتر در نتاج و نسل‌های

منابع مورد استفاده

1. Arslan B., E. Esendal and C. Paşa. 2008. The economically important traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars and lines cultivated in Tekirdag, Turkey. *In:* Proceeding of the 7th INternational Safflower Conference. Wagga Wagga, Australia. p. 1.
2. 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. *American Science* 9: 56-60.
3. Rezazadeh, Z. B. and A. Koocheki. 2006. Evaluation of cardinal temperature for three species of medicinal plants, Ajowan (*Trachyspermum ammi*), Fennel (*Foeniculum vulgare*) and Dill (*Anethum graveolens*). *BIABAN Desert Journal* 11: 11-16.
4. Bruce, T. J., M. C. Matthes, J. A. Napier and J. A. Pickett. 2007. Stressful ''memories'' of plants: Evidence and possible mechanisms. *Plant Science* 173: 603-608.
5. Chinnusamy, V. and J. K. Zhu. 2009. Epigenetic regulation of stress responses in plants. *Current Opinion in Plant Biology* 12: 133-139.
6. Cuk, K., M. Gogala, M. Tkalec and Z. Vidakovic-Cifrek. 2010. Transgenerational stress memory in *Arabidopsis thaliana* L. Heynh. antioxidative enzymes and HSP70. *Acta Botanica Croat* 69: 183–197.
7. Dajue, L. and H. H. Mündel. 1996. Safflower. *Carthamus tinctorius* L. 7. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research. Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops. Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
8. Heidari, Z., B. Kamkar and J. M. Sinaki. 2014. Determination of Cardinal Temperatures of Milk Thistle (*Silybum marianum* L.) Germination. *Advances in Plants and Agriculture Research* 1: 1-7.
9. Iftikhar Hussain, M., D. A. Lyra, M. Farooq, N. Nikoloudakis and N. Khalid. 2015. Salt and drought stresses in safflower. *Agronomy for Sustainable Development* 36: 1-32.
10. Kubalaa, S., Ł. Wojtyla, M. Quinet, K. Lechowska, S. Lutts and M. Garnczarska. 2015. Enhanced expression of the proline synthesis gene P5CSA in relation to seed osmopriming improvement of *Brassica napus* germination under salinity stress. *Journal of Plant Physiology* 183: 1–12.
11. Majidi, M. M., V. Tavakoli, A. Mirlohi and M. R. Sabzalian. 2011. Wild safflower species (*Carthamus oxyacanthus Bieb.*): A possible source of drought tolerance for arid environments. *Australian Journal of Crop Science* 5: 1055-1063.
12. Mayerhofer, M., R. Mayerhofer, D. Topinka, J. Christianson and A. G Good. 2011. Introgression potential between safflower (*Carthamus tinctorius*) and wild relatives of the genus *Carthamus*. *BMC Plant Biology* 11:47.
13. Parmoon, G., S. A. Moosavi, H. Akbari and A. Ebadi. 2015. Quantifying cardinal temperatures and thermal time required for germination of *Silybum marianum* seed. *The Crop Journal* 3: 145-151.
14. Ranal, M. A. and D. G. Santana. 2006. How and why to measure the germination process? *Brazilian Journal of Botany* 29: 1-11.
15. Salem, N., K. Msaada, W. Dhifi, J. Sriti, H. Mejri, F. Limam and B. Marzouk. 2014. Effect of drought on safflower natural dyes and their biological activities. *Experimental and Clinical Sciences Journal* 13: 1-18.
16. Torabi, B., M. Adibniya and A. Rahimi. 2015. Seedling emergence response to temperature in safflower: Measurements and modeling. *International Journal of Plant Production* 9: 393-412.
17. Yan, W. and L. A. Hunt. 1999. An Equation for Modelling the Temperature Response of Plants using only the Cardinal Temperatures. *Annals of Botany* 84: 607-614.
18. Zeinati, E., A. Soltani, S. Galeshi and S. J. Sadati. 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).

.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2023-02-04]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1396.7.4.3.4]

[DOI: 10.29252/jcpp.7.4.1]

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 7, No. 4, Winter 2018, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Effects of Occurrence of Drought Stress in Maternal Environment on Cardinal Temperatures and Germination Responses of *Carthamus* Species

M. R. Nazari[1], M. M. Majidi[2*], A. Mirlohi[2] and F. Haji Hadi Riseh[3]

(Received: July 23-2016; Accepted: December 26-2016)

Abstract

Safflower (*Carthamustinctorius* L.) is one of the oldest domesticated crops, mainly grown as an oilseed in the arid and semiarid regions of the world. This study was conducted to investigate the Cardinal temperatures and to identify the effects of occurrence of drought stress in maternal environment on seed germination aspects of some *Carthamus* species according to a completely randomized design in 2014. To accomplish this, seeds of 13 genotypes from *C. tinctorius, C. palaestinus, C. oxyacanthus, C. glaucus* and *C. lanatus* were used which had been harvested from plants grown at normal and drought stress conditions. Seeds were subjected to 9 fixed temperatures (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 and 45°C) for germination in the growth chamber according to a factorial experiment. Results showed that the effects of genotype, species, temperature, pretreatment drought stress and some of their interactions were significant for certain germination characteristics at 0.05% probability level. Significant reductions occurred in the germination rate of seeds at temperatures below 10°C and above 30°C. Although there were significant differences in percent of seed germination among species, seeds harvested from drought stressed plants were not significantly different from the ones harvested from non-stressed plants in terms of cardinal temperatures. Hence, it is more likely that cardinal temperatures will not cause difficulties in the case of inter-specific breeding programs for drought tolerant safflower cultivar development.

Keywords: Cardinal temperatures, Drought stress, Germination, Safflower

1, 2, 3. PhD Student, Professors and MSc. Graduate, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
*. Corresponding Author, Email: majidi@cc.iut.ac.ir

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2023-02-04]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1396.7.4.3.4]
[DOI: 10.29252/jcpp.7.4.1]