



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گنجان

مجله پژوهش‌های تولید گیاهی  
جلد نوزدهم، شماره سوم، ۱۳۹۱  
<http://jopp.gau.ac.ir>

## تلاقی‌پذیری و مقاومت به بیمارگر *Pythium ultimum* در سه گونه مختلف از جنس *Carthamus*

حامد بگ‌محمدی<sup>۱</sup>، \* محمدهادی پهلوانی<sup>۲</sup>، اسداله احمدی‌خواه<sup>۲</sup> و سیداسماعیل رضوی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، <sup>۲</sup> عضو هیأت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

### چکیده

شناسایی و انتقال ژن‌های مطلوب از خویشاوندان وحشی به گونه‌های زراعی یکی از روش‌های اصلاح گیاهان برای ایجاد مقاومت به بیماری‌ها و آفات به‌شمار می‌رود. این مطالعه با هدف بررسی امکان تلاقی‌پذیری و واکنش به *Pythium ultimum* در گلرنگ زراعی و دو خویشاوند دیگر آن انجام شد. برای بررسی واکنش به بیمارگر از هشت ژنوتیپ متعلق به گونه زراعی، دو توده از گونه وحشی *Carthamus oxyacanthus* از تهران و اصفهان و یک توده از گونه وحشی *C. lanatus* جمع‌آوری شده از استان گلستان به‌عنوان فاکتور فرعی و دو محیط استریل و آلوده به بیمارگر *P. ultimum* به‌عنوان فاکتور اصلی در طرح کرت‌های خردشده با ۴ تکرار استفاده شد. برای ایجاد آلودگی، از سوسپانسیون بیمارگر با غلظت نهایی ۱۰<sup>۵</sup> زئوسپور در هر میلی‌لیتر استفاده گردید. درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های گونه زراعی و گونه لاناتوس در محیط استریل بیش از ۹۰ درصد بود، اما در محیط آلوده فقط ژنوتیپ‌های گونه زراعی توانستند همین مقدار جوانه‌زنی داشته باشند. تلاقی گونه‌ها با یکدیگر نشان داد که موفقیت در تولید بذر دورگ بارور، بستگی زیادی به انتخاب نوع پایه مادری دارد. در تلاقی گونه زراعی با اکسیاکانتوس، هنگامی که گونه زراعی به عنوان والد مادری بود، بذر دورگ بیشتری تولید شد. بذور حاصل از تلاقی دو گونه اکسیاکانتوس و زراعی، بارور و دارای قابلیت جوانه‌زنی بودند، اما بذور حاصل از تلاقی لاناتوس با گلرنگ زراعی کاملاً عقیم بودند. مقاومت گونه

\* مسئول مکاتبه: [hpahlavani@yahoo.com](mailto:hpahlavani@yahoo.com)

اکسیاکانتوس به بیمارگر پیتیوم و موفقیت در تولید بذر دورگ، توانایی این گونه را برای انتقال ژن‌های مقاومت و همچنین سایر صفات مطلوب به گلرنگ زراعی نشان داد.

**واژه‌های کلیدی:** هیبریداسیون بین‌گونه‌ای، خویشاوند وحشی، ژئوسپور، بذر

#### مقدمه

گلرنگ زراعی با نام علمی *Carthamus tinctorius* L.، به دلیل سازگاری و تحمل نسبت به شرایط نامساعد محیطی نظیر شوری و خشکی، به عنوان یکی از مناسب‌ترین محصولات دانه روغنی برای اقلیم‌های خشک و نیمه خشک در مناطق مختلف جهان از جمله ایران معرفی شده است. منشأ این گیاه، مناطق آسیای جنوب غربی، نواحی مدیترانه و ایران است (زینلی، ۱۹۹۹). هدف از کشت گلرنگ، استحصال گلچه برای مصارف غذایی و دارویی و استخراج روغن موجود در دانه‌های آن برای مقاصد خوراکی و صنعتی می‌باشد (دوی و همکاران، ۱۹۸۲). دانه گلرنگ دارای ۲۵ تا ۴۵ درصد روغن و ۱۲ تا ۲۴ درصد پروتئین می‌باشد (زینلی، ۱۹۹۹).

عوامل بیماریزای خاکزی، مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید گلرنگ در مناطق مختلف جهان گزارش شده‌اند. پوسیدگی بذر و مرگ گیاهچه ناشی از *Pythium ultimum*، یکی از بیماری‌های مهم گلرنگ و سایر گیاهان زراعی در ایران و سایر نقاط دنیا می‌باشد (دیتریج و همکاران، ۱۹۷۹؛ هوانگ و همکاران، ۱۹۹۲؛ ماندل و همکاران، ۱۹۹۵). این بیمارگر بذور و گیاهچه‌های جوان گلرنگ را مورد هجوم قرار داده و موجب پوسیدگی بافت و مرگ آن‌ها می‌شود (صدری، ۲۰۰۴). علایم و خسارت این بیمارگر روی گلرنگ، اولین بار سال ۱۹۷۷ توسط ارشاد (۱۹۹۶) در شهرستان ورامین گزارش شده است. خسارت این بیمارگر بسیار قابل توجه و در محیط آلوده تا بیش از ۹۰ درصد گزارش شده است (محمد و همکاران، ۲۰۱۰؛ پهلوانی و همکاران، ۲۰۱۰). ایجاد ارقام مقاوم به بیمارگر پیتیوم، به دلیل کاهش خطرات زیست محیطی استفاده از سموم شیمیایی به یکی از اهداف مهم اصلاح گلرنگ تبدیل شده است. اولین مرحله در اصلاح نباتات، ارزیابی تنوع ژنتیکی موجود برای صفت مورد بررسی در بین ارقام زراعی و ژرم‌پلاسم موجود در مراکز تحقیقاتی و یا بانک‌های ژن ملی و بین‌المللی می‌باشد. پس از گزارش اهمیت بیماری مرگ گیاهچه در گلرنگ، مطالعات مختلفی به منظور یافتن منابع ژنتیکی مقاومت و همچنین شناسایی نحوه کنترل ژنتیکی این بیمارگر انجام شد، اما علی‌رغم وجود گزارشات

در این زمینه، ژنوتیپ(های) دارای مقاومت به این بیمارگر یافت نشده است (احمدی و همکاران، ۲۰۰۸؛ پهلوانی و همکاران، ۲۰۰۹؛ پهلوانی و همکاران، ۲۰۱۰). از مهم‌ترین روش‌های اصلاح گلرنگ به بیمارگرهای خاکزی می‌توان به انتخاب تک بوته و لاین در نسل‌های در حال تفکیک، انتخاب توده‌ای و تولید ارقام هیبرید اشاره کرد. در مطالعه توارث مقاومت به *Pythium ultimum* در گلرنگ به‌وسیله تجزیه میانگین نسل‌ها، معلوم شده است که مقاومت به پیتیم در گلرنگ به‌صورت کمی و توسط ژن‌های زیادی کنترل می‌شود و اثرات محیطی در کنترل بیماری نقش قابل توجهی دارند. هر دو اثرات ژنتیکی افزایشی و غالبیت در توارث مقاومت به بیمارگر پیتیم نقش دارند و با توجه به نقش معنی‌دار اثرات ژنتیکی افزایشی، انتخاب را برای پیشرفت سریع مقاومت به پیتیم در گلرنگ مناسب دانستند (قادری و همکاران، ۲۰۱۱). در مواردی که تنوع ژنتیکی کافی در منابع معمول موجود نباشد، اصلاحگران استفاده از سایر منابع تنوع نظیر جهش و هیبریداسیون بین گونه‌ای را پیشنهاد می‌کنند. استفاده از ژن‌های مقاومت به بیماری‌ها و آفات موجود در سایر گونه‌های خویشاوند جنس *Carthamus* و همچنین امکان انتقال این ژن‌ها به گونه زراعی با روش‌های هیبریداسیون و تلاقی بین گونه‌ای به‌عنوان راهکاری برای برطرف نمودن محدودیت‌های فوق مورد توجه اصلاحگران گلرنگ قرار گرفته است (هیتون و کلیسویچ، ۱۹۸۱؛ سبزیلیان و همکاران، ۲۰۱۰).

از بین ۱۸ گونه متعلق به جنس *Carthamus*؛ تنها گونه *C. tinctorius* زراعی بوده و کشت و کار آن در مناطق مختلف جهان رایج است (ویلاترسانا و همکاران، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۵). علاوه بر توده‌های گونه زراعی، چندین گونه غیرزراعی از این جنس در ایران نیز یافت می‌شود، که دو گونه *C. lanatus* و *C. oxyacanthus* به‌ترتیب از بیش‌ترین پراکندگی برخوردار بوده و در اکثر مناطق ایران یافت می‌شوند (دیتریج و همکاران، ۱۹۷۹؛ سبزیلیان و همکاران، ۲۰۰۸؛ ویلاترسانا و همکاران، ۲۰۰۰؛ زینلی، ۱۹۹۹). مطالعات نشان داده است که این گونه‌های وحشی خویشاوند، منبع با ارزشی از ژن‌های مفید هستند. تاکنون وجود منابع مقاومت نسبت به مگس گلرنگ و مقاومت به خشکی در گونه اکسیاکانتوس و مقاومت به بیماری‌های خاکزی نظیر فوزاریوم و ورتیسلیوم و مقاومت به سرما در گونه لاناتوس گزارش شده است (هیتون و کلیسویچ، ۱۹۸۱؛ مجیدی و همکاران، ۲۰۱۱؛ سبزیلیان و همکاران، ۲۰۱۰). از دو گونه یادشده به‌عنوان نزدیک‌ترین خویشاوندان گلرنگ زراعی نیز یاد شده است، به‌طوری‌که چاوان (۱۹۶۱) اظهار کرده است که گونه زراعی از دو گونه اکسیاکانتوس و لاناتوس منشأ گرفته است (ماندل و برگمن، ۲۰۰۹). با این وجود در مطالعاتی که اخیراً صورت گرفته است،

گونه *C. palestinus* به عنوان نزدیک‌ترین خویشاوند گلرنگ زراعی معرفی شده است (احمدی و همکاران، ۲۰۰۸؛ سگال و همکاران، ۲۰۰۹). علاوه بر این، حاصل تلاقی بین گونه زراعی با گونه اکسیاکانتوس به نتاج بارور؛ اما تلاقی لاناتوس و گونه زراعی به نتاج عقیم منتج شده است (مایرهوفر و همکاران، ۲۰۱۱). اگرچه هیتون و کلسیویژ (۱۹۸۱) به کمک تکنیک نجات جنین و دو برابر کردن کروموزومی و ایجاد دورگ آلپلوئید بین دو گونه، موانع انتقال ژن بین دو گونه فوق را برطرف نموده‌اند.

به دلیل عدم دسترسی به منابع ژنتیکی دارای مقاومت قابل قبول نسبت به بیمارگر *Pythium ultimum* در گلرنگ زراعی، ارزیابی واکنش سایر گونه‌های غیرزراعی و خویشاوند موجود در جنس کارتاموس در مقابل این بیمارگر ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین مطالعه حاضر با اهداف ارزیابی واکنش گونه‌های *C. tinctorius*، *C. oxyacanthus* و *C. lanatus* نسبت به بیمارگر *Pythium ultimum* و بررسی تلاقی‌پذیری و امکان تولید هیبرید بین گونه‌ای آن‌ها صورت گرفت.

### مواد و روش‌ها

مکان آزمایش: در این مطالعه تلاقی‌پذیری و واکنش به بیمارگر *Pythium ultimum* در سه گونه از جنس کارتاموس در سال ۱۳۸۹ در مزرعه آموزشی-پژوهشی و آزمایشگاه اصلاح نباتات واقع در دانشکده تولید گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به صورت کرت‌های خرد شده با ۴ تکرار صورت گرفت. فاکتور اصلی شامل محیط جوانه‌زنی با دو سطح (آلوده و استریل) و فاکتور فرعی شامل ژنوتیپ با یازده سطح بود (جدول ۱).

مواد گیاهی: در این مطالعه از یازده ژنوتیپ متعلق به سه گونه مختلف جنس کارتاموس استفاده گردید. این مواد شامل هشت ژنوتیپ خالص از گونه زراعی (*Carthamus tinctorius*)، دو توده از گونه وحشی اکسیاکانتوس (*C. Oxyacanthus*) و یک توده از گونه وحشی لاناتوس (*C. lanatus*) بودند (جدول ۱). گونه‌های وحشی مورد مطالعه به صورت توده‌های بذری از طبیعت جمع‌آوری، و به مدت یک سال در مزرعه آموزشی و پژوهشی شماره یک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان کشت و برداشت شده بودند.

جدول ۱- نام، گونه و منشأ مواد گیاهی به کار گرفته شده در این مطالعه.

منشأ	گونه	
ایران	<i>C. tinctorius</i>	اراک ۲۸۱۱
ایران	<i>C. tinctorius</i>	LRV-۵۱-۵۱
کانادا	<i>C. tinctorius</i>	Aceteria
نامعلوم	<i>C. tinctorius</i>	۵۴۱-۵
نامعلوم	<i>C. tinctorius</i>	۳۴۰۷۴
نامعلوم	<i>C. tinctorius</i>	۳۴۰۴۰
کانادا	<i>C. tinctorius</i>	PI-۵۰۵۳۷
نامعلوم	<i>C. tinctorius</i>	Dinger
اصفهان (ایران)	<i>C. oxyacanthus</i>	توده وحشی اصفهان
تهران (ایران)	<i>C. oxyacanthus</i>	توده وحشی تهران
گلستان (ایران)	<i>C. lanatus</i>	توده وحشی لاناتوس

ارزیابی واکنش به بیمارگر *Pythium ultimum* بستر جوانه‌زنی در این آزمایش حوله کاغذی با ابعاد ۵۰×۵۰ سانتی‌متر مربع بود. در هر واحد آزمایشی ۱۰۰ عدد بذر از هر ژنوتیپ پس از ضدعفونی سطحی با هیپوکلرایت سدیم ۲ درصد به مدت ۳ دقیقه، با فواصل معین در دو ردیف ۵۰ تایی روی حوله کاغذی قرار داده شدند. سپس یک حوله کاغذی دیگر روی بذرها قرار گرفت و سپس حوله‌ها و بذرها پیچیده شدند. در محیط استریل از آب مقطر و در محیط آلوده از سوسپانسیون قارچ با غلظت ۱۰<sup>۵</sup> زئوسپور در هر میلی‌لیتر استفاده شد. برای تهیه سوسپانسیون زئوسپور، قطعات مربعی محیط‌های کشت محتوی پرگنه‌های خالص ۴ روزه پیتیوم داخل بشرهای دارای آب مقطر استریل ریخته شد و در شرایط تاریکی با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار گرفت. سپس بشر به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد و ۲ ساعت در دمای اتاق قرار داده شد. پس از مشاهده زئوسپور روی اسلاید، غلظت زئوسپور با لام هموسایتومتر (گلوبول شمار) شمارش و سوسپانسیون با غلظت نهایی ۱۰<sup>۵</sup> زئوسپور در هر میلی‌لیتر تهیه شد. سپس حوله‌های کاغذی محتوی بذر در انکوباتور با دمای ۲۵±۱ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. شمارش بذور جوانه‌زده (خروج ریشه‌چه به اندازه ۲ میلی‌متر) به صورت روزانه یک‌بار به مدت ۷ روز متوالی برای تمامی واحدهای آزمایشی انجام شد. تعداد گیاهچه‌های بیمار (دارای علائم پوسیدگی، لهیدگی یا تغییر رنگ به قهوه‌ای) در واحدهای آزمایشی

محیط آلوده به بیمارگر تا ۱۴ روز به طور روزانه شمارش شد. برای رفع خواب در گونه لاناتوس از تیمار حرارت‌دهی خشک در آون به مدت ۷ ساعت در دمای ۶۳ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. صفات اندازه‌گیری شده و نحوه محاسبه شاخص‌ها: در محیط استریل درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور و در محیط آلوده به بیمارگر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر، درصد و سرعت مرگ گیاهچه‌ها و شاخص مقاومت اندازه‌گیری شدند. درصد جوانه‌زنی از رابطه زیر به‌دست آمد.

$$GP = \sum n_i / N \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن GP: درصد جوانه‌زنی،  $n_i$  تعداد بذره‌های جوانه‌زده در هر روز و N تعداد کل بذور یک واحد آزمایشی است. برای محاسبه سرعت جوانه‌زنی از رابطه زیر استفاده شد (قادری‌فر و سلطانی، ۲۰۱۱).

$$GR = (\sum n_i) / (\sum (n_i \times t_i)) \quad (\text{رابطه ۲})$$

که در آن GR: سرعت جوانه‌زنی،  $n_i$  تعداد بذره‌های جوانه‌زده در هر روز و  $t_i$  تعداد روز از شروع آزمایش جوانه‌زنی است.

درصد و سرعت مرگ و میر در محیط آلوده با استفاده داده‌های مرگ و میر روزانه گیاهچه‌ها در محیط آلوده به بیمارگر و با استفاده از رابطه‌های بالا محاسبه شدند.

برای محاسبه شاخص مقاومت<sup>۱</sup> به بیماری نیز از رابطه فیشر و مایورر (۱۹۷۸) استفاده گردید که رابطه آن در زیر آمده است.

$$RI = [1 - ((SES - SEI) / SES)] \times 100 \quad (\text{رابطه ۳})$$

که در آن RI شاخص مقاومت، SES درصد جوانه‌زنی در محیط استریل و SEI درصد جوانه‌زنی در محیط آلوده به بیمارگر است. به‌طورکلی ژنوتیپ‌های دارای RI بالاتر از مقاومت بالاتری نسبت به بیمارگر برخوردارند.

برای تجزیه واریانس داده‌ها از رویه GLM در محیط نرم‌افزار SAS استفاده شد (SAS، ۱۹۹۶). بررسی نرمال بودن داده‌ها نشان داد که به تبدیل داده‌ها نیازی نمی‌باشد، بنابراین از داده‌های خام برای این تجزیه‌ها استفاده شد. با توجه به ماهیت آزمایش و امکان گروه‌بندی تیمارها، مقایسات گروهی مختلف انجام شد (یزدی‌صمدی و همکاران، ۱۹۹۸). برای مقایسه میانگین از آزمون کم‌ترین اختلاف

1- Resistance Index

معنی‌دار استفاده شد (سلطانی، ۲۰۰۷). در مواردی که اثرات متقابل معنی‌دار شدند، سطوح مختلف فاکتور فرعی در هر سطح فاکتور اصلی مقایسه شدند.

**بررسی تلاقی‌پذیری گونه‌ها:** برای بررسی تلاقی‌پذیری بین گونه‌ای، از ژنوتیپ ۳۴۰۷۴ به‌عنوان نماینده گونه زراعی استفاده شد. بذور ژنوتیپ ۳۴۰۷۴، دو توده تهران و اصفهان از گونه *C. oxyacanthus* و توده گلستان از گونه *C. lanatus* در اسفند ماه سال ۱۳۸۹ روی ۵ خط ۶ متری در مزرعه آموزشی و پژوهشی شماره یک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان کشت شدند. پس از شروع گل‌دهی، عملیات اخته‌کردن و آماده کردن پایه مادری و روز بعد از آن، گرده‌افشانی با استفاده از گرده‌های والد مورد نظر صورت پذیرفت (ناولز، ۱۹۸۰). پس از انجام تلاقی‌ها، در هر تلاقی تعداد طبق تلاقی داده شده، تعداد گلچه تلاقی داده شده، تعداد کل بذر به‌دست آمده، میانگین درصد تولید بذر و در نهایت درصد جوانه‌زنی بذور دورگ (فقط برای بذر دورگ حاصل از تلاقی‌های گونه زراعی و گونه اکسیاکانتوس) محاسبه شد. برای بررسی درصد جوانه‌زنی بذور به‌دست‌آمده از تلاقی از ۳ تکرار شامل ۲۵ عدد بذر هیبرید بین گونه‌ای در هر واحد آزمایشی استفاده شد.

### نتایج و بحث

**درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر گونه‌های جنس کارتاموس:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد که درصد جوانه‌زنی بذور در دو محیط آلوده و استریل اختلاف معنی‌داری داشت، اما این اختلاف برای سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار نبود (جدول ۲). تفاوت معنی‌دار دو محیط از نظر درصد جوانه‌زنی نشان‌دهنده تأثیر بیمارگر بر درصد جوانه‌زنی بذور می‌باشد. تأثیر معنی‌دار بیمارگر *P. ultimum* بر درصد جوانه‌زنی بذور گلرنگ زراعی توسط ماندل و همکاران (۱۹۹۵) نیز گزارش شده است.

میانگین مربعات ژنوتیپ، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و مقایسات گروهی ژنوتیپ‌های زراعی در مقابل توده‌های وحشی برای درصد و سرعت جوانه‌زنی نیز معنی‌دار بود (جدول ۲). از آنجایی که منبع تغییر ژنوتیپ شامل ژنوتیپ‌های زراعی و چندین توده وحشی از گونه‌های مختلف است، بنابراین تفاوت بین ژنوتیپ‌ها نشانه وجود تنوع ژنتیکی موجود در جنس گلرنگ برای این صفات است که می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۲- تجزیه واریانس برای درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور گونه‌های مختلف جنس کارتاموس در دو محیط استریل و آلوده به بیمارگر *P. ultimum*

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی
محیط	۱	۴۱۸/۹۰۹**	۰/۰۱۳ <sup>ns</sup>
خطای ۱	۶	۲۶/۸۴۸	۰/۰۰۴
ژنوتیپ	۱۰	۱۷۳۶/۷۴۵**	۰/۳۰۸**
ژنوتیپ‌های زراعی در مقابل توده‌های وحشی	۱	۱۰۷۶۴/۱۲۱**	۲/۸۵۱**
توده‌های اکسیاکانتوس در مقابل توده لاناتوس	۱	۵۸۳۰/۰۲۱**	۰/۰۵۲**
توده‌های اکسیاکانتوس اصفهان و تهران در مقابل هم	۱	۶۱۲/۵۶۲**	۰/۰۱۱**
ژنوتیپ × محیط	۱۰	۴۴/۲۵۹**	۰/۰۰۴**
خطای ۲	۶۰	۹/۸۵۷	۰/۰۰۱
CV خطا (%)	-	۳/۵۸	۳/۸۰

ns، \* و \*\* به ترتیب فاقد اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط نشان‌دهنده تغییر رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها در دو محیط استریل و آلوده به بیمارگر از نظر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور می‌باشد. پهلوانی و همکاران (۲۰۰۹) نیز در با بررسی جوانه‌زنی بذور گلرنگ زراعی نشان دادند که اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور معنی‌دار بود. معنی‌دار بودن مقایسه ژنوتیپ‌های زراعی در مقابل توده‌های وحشی از نظر درصد و سرعت جوانه‌زنی بیان‌گر وجود تفاوت بین گونه‌ای از نظر این صفات می‌باشد (جدول ۲). همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌گردد، درصد و سرعت جوانه‌زنی توده‌های وحشی دو گونه لاناتوس و اکسیاکانتوس نسبت به ژنوتیپ‌های زراعی کم‌تر بود. نکته جالب توجه دیگر آن بود که دو گونه غیر زراعی لاناتوس و اکسیاکانتوس نیز از نظر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۲). نتایج مقایسات گروهی همچنین نشان داد که درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور دو توده اصفهان و تهران از گونه اکسیاکانتوس نیز با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۲).

با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در دو محیط آلوده و استریل به صورت جداگانه انجام شد (جدول ۳). در محیط استریل ژنوتیپ‌های Dinger و



۳۴۰۷۴ هر دو از گونه زراعی با ۹۸/۰ و توده اکسیاکانتوس تهران با ۵۳/۵ درصد، به ترتیب دارای بیش-ترین و کم‌ترین درصد جوانه‌زنی بودند (جدول ۳). به غیر از ژنوتیپ ۳۴۰۴۰، سایر ژنوتیپ‌های گونه زراعی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشته و دامنه تغییر درصد جوانه‌زنی بین آن‌ها تنها ۴ درصد بود. تفاوت میانگین دو توده تهران (۵۳/۵ درصد) و اصفهان (۷۷/۰ درصد) از گونه اکسیاکانتوس معنی‌دار بود (جدول ۳). درصد جوانه‌زنی توده لاناتوس در محیط استریل ۹۳/۲۵ درصد بود و با ژنوتیپ‌های زراعی تفاوت محسوسی نداشت (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های گونه‌های جنس کارتاموس در دو محیط استریل و آلوده به *P. ultimum* آزمون LSD

محیط آلوده		محیط استریل		ژنوتیپ	
سرعت جوانه‌زنی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	درصد جوانه‌زنی		
۰/۹۳ <sup>a</sup>	۹۳ <sup>a</sup>	۰/۹۵ <sup>ab</sup>	۹۶/۷۵ <sup>ab</sup>	PI-250537	
۰/۷۵ <sup>d</sup>	۹۰/۲۵ <sup>a</sup>	۰/۸۲ <sup>d</sup>	۹۴ <sup>abc</sup>	۵۴۱-۵	
۰/۹۲ <sup>ab</sup>	۹۴/۲۵ <sup>a</sup>	۰/۹۵ <sup>ab</sup>	۹۴ <sup>abc</sup>	Aceteria	زراعی
۰/۸۴ <sup>c</sup>	۹۵/۲۵ <sup>a</sup>	۰/۹۲ <sup>bc</sup>	۹۸ <sup>a</sup>	Dinger	
۰/۹۱ <sup>ab</sup>	۹۵ <sup>a</sup>	۰/۹۷ <sup>a</sup>	۹۷ <sup>ab</sup>	LRV-5151	
۰/۸۹ <sup>abc</sup>	۹۰/۵ <sup>a</sup>	۰/۹۱ <sup>c</sup>	۹۶/۷۵ <sup>ab</sup>	اراک ۲۸۱۱	
۰/۹۱ <sup>ab</sup>	۹۴/۲۵ <sup>a</sup>	۰/۹۵ <sup>a</sup>	۹۸ <sup>a</sup>	۳۴۰۷۴	
۰/۸۷ <sup>bc</sup>	۹۴/۲۵ <sup>a</sup>	۰/۸۳ <sup>d</sup>	۹۰/۷۵ <sup>c</sup>	۳۴۰۴۰	
۰/۴۵ <sup>f</sup>	۴۱/۷۵ <sup>d</sup>	۰/۴۱ <sup>f</sup>	۵۳/۵ <sup>e</sup>	اکسیاکانتوس تهران	
۰/۵۶ <sup>e</sup>	۷۲ <sup>c</sup>	۰/۵۴ <sup>e</sup>	۷۷ <sup>d</sup>	اکسیاکانتوس اصفهان	وحشی
۰/۴۷ <sup>f</sup>	۸۵/۵ <sup>b</sup>	۰/۵۲ <sup>e</sup>	۹۳/۲۵ <sup>bc</sup>	لاناتوس	
۰/۷۷	۸۵/۵۵	۰/۸۰	۸۹/۹۱	میانگین	

ژنوتیپ‌های دارای حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

در محیط آلوده به *P. ultimum* بیش‌ترین و کم‌ترین درصد جوانه‌زنی بذور به ترتیب با ۹۵/۲۵ و ۴۱/۷۵ درصد متعلق به ژنوتیپ Dinger و توده اکسیاکانتوس تهران بود (جدول ۳). مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی در هر دو محیط استریل و آلوده نشان می‌دهد که آلودگی موجب کاهش ۴/۳۶

درصدی در جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها شده است و با توجه به اینکه این کاهش ناشی از عدم جوانه‌زنی و پوسیدگی بذور است می‌توان بیان نمود که بیمارگر *P. ultimum* به‌طور متوسط موجب ۴/۳۶ درصد پوسیدگی بذر شده است (جدول ۳). جوانه‌زنی تمامی ژنوتیپ‌ها به استثنای ۳۴۰۴۰ و Aceteria در محیط آلوده کم‌تر از محیط استریل بود که تأیید کننده تأثیر بیمارگر از طریق ایجاد پوسیدگی بذر قبل از جوانه‌زنی می‌باشد. بالا بودن درصد جوانه‌زنی دو ژنوتیپ مزبور در محیط آلوده نسبت به محیط استریل را می‌توان یکی از دلایل مشاهده اثر متقابل ژنوتیپ×محیط دانست (جدول ۳). در مطالعه تجزیه ژنتیکی مقاومت به پیتوم در گلرنگ توسط قادری و همکاران (۲۰۱۱) درصد جوانه‌زنی یکی از چهار ژنوتیپ مورد استفاده در محیط آلوده به قارچ بیش‌تر از محیط استریل بود که با نتایج حاضر مطابقت دارد. علت این امر را می‌توان ناشی از تحریکات عامل بیماری‌زا و واکنش میزبان در جهت فرار از شرایط آلودگی بیان نمود. بیش‌ترین کاهش درصد جوانه‌زنی در محیط آلوده نسبت به محیط استریل (۱۱/۷۵ درصد) در توده اکسیاکانتوس تهران مشاهده شد. این درحالیست که متوسط افت درصد جوانه‌زنی برای توده اکسیاکانتوس اصفهان در محیط آلوده نسبت به محیط استریل ۵ درصد بود (جدول ۳).

از لحاظ سرعت جوانه‌زنی در محیط استریل ژنوتیپ‌ها و توده‌های مورد مطالعه در ۵ گروه مختلف قرار گرفتند. بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی با ۹۷ و ۹۵ درصد به‌ترتیب متعلق به ژنوتیپ‌های LRV-5151 و ۳۴۰۷۴، و کم‌ترین آن با ۴۱ درصد مربوط به توده اکسیاکانتوس تهران بود (جدول ۳). سرعت جوانه‌زنی معیاری از قدرت بذر می‌باشد، و هرچه بالاتر باشد آن ژنوتیپ از سرعت بالاتری برای استقرار در بستر کشت برخوردار است (قادری‌فر و سلطانی، ۲۰۱۱). از این‌رو و با توجه به پایین بودن درصد و سرعت جوانه‌زنی توده اکسیاکانتوس تهران، می‌توان گفت که قدرت بذر در این توده پایین است. اگرچه تفاوت توده‌های اکسیاکانتوس اصفهان و لاناتوس از لحاظ درصد جوانه‌زنی معنی‌دار بود، اما از لحاظ سرعت جوانه‌زنی اختلافی بین آن دو وجود نداشت (جدول ۳).

دامنه تغییرات سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها در محیط آلوده به بیمارگر ۴۸ درصد بود که ژنوتیپ PI-250537 با ۹۳ درصد بیش‌ترین و توده اکسیاکانتوس تهران با ۴۵ درصد کم‌ترین سرعت جوانه‌زنی را داشتند (جدول ۳). سرعت جوانه‌زنی توده اکسیاکانتوس اصفهان در محیط آلوده بیش‌تر از محیط استریل بود (جدول ۳). سرعت جوانه‌زنی به‌عنوان یکی از واکنش‌های دفاعی بذور گلرنگ در برابر بیمارگر پیتوم گزارش شده است، به‌طوری‌که هر چه سرعت جوانه‌زنی بالاتر باشد ژئوسپور قارچ

زمان کافی برای ایجاد پوسیدگی نداشته و در نتیجه درصد مرگ گیاهچه و پوسیدگی بذور کاهش می‌یابد (احمدی و همکاران، ۲۰۰۸). بنابراین ژنوتیپ زراعی ۳۴۰۴۰ و توده اکسیاکانتوس اصفهان از لحاظ این صفت وضعیت مناسب‌تری داشتند.

جدول ۴- تجزیه واریانس برای مرگ و میر و شاخص مقاومت گونه‌های مختلف جنس کارتاموس در محیط آلوده به بیمارگر *P. ultimum*

منابع تغییرات	درجات آزادی	میانگین مربعات	
		درصد مرگ و میر گیاهچه	سرعت مرگ و میر گیاهچه
ژنوتیپ	۱۰	۷۷۲/۶۱**	۰/۰۰۱**
زراعی در مقابل وحشی	۱	۲۱۵۵/۵۱**	۰/۰۰۴**
اکسیاکانتوس در مقابل لاناتوس	۱	۲۹۷/۶۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۴ <sup>ns</sup>
اکسیاکانتوس اصفهان در مقابل اکسیاکانتوس تهران	۱	۱۳۲۲/۸۴**	۰/۰۰۰۹*
زراعی در مقابل لاناتوس	۱	۲۶۷/۶۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۷ <sup>ns</sup>
زراعی در مقابل اکسیاکانتوس	۱	۲۳۶۸/۴۸**	۰/۰۰۴۴**
زراعی در مقابل اکسیاکانتوس اصفهان	۱	۳۶۶۲/۸۶**	۰/۰۰۴۸**
زراعی در مقابل اکسیاکانتوس تهران	۱	۱۴۴/۶۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۸ <sup>ns</sup>
خطا	۳۳	۹۹/۴۵۴	۰/۰۰۰۲
CV خطا (%)	-	۱۵/۸۷	۴/۷۱

ns، \* و \*\* به ترتیب فاقد اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

مرگ و میر گیاهچه در محیط آلوده به بیمارگر *P. ultimum* و شاخص مقاومت ژنوتیپ‌ها: در محیط آلوده به بیمارگر درصد و سرعت مرگ و میر گیاهچه و شاخص مقاومت به بیماری محاسبه و در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۱ ژنوتیپ شامل ۸ ژنوتیپ از گونه زراعی، ۲ توده از گونه اکسیاکانتوس و ۱ توده از گونه لاناتوس تجزیه شد (جدول ۴). اثر ژنوتیپ برای درصد و سرعت مرگ و میر گیاهچه و شاخص مقاومت در محیط آلوده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). معنی‌دار شدن میانگین مربعات درصد مرگ و میر گیاهچه بین ژنوتیپ‌ها نشان دهنده تفاوت در میزان مقاومت ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها و توده‌های مورد استفاده در برابر بیمارگر است. مقایسه گروهی

ژنوتیپ‌ها به منظور ارزیابی مقایسه دقیق و کاربردی تر آن‌ها در هفت حالت بین ژنوتیپ‌های وحشی و زراعی صورت گرفت، که تفاوت بین دو توده از گونه اکسیاکانتوس با یکدیگر و تفاوت توده اکسیاکانتوس با گونه زراعی معنی دار بودند (جدول ۴). اهمیت این مقایسات در این است که گونه‌های وحشی خویشاوند یکی از منابع مهم ژن‌های مقاومت به بیماری‌ها و آفات برای انتقال به گونه‌های زراعی محسوب می‌شوند بنابراین وجود این تنوع اولین گام در یافتن منبع ژن‌های مطلوب است.

جدول ۵- جدول مقایسه میانگین مرگ‌ومیر و شاخص مقاومت گونه‌های مختلف جنس کارتاموس در محیط آلوده به بیماریگر *P. ultimum* با آزمون LSD.

ژنوتیپ	درصد مرگ‌ومیر گیاهچه	سرعت مرگ‌ومیر گیاهچه	شاخص مقاومت
PI-250537	۸۰/۶۵ <sup>abc</sup>	۰/۳۶ <sup>abc</sup>	۹۶/۱۷ <sup>ab</sup>
۵۴۱-۵	۹۳/۳۹ <sup>a</sup>	۰/۳۴ <sup>a</sup>	۹۶/۰۲ <sup>ab</sup>
Aceteria	۶۷/۱۷ <sup>dc</sup>	۰/۳۱ <sup>bcd</sup>	۱۰۰/۳۲ <sup>ab</sup>
Dinger	۶۳/۰۲ <sup>d</sup>	۰/۳۰ <sup>de</sup>	۹۷/۱۲ <sup>ab</sup>
LRV-5151	۶۱/۵۰ <sup>d</sup>	۰/۳۰ <sup>de</sup>	۹۷/۹۹ <sup>ab</sup>
اراک ۲۸۱۱	۷۷/۷۰ <sup>abcd</sup>	۰/۳۶ <sup>abcd</sup>	۹۳/۵۸ <sup>bc</sup>
۳۴۰۷۴	۸۴/۱۷ <sup>ab</sup>	۰/۳۲ <sup>ab</sup>	۹۶/۱۶ <sup>ab</sup>
۳۴۰۴۰	۸۸/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۳۳ <sup>a</sup>	۱۰۳/۹۳ <sup>a</sup>
اکسیاکانتوس تهران	۶۷/۲۸ <sup>bcd</sup>	۰/۳۰ <sup>bcd</sup>	۷۸/۹۲ <sup>d</sup>
وحشی اکسیاکانتوس اصفهان	۴۴/۸۶ <sup>e</sup>	۰/۲۸ <sup>e</sup>	۹۳/۶۰ <sup>bc</sup>
لاناتوس	۷۰/۵۸ <sup>bcd</sup>	۰/۳۰ <sup>cd</sup>	۸۶/۳۴ <sup>cd</sup>
میانگین	۷۲/۶۷	۰/۳۱	۹۵/۵۶

ژنوتیپ‌های دارای حرف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری با هم ندارند.

هرچه درصد مرگ و میر ژنوتیپی در حضور بیمارگر کم‌تر باشد آن ژنوتیپ دارای مقاومت بالاتری است. در بین ژنوتیپ‌های زراعی درصد مرگ و میر گیاهچه در ژنوتیپ‌های LRV-5151 و Dinger به ترتیب ۶۱/۵۰ و ۶۳/۰۲ درصد بود که نشان‌دهنده تحمل و یا مقاومت بیش‌تر آن‌ها در برابر پاتوژن می‌باشد و می‌توان از آن‌ها برای تهیه ارقام مقاوم بهره گرفت. این یافته با نتایج احمدی و همکاران (۲۰۰۸) که عنوان کردند می‌توان از ژنوتیپ Dinger برای تولید ارقام مقاوم گلرنگ در برابر بیمارگر

پیتیموم استفاده نمود، مطابقت دارد. توده وحشی اکسیاکانتوس اصفهان درصد مرگ و میر کم‌تری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشت، از این رو و با توجه به اینکه این توده در محیط استریل نیز از جوانه‌زنی قابل قبولی برخوردار بود (جدول ۳)، می‌توان گفت که منبع ژن‌های مقاومت است. سبزیلیان و همکاران (۲۰۱۰) از گونه وحشی اکسیاکانتوس به عنوان منبع مقاومت به مگس گلرنگ یاد کرده‌اند. مجیدی و همکاران (۲۰۱۱) نیز وجود ژن‌های مقاومت به خشکی را در گونه اکسیاکانتوس گزارش نمودند.

جدول ۶- نتایج تلاقی‌پذیری بین گلرنگ زراعی و توده‌های دو گونه وحشی از جنس کارتاموس

تلاقی (پدر×مادر)		تعداد طبق تلاقی داده شده	تعداد گلچه تلاقی داده شده	تعداد کل بذر به دست آمده	متوسط درصد تولید بذر	درصد جوانه‌زنی بذر
<i>C. oxy</i> (Isf)* <sup>۳۴۰۷۴</sup>	۴۴	۵۹۵	۱۹۱	۲۷/۱۳	۴۱/۳۳	۳۲-۵۶
<sup>۳۴۰۷۴</sup> * <i>C. oxy</i> (Isf)	۶۸	۹۴۷	۴۵۴	۴۸/۱۱	۸۵/۳۳	۸۰-۸۸
<i>C. oxy</i> (Teh)* <sup>۳۴۰۷۴</sup>	۱۳	۹۹	۲۰	۱۹/۱۴	-	-
<sup>۳۴۰۷۴</sup> * <i>C. oxy</i> (Teh)	۱۰	۱۲۳	۷۶	۶۴/۴	-	-
<i>C. oxy</i> (Isf)* <i>C. oxy</i> (Teh)	۵	۶۸	۳۸	۵۹/۵۸	-	-
<i>C. oxy</i> (Teh) * <i>C. oxy</i> (Isf)	۳	۲۳	۷	۲۷/۵	-	-
<i>C. oxy</i> (Teh) * <i>C. lan</i>	۷	۵۰	-	-	-	-
<i>C. oxy</i> (Isf) * <i>C. lan</i>	۴	۲۹	-	-	-	-
<i>C. Lan</i> * گونه زراعی	۱۵	۱۲۹	۲*	۲/۳۳	-	-
گونه زراعی* <i>C. Lan</i>	۹	۸۷	۱۹*	۲۲/۱۴	-	-

شاخص مقاومت مواد گیاهی مورد استفاده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود ولی تفاوت دو توده گونه اکسیاکانتوس با یکدیگر و گونه زراعی در مقابل اکسیاکانتوس اصفهان معنی‌دار نبود (جدول ۴). هر چه شاخص مقاومت یک ژنوتیپ بیشتر باشد، مقاومت آن ژنوتیپ نسبت به بیمارگر بیشتر می‌باشد. میزان شاخص مقاومت توده‌های مورد مطالعه از دو گونه وحشی پایین‌تر از ژنوتیپ‌های زراعی بود (جدول ۵). این یافته بیان‌گر از مقاومت بیشتر ژنوتیپ‌های زراعی می‌باشد، البته توده اکسیاکانتوس اصفهان نیز با ژنوتیپ‌های زراعی اختلاف معنی‌دار نداشت و همراه با آن‌ها در یک گروه قرار گرفتند. هیتون و کلیسویژ (۱۹۸۱) اعلام کردند که گونه وحشی *C. lanatus*، از مقاومت بالایی

نسبت به بیماری‌های برگ‌ی آلترناریا<sup>۲</sup> و ذوموناس<sup>۳</sup> و پژمردگی فوزاریومی برخوردار است، در حالی که گونه زراعی به این بیماری‌ها حساس بود. شاخص مقاومت، پتانسیل جوانه‌زنی بذر در حضور بیمارگر را نشان می‌دهد و میزان مرگ و میر گیاهچه را در بر نمی‌گیرد، بنابراین استفاده هم‌زمان آن با درصد مرگ و میر گیاهچه در محیط آلوده برای تعیین مقاومت مناسب‌تر است. بدین ترتیب هرچه شاخص مقاومت یک ژنوتیپ بیشتر و هم‌زمان درصد مرگ و میر گیاهچه آن در محیط آلوده کمتر باشد، مقاوم‌تر است. بدین ترتیب توده اکسیاکانتوس اصفهان که فاقد تفاوت معنی‌دار از لحاظ شاخص مقاومت با ژنوتیپ‌های زراعی و دارای کمترین درصد مرگ و میر گیاهچه در محیط آلوده بود را می‌توان به‌عنوان منبع مناسبی از ژن‌های مقاومت در نظر گرفت.

**تلاقی‌پذیری بین گونه‌ای:** تعداد طبق تلاقی‌داده شده، تعداد گلچه تلاقی داده شده، تعداد کل بذر به‌دست آمده، متوسط درصد تولید بذر به همراه میانگین و دامنه درصد جوانه‌زنی بذور دورگ حاصل از تلاقی سه گونه *C. tinctorius*، *C. oxyacanthus* و *C. lanatus* محاسبه شد (جدول ۶). در تلاقی ۳۴۰۷۴ با اکسیاکانتوس اصفهان، تعداد کل بذر دورگ تولید شده در تلاقی مستقیم (پایه مادری از گونه زراعی)، ۴۵۴ و در تلاقی معکوس ۱۹۱ عدد بود (شکل ۱). برای همین تلاقی متوسط درصد تولید بذر روی پایه وحشی ۲۷/۱۳ و روی پایه زراعی ۴۸/۱۱ بود. متوسط درصد جوانه‌زنی بذور دورگ حاصل روی دو پایه وحشی و زراعی به ترتیب ۴۱/۳۳ و ۸۵/۳۳ بود (جدول ۶).

در تلاقی اکسیاکانتوس تهران با ۳۴۰۷۴ نیز میانگین درصد تولید بذر روی پایه زراعی بیش‌تر بود. از این نتایج چنین برمی‌آید که انجام هیبریداسیون بین دو گونه بالا امکان‌پذیر بوده ولی برای به‌دست آوردن بذر دورگ و دارای قابلیت جوانه‌زنی، انتخاب گونه زراعی به عنوان پایه مادری بسیار اهمیت دارد. نتایج مطالعه سبزیلیان و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی تلاقی‌پذیری بین دو گونه یادشده نیز بیانگر تشکیل بذر بیش‌تر روی پایه زراعی بود. مایرهوفر و همکاران (۲۰۱۱) نیز گزارش کردند که میزان تلاقی‌پذیری بین گونه زراعی و اکسیاکانتوس به‌شدت تحت تأثیر نوع پایه مادری می‌باشد، به‌طوری‌که در تلاقی این دو گونه هنگامی که گونه زراعی به‌عنوان والد مادری باشد، بذر دورگ بیش‌تری تولید می‌شود. نقش والد مادری در میزان موفقیت تلاقی‌پذیری در گونه‌های دیگر نیز گزارش شده است.

2- Alternaria

3- Pseudomonas

محمد و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی تلاقی‌پذیری بین لوبیای چشم بلبلی و خویشاوندان وحشی آن، مشاهده کردند درصد تلاقی‌پذیری هنگامی که گونه زراعی والد مادری است، افزایش می‌یابد.



شکل ۱- تشکیل بذر دورگ روی پایه وحشی *C. oxyacanthus* (بالا) و پایه گلرنگ زراعی (پایین)

نقش پایه مادری در تولید بذر دورگ بین دو توده گونه وحشی اکسیاکانتوس نیز مهم بود. در تلاقی دوطرفه دو توده گونه اکسیاکانتوس با منشأهای مختلف، متوسط درصد تولید بذر هنگامی که توده اصفهان به‌عنوان والد مادری مورد استفاده قرار گرفت، بیش‌تر بود. در این تلاقی متوسط درصد تولید روی پایه اصفهان، ۵۹/۵۸ و روی پایه تهران ۲۷/۵ بود. تفاوت در قدرت تولید بذر در دو توده

این گونه را می‌توان به تفاوت در میزان تنوع ژنتیکی برای صفات کنترل کننده باروری، یا به عبارتی تفاوت موانع باروری بین دو گونه نسبت داد. رام و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی موانع تلاقی‌پذیری بین گونه زراعی پنبه با ۴ گونه وحشی این گیاه، تفاوت درصد جوانه‌زنی کرده و دیگر خصوصیات مربوط به تلقیح مصنوعی نظیر ناحیه مورد استفاده کلاله در تلاقی را معنی‌دار گزارش نمودند.



شکل ۲- بذور تولید شده در تلاقی گونه زراعی و لاناتوس. بذور دورگ (بالا سمت راست)، بذور تلقیح نشده گونه لاناتوس (بالا سمت چپ) و بذور طبیعی گونه لاناتوس (پایین).

تلاقی دو گونه زراعی و لاناتوس به تولید بذور چروکیده با دو لکه در انتها منجر شد (شکل ۲). در این تلاقی هنگامی که گونه وحشی به‌عنوان پایه مادری بود، بذور بیشتری تولید شد. اما در تلاقی گونه لاناتوس با توده‌های گونه اکسیاکانتوس بذری مشاهده نشد. اگرچه تولید هیبرید بارور در تلاقی گونه زراعی و لاناتوس گزارش نشده است، اما هیتون و کلیسویژ (۱۹۸۱) با دو برابر کردن کروموزوم‌ها، گیاهان آلپلوئید بارور دو گونه زراعی و لاناتوس را تولید کردند. مایرهوفر و همکاران (۲۰۱۱) نیز گزارش کردند که بذور به‌دست آمده از تلاقی گونه زراعی و گونه لاناتوس عقیم هستند. عقیم بودن تلاقی بین دو گونه زراعی و لاناتوس بیشتر از هر عاملی می‌تواند ناشی از تفاوت سطح پلوئیدی دو گونه باشد.



بیمارگر *P. ultimum* یکی از مهم‌ترین بیماری‌های گلرنگ زراعی می‌باشد و ایجاد ارقام مقاوم و یافتن منابع ژنتیکی مقاومت در گونه‌های خویشاوند وحشی یکی از اهداف مهم اصلاح این گیاه می‌باشد. ارزیابی ژنوتیپ‌ها و توده‌های مختلف جنس کارتاموس در این مطالعه نشان داد که تنوع بین گونه‌ای برای مقاومت به این بیمارگر وجود دارد. توده اکسیاکانتوس به لحاظ درصد و سرعت مرگ و میر گیاهچه و همچنین شاخص مقاومت در محیط آلوده به بیمارگر و همچنین امکان تلاقی‌پذیری آن با گونه زراعی از وضعیت مطلوب‌تری نسبت به سایرین برخوردار بود، بنابراین استفاده از توده‌های گلرنگ وحشی *C. oxyacanthus* به‌عنوان منبع قابل استفاده ژن‌های مقاومت در گونه زراعی، قابل توصیه می‌باشد.

#### منابع

1. Ahmadi, A. Pahlavani, M.H. Razavi, S.E., and Maghsoudlo, R. 2008. Evaluation of safflower genotypes to find genetic sources of resistance to damping-off (*Pythium ultimum*). EJCP., 1 (1):1-16.
2. Chapman, M. A., and Burke, J.M. 2007. DNA sequence diversity and the origin of cultivated safflower (*Carthamus tinctorius* L.; Asteraceae). BMC Plant Biology. 7:1-9.
3. Dajue, L., and Mundel, H.H., 1996. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). IPGRI (Roma). 83pp.
4. De-vay, J.E. Garber, R.H., and Matheron, D. 1982. Role of *Pythium* species in the seedling disease complex of cotton in California. Plant Dis. 66:151-154.
5. Dittrich, M. Petrak, F. Rechinger, K.H., and Wagenitz, G. 1979. Compositae III—Cynareae. In: Rechinger KH (ed) Flora Iranica. 468pp.
6. Ershad, D. 1996. Fungi of Iran. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Agricultural Research, Education and Extension Organization Iranian Research Institute of Plant Protection.
7. Fischer, R.A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars, I. Grain yield responses. Aust. Agric. Res. 29:897-915.
8. Ghaderi, M. Pahlevani M., and Razavi, S. 2011. Inheritance of resistance to *Pythium ultimum* in safflower determined by generation means analysis. AJCS. 5(4):439-446.
9. Ghaderifar, F., and Soltani, A. 2011. Seed control and certification. Mashhad: JDM Press. 175p.
10. Heaton, T.C., and Klisiewicz, J.M. 1981. A disease-resistant safflower allopolyploid from *Carthamus tinctorius* L. × *C. lanatus* L. Can. J. Plant Sci. 61: 219-224.

11. Huang, H.C. Morrison, R.J. Mundel, H.H. Barr, D.J. Klassen, G.R., and J. Buchko, J. 1992. *Pythium* sp. "group G", a form of *Pythium ultimum* causing damping-off of safflower. *Can. J. Plant Pathol.* 14: 229-232.
12. Knowles, P.F. 1980. Safflower. In W.R. Fehr and H. H. Hadley, (Eds.). *Hybridization of crop plants*. (Pp. 535-547). American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
13. Majidi, M. Tavakoli, M. Mirlohi, A., and Sabzalian, M.R. 2011. Wild safflower species (*Carthamus oxyacanthus* Bieb.): A possible source of drought tolerance for arid environments. *AJCS.* 5:1055-1063.
14. Mayerhofer, M.R. Mayerhofer, D. Topinka, J. Christianson, and Good, A.G. 2011. Introgression potential between safflower (*Carthamus tinctorius*) and wild relatives of the genus *Carthamus*. *BMC Plant Biology*. <http://www.biomedcentral.com/1471-2229/11/47>.
15. Mohammed, M., Russom, Z. and Abdul, S.D. 2010. Studies on crossability between cultivated cowpea (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) varieties and their wild relative (var. pubescens TVNu110-3A). *International Res J Plant Sci.* 1:133-135.
16. Mundel, H.H. and Bergman, J.W. 2009. Safflower. In Vollmann, J., and Rajcan, I (Eds). *Oil Crops*. © Springer Science+Business Media. p:423-444.
17. Mundel, H.H. Huang, H.C. Kozub, G.C. and Barr, D.J.S. 1995. Effect of soil moisture and temperature on seedling emergence and incidence of *Pythium* damping-off in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Can. J. Plant Sci.* 75:505-509.
18. Pahlavani, M. Razavi, S. Kavusi, F. and Hasanpoor, M. 2009. Influence of temperature and genotype on *Pythium* damping-off in safflower. *Plant Breed. Crop Sci.* 1:001-007.
19. Pahlevani, M. Ahmadi, A. and Razavi, S. 2010. Assessment of safflower for susceptibility to *Pythium ultimum*, the causal agent of damping-off. *Plant Breed. Crop Sci.* 62:17-29.
20. Ram, S., Ramakrishnan, G. Thiruvengadam, S.H. and Bapu, R.K. 2008. Prefertilization barriers to interspecific hybridization involving *Gossypium hirsutum* and four diploid wild species. *Plant Breed.* 127: 295-300.
21. Sabzalian, M.R. Saeidi, G. and Mirlohi, A. 2008. Oil content and fatty acid composition in seeds of three safflower species. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 85:717-721.
22. Sabzalian, M. R. Saeidi, G. and Mirlohi, A.F. 2010. An investigation of crossability and interspecific hybrids between cultivated (*Carthamus tinctorius* L.) and wild (*C. oxyacantha* Bieb.) safflower. *Iran J. Field Crop Sci.* 40: 177-185.(in Persian)

23. Sabzalian, M.R. Saeidi, G. Mirlohi, A. and Hatami, B. 2010. Wild safflower species (*Carthamus oxyacanthus*): A possible source of resistance to the safflower fly (*Acanthiophilus helianthi*). *Crop Prot.* 29: 550–555.
24. Sadravi, M. 2004. Diseases of oilseed crops. Mashhad: JDM Press.
25. SAS Institute Inc. 1996. SAS/STAT Users guide *SAS Institute Inc.* (Cary, NC).
26. Sehgal, D. Raina, S.N. Devarumath, R.M. Sasanuma, T. and Sasakuma, T. 2009. Nuclear DNA assay in solving issues related to ancestry of the domesticated diploid safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and the polyploid (*Carthamus*) taxa, and phylogenetic and genomic relationships in the genus *Carthamus* L. (Asteraceae). *Mol. Phylogen. Evol.* 53:631–644.
27. Soltani, A. 2007. Application of SAS in statistical analysis. Mashhad: JDM Press. 72p.
28. Vilatersana, R. Garnataje, T. Susanna, A. and Garcia, N.J. 2005. Taxonomic problems in *Carthamus* (Asteraceae): RAPD markers and sectional classification. *Bot. J. Linnean Society.* 147: 375-383.
29. Vilatersana, R. Susanna, A. Garcia, N. J. and Garnatje, T. 2000. Generic delimitation and phylogeny of the *Carduncellus-Carthamus* complex (Asteraceae) based on ITS sequences. *Plant Syst. Evol.* 221: 89-105.
30. Yazdi-Samadi, B. Rezaei, A. and Valyzadeh, M. 1998. Statistical Designs in Agricultural Research. Tehran University Press, Iran. 763p.
31. Zeinali, E. 1999. Safflower, characteristics, production and utilization. Gorgan University Press, Iran, 137p.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Plant Production*, Vol. 19(3), 2012  
<http://jopp.gau.ac.ir>

## Crossability and resistance to *Pythium ultimum* in three different species of the genus *Carthamus*

H. Bagmohammadi<sup>1</sup>, \*M. Pahlevani<sup>2</sup>, A. Ahmadikhah<sup>2</sup> and S.E. Razavi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduated M.Sc. student of Plant Breeding, <sup>2</sup>Academic staff of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

### Abstract

Identification and transfer of desirable genes from wild relatives to crop species is one of the breeding solutions for producing resistance to pathogens and pests. This study was conducted to evaluate crossability and the response to *Pythium ultimum* in three species of the genus *Carthamus*. To assess response to the pathogen, eight cultivated safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes, two ecotypes of wild species *C. oxyacanthus* collected from Tehran and Isfahan, and one ecotype of wild species *C. lanatus* collected from Golestan province as sub factor were cultured on pathogen-free and infested medium with zoospore suspension of *P. ultimum* as main factor in a split plot design with 4 replications. Suspension of  $10^5$  zoospore per milliliter was used for inoculation. At the pathogen-free media, seed germination of cultivated and *C. lanatus* genotypes was higher than 90%, but at the infested media just cultivated genotypes had germination to this extent. The crossability experiment shows that, success in interspecific hybrid seed production is highly depended on choosing the seed producing parent. In the cross of cultivated species with *C. oxyacanthus*; more hybrid seed was obtained when *C. oxyacanthus* was female parent. Produced seeds on the cross of cultivated species and *C. oxyacanthus* had enough germination ability, but it was nothing for seeds obtained from cross of cultivated species and *C. lanatus*. Resistance of *C. oxyacanthus* to the pathogen *Pythium* and success in hybrid seed production show the potential of this species for transferring of resistance and other favorable traits to cultivated safflower.

**Keywords:** Interspecific hybridization; Wild relatives; Zoospore; Seed.

---

\* Corresponding author; Email: hpahlavani@Yahoo.com