دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۳، شماره ۶، صفحه ۱۰۰۲-۹۹۰ (۱۳۹۶)
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijmapr.2018.110590.2026

ارزیابی تنوع ژنتیکی اکوتیپ‌های گیاه دارویی خارمریم (*Silybum marianum* L.) با استفاده از اجزاء عملکرد، صفات مورفولوژیک و فنولوژیک

عزیزه سقلی[۱]، محمد فرخاری[۲*]، افشین صلواتی[۳]، خلیل عالمی سعید[۴] و علیرضا ابدالی مشهدی[۴]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، ملاثانی، ایران

۲*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، ملاثانی، ایران

پست الکترونیک: farkhari@ramin.ac.ir

۳- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، ملاثانی، ایران

۴- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، ملاثانی، ایران

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۶ تاریخ اصلاح نهایی: آبان ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۶

چکیده

به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی اکوتیپ‌های خارمریم (*Silybum marianum* L.) جمع‌آوری شده از نقاط مختلف کشور ایران و رقم اصلاح شده بوداکالازی و دو اکوتیپ متعلق به انگلستان، آزمایشی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در مزرعه آزمایشی دانشکده کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان اجرا شد. در این مطالعه صفات مورفولوژیک، فنولوژیک، عملکرد و اجزاء عملکرد ارزیابی گردید. تجزیه واریانس تفاوت معنی‌داری را بین اکوتیپ‌های مورد مطالعه برای بیشتر صفات مورد بررسی به‌جز صفات فنولوژیک نشان داد. حداکثر و حداقل میزان عملکرد برآورد شده در هکتار مربوط به اکوتیپ‌های ملاثانی ۲ و شوش ۲ به‌ترتیب با عملکرد تخمینی ۴/۲ و ۱/۷ تن در هکتار بود. همچنین عملکرد رقم بوداکالازی ۲/۲ تن در هکتار بود. البته رقم شوش ۲ در بین اکوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ اندازه دارای کوچکترین ابعاد بود. از میان صفات فنولوژیک مورد بررسی قرار گرفته، فقط طول دوره پرشدن از لحاظ آماری در سطح ۵٪ معنی‌دار گردید. براساس رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت، صفات تعداد کاپیتول در بوته، تعداد دانه در کاپیتول اصلی و وزن هزاردانه از مهمترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه بودند. همچنین زمان به ساقه رفتن نیز به‌طور غیرمستقیم از طریق تأثیر بر تعداد کاپیتول در بوته و تعداد دانه در کاپیتول اصلی بر عملکرد مؤثر بود. صفات وارد شده در مدل رگرسیونی درمجموع ۹۷٪ از تغییرات عملکرد را توجیه کردند. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای بر ساس فاصله مربع اقلیدسی و الگوریتم وارد اکوتیپ‌ها را در سه گروه دسته‌بندی کرد. این تقسیم‌بندی به‌طور کامل مطابق با مناطق جغرافیایی جمع‌آوری شده نبود. نتایج این پژوهش نشان داد که بین اکوتیپ‌های خارمریم بررسی شده از نظر صفات ظاهری تنوع بالایی وجود دارد، به‌طوری که می‌توان از این اکوتیپ‌ها در برنامه‌های به‌نژادی بهره برد.

واژه‌های کلیدی: تنوع مورفولوژیک، گیاه دارویی، گیاه روغنی، خارمریم (*Silybum marianum* L.)، به‌نژادی.

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

خارمریم یا ماریتیغال با نام علمی *Silybum marianum* (L.) Gaertn گیاهی دولپه، پیوسته گلبرگ علفی، یک یا دو ساله از خانواده کاسنی (کمپوزیته) است. این گیاه دارای ترکیب‌های ارزشمند فلاونولیگانی مانند سیلی‌بین، سیلی‌کریستین و سیلی‌دیانین است که به‌طور عمده در دانه آن یافت می‌شود و در مجموع به نام سیلی‌مارین شناخته می‌شود (Kurkin, 2003).

با این حال هنوز به‌نژادی و زراعی‌سازی این گیاه به‌صورت مؤثری انجام نشده و ژنوتیپ‌های مورد کشت مشکلاتی از قبیل ریزش بذر، عدم یکنواختی در رسیدگی، خاردار بودن و ارتفاع بلند را دارند. با توجه به اینکه روغن این گیاه نیز خوراکی بوده و به‌دلیل میزان بالای لینولئیک و اولئیک اسید دارای ارزش تغذیه‌ای بالایی است (Alirezalu *et al.*, 2011؛ Goli *et al.*, 2008؛ Kohanmoo *et al.*, 2015؛ Shokrpour *et al.*, 2008)؛ در صورت اصلاح این صفات، با توجه به میزان بالای روغن در این گیاه (۲۴/۵٪) (Kohanmoo *et al.*, 2015) تا ۳۰٪ (Abdali & Fathi, 2000)، می‌توان این گیاه را به‌عنوان یک گیاه دارویی-روغنی برای کشت در سطح وسیع معرفی کرد. همچنین دوره رشدی این گیاه در بیشتر نقاط ایران منطبق با بارندگی‌های سالیانه (پاییز، زمستان و اوایل بهار) می‌باشد. به‌طوری که گیاه حداکثر استفاده از بارندگی‌های فصول سرد (پاییز و زمستان) را در گسترش ریشه‌ها انجام داده (به‌خصوص در استان‌هایی همانند خوزستان که بارش برف و سرمای شدید زمستانه در بیشتر نقاط آن وجود ندارد) و با شروع فصل بهار با افزایش دما به سرعت وارد مرحله زایشی و تکمیل دوره رشدی خود می‌شود. بنابراین امکان کشت این گیاه به‌صورت دیم نیز وجود دارد.

وجود تنوع ژنتیکی شرط اصلی اجرای برنامه‌های اصلاحی است، از این‌رو بررسی تنوع ژنتیکی موجود در بین گونه‌ها و جمعیت‌های داخل گونه‌ها از نظر اصلاحی با ارزش بوده و کمک شایانی به پیشبرد برنامه‌های تحقیقاتی می‌کند (Bert *et al.*, 2003). در تحقیقات قبلی، Hamid و همکاران (۲۰۱۴)، صفات مورفولوژیک را در ده اکوتیپ خارمریم ایرانی مورد بررسی قرار دادند و وجود تنوع بالایی را در بین اکوتیپ‌های مورد مطالعه گزارش کردند. Ram و همکاران (۲۰۰۵)، ۱۵ نمونه خارمریم متشکل از ده جمعیت خارجی و پنج جمعیت داخلی جمع‌آوری شده از منطقه جاموی هند را از لحاظ صفات مورفولوژیکی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج بررسی آنان نشان داد که بیشترین ضریب تغییرات ژنوتیپی، وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی مربوط به صفات عملکرد دانه در بوته، تعداد کاپیتول در بوته، تعداد شاخه در بوته، طول برگ، قطر ساقه و قطر کاپیتول است. Adzet و همکاران (۱۹۸۷)، ۴۴ جمعیت اسپانیایی و ۱۴ جمعیت خارمریم از منشأ دیگر را از لحاظ خصوصیات شیمیایی و مورفولوژیکی مورد بررسی قرار دادند. Ottai و Abdel-Moniem (۲۰۰۶)، رابطه بین پارامترهای ژنتیکی (مورفولوژیکی) و میزان حساسیت به شپشه گندم (*Sitophilus granaries*) را در اکوتیپ‌های گل سفید و گل بنفش خارمریم در یک آزمایش چندساله مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این بررسی نشان داد که بین اکوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر وزن صد دانه، ارتفاع بوته، شاخص رشد، تعداد کاپیتول در بوته و عملکرد دانه هر بوته برای سال اول تفاوت‌های بسیار معنی‌داری وجود دارد. در سال دوم علاوه‌بر صفات قبلی صفات قطر کاپیتول و شاخه‌های اصلی در بوته نیز مطالعه شدند که تمامی این صفات نیز معنی‌دار شدند. Shokrpour و همکاران (۲۰۰۸)، به منظور بررسی رابطه بین نشانگرهای مورفولوژیک، فیتوشیمیایی و مولکولی در خارمریم، ۳۲ اکوتیپ جمع‌آوری شده از نواحی مختلف کشور به همراه دو رقم خارجی بوداکالازی و CNseeds را ارزیابی کردند. ضرایب همبستگی‌های کانونیک نشان داد که اکوتیپ‌های دارای وزن هزاردانه بیشتر و تاریخ گلدهی، ارتفاع بوته، قطر کاپیتول و عملکرد دانه کمتر دارای سیلی‌کریستین و سیلی‌بین بیشتر و سیلی‌دیانین کمتری بودند. Hasanloo و همکاران (۲۰۰۵)، ۱۴ جمعیت از نقاط مختلف کشور (شمال، غرب و جنوب‌غرب) همراه با رقمی با منشأ مجارستان (بوداکالازی) را از نظر ویژگی‌های رویشی و فیزیولوژیکی مورد بررسی قرار دادند. براساس نتایج بدست آمده، عوامل محیطی محل رویش گیاه خارمریم بر ویژگی‌های آن تأثیرگذار بود.

Archive of SID

www.SID.ir

با توجه به نیاز کشور به صرفه جویی در مصرف آب کشاورزی و خودکفایی روغن خوراکی، به‌نژادی و اهلی‌سازی خارمریم به‌عنوان یک گیاه زراعی دارویی–روغنی، به‌عنوان گزینه‌ای مناسب برای رفع این مشکلات می‌تواند مطرح گردد. در این پژوهش تنوع موجود در بین اکوتیپ‌های مختلف خارمریم از لحاظ عملکرد و اجزاء عملکرد، صفات مورفولوژیک و فنولوژیک مورد بررسی قرار گرفت و علاوه‌بر مطالعه روابط بین صفات، اکوتیپ‌هایی کاندیدا برای استفاده در پروژه‌های به‌نژادی این گیاه مشخص شدند.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۱۳ اکوتیپ خارمریم متعلق به نقاط مختلف ایران به همراه رقم بوداکالازی (با منشأ مجارستان) و دو اکوتیپ متعلق به انگلستان مورد استفاده قرار گرفتند. بذرهای اکوتیپ‌های مورد مطالعه از بانک ژن مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور دریافت و تعدادی از آنها از استان خوزستان جمع‌آوری گردید (جدول ۱). اکوتیپ P ۱۰۰ از مرکز ملی ذخائر ژنتیکی و زیستی ایران تهیه شد.

برای ارزیابی فنوتیپی، اکوتیپ‌ها در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با دو تکرار در مزرعه تحقیقاتی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان کشت شدند. فاصله ردیف‌های کاشت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها بر روی ردیف ۴۵ سانتی‌متر بود. هر کرت دارای سه ردیف کشت به طول دو متر بود. در هر حفره کاشت ۳ عدد بذر کشت گردید که پس از سبز شدن بوته‌های اضافی تنک شدند، به‌صورتی که در هر گودال یک گیاهچه باقی ماند. اولین آبیاری یک روز بعد از کشت انجام و برای مبارزه با علف هرز از وجین دستی و علف‌کش استفاده شد.

جدول ۱- نام و محل جمع‌آوری اکوتیپ‌های بررسی شده خارمریم

شماره	اکوتیپ/رقم	استان	ارتفاع از سطح دریا
۱	شوش ۱	خوزستان	۸۵
۲	P ۱۰۰		
۳	انگلستان ۱		
۴	منجیل	گیلان	۳۴۸
۵	روستای ندافیه	خوزستان	۲۱
۶	اندیمشک	خوزستان	۱۶۹
۷	اردبیل	اردبیل	۱۳۲۰
۸	ملاثانی ۱	خوزستان	۲۲
۹	ملاثانی ۲	خوزستان	۲۲
۱۰	بهبهان ۱	خوزستان	۳۴۰
۱۱	نجف‌آباد	اصفهان	۱۶۴۲
۱۲	انگلستان ۲		
۱۳	رامهرمز	خوزستان	۱۲۸
۱۴	بهبهان ۲	خوزستان	
۱۵	شوش ۲	خوزستان	۸۰
۱۶	بوداکالازی		

Archive of SID

www.SID.ir

صفات مورد بررسی

صفات مورفولوژیک و فنولوژیک مورد بررسی در این تحقیق عبارت بود از: ارتفاع بوته، ارتفاع اولین انشعاب شاخه فرعی از سطح زمین، قطر روزت، طول و عرض بزرگترین و کوچکترین برگ روزتی، تعداد کاپیتول در بوته، قطر کاپیتول اصلی، طول کاپیتول اصلی، تعداد دانه در کاپیتول اصلی، وزن دانه در کاپیتول اصلی، وزن هزاردانه، عملکرد تک بوته، میزان کلروفیل، تعداد روز تا سبزشدن، تعداد روز تا ساقه رفتن، تعداد روز تا شروع گلدهی و طول دوره گلدهی بود. همچنین عملکرد در یک هکتار براساس عملکرد تک بوته و فاصله کشت بین و داخل ردیف ۵۰ و ۴۵ سانتی‌متر (تقریباً ۴۴۴۴۴ بوته در هکتار) تخمین زده شد.

روزت در خارمریم با اولین باران در پاییز سبز می‌شود. روزت در این گیاه شامل برگ‌هایی است که به‌صورت افقی رشد کرده و ایجاد یک روزت مسطح می‌کند. روزت می‌تواند سطح وسیعی از زمین حتی بالغ بر یک متر را بپوشاند (Sindel, 1991). در این مطالعه اندازه‌گیری قطر روزت در آخرین مراحل رشد روزت (مرحله ۳۹ براساس شاخص گسترش یافته BBCH) (Biologische Bundesantalt, Bundessortenamt and Chemische Industrie)) انجام شد (Martinelli *et al*., 2015).

تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SAS، SPSS و Path انجام شد. گروه‌بندی اکوتیپ‌ها به روش تجزیه خوشه‌ای وارد (Ward) با استفاده از داده‌های استاندارد شده براساس فاصله مربع اقلیدسی انجام شد. برای بررسی صفات مؤثر بر روی عملکرد دانه از رگرسیون گام به گام استفاده شد. بدین‌ترتیب که عملکرد به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. میزان آلفا (خطای نوع اول) برای ورود یا خروج متغیرها ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. متغیرهای وارد شده به مدل به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم (از طریق سایر متغیرهای مستقل موجود در مدل) بر روی عملکرد مؤثر می‌باشند که برای تخمین سهم اثر مستقیم و غیرمستقیم متغیرها بر روی عملکرد نیز از تجزیه علیت استفاده شد.

نتایج

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات

اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال خطای ۱٪ بین اکوتیپ‌های مختلف از نظر عملکرد و تمام اجزاء عملکرد وجود داشت (جدول ۲). همچنین از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری در همه صفات مورفولوژیک به غیر از عرض بزرگترین برگ روزتی وجود داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین برای تمام صفاتی که تیمار (اکوتیپ) در آنها معنی‌دار گردید توسط آزمون دانکن در سطح معنی‌داری احتمال خطای ۵٪ یا ۱٪ انجام شد (جدول ۴ و ۵). همچنین برآورد عملکرد در یک هکتار براساس تک بوته محاسبه و در جدول ۵ آمده است.

بیشترین عملکرد مربوط به اکوتیپ ملاثانی ۲ با عملکرد تخمینی ۴/۶ تن در هکتار و کمترین عملکرد نیز مربوط به اکوتیپ شوش ۲ با عملکرد ۱/۷ تن در هکتار بود. همچنین اکوتیپ بهبهان ۱ با عملکرد ۴/۲ تن در هکتار بعد از اکوتیپ ملاثانی ۲ دارای بیشترین عملکرد بود. بیشترین تعداد کپسول در بوته (۲۲ عدد) متعلق به اکوتیپ ملاثانی ۲ و از لحاظ صفات قطر کاپیتول اصلی (۵/۳۵ سانتی‌متر)، تعداد دانه در کاپیتول اصلی (۱۹۰) و وزن دانه در کاپیتول اصلی (۵/۱ گرم) اکوتیپ بهبهان ۱ در بین سایر اکوتیپ‌ها دارای بیشترین مقدار بود. در بین اکوتیپ‌های خارجی مورد بررسی (اکوتیپ‌های مجارستان، انگلستان ۱ و انگلستان ۲) نیز اکوتیپ انگلستان ۲ دارای بیشترین وزن هزاردانه بود (۳۰ گرم) و عملکرد قابل توجهی برابر با ۳/۸ تن در هکتار داشت.

از لحاظ ابعاد گیاه، اکوتیپ بهبهان ۲ با قطر روزت ۱۰۵ سانتی‌متر دارای بیشترین قطر روزت و اکوتیپ ملاثانی ۲ با ارتفاع بوته ۱۷۷/۵ سانتی‌متر دارای بیشترین ارتفاع در

Archive of SID

www.SID.ir

بین اکوتیپ‌های مورد بررسی بودند. در مقابل اکوتیپ شوش۲ دارای کمترین میزان از لحاظ ارتفاع بوته (۱۲۰/۵)، ارتفاع انشعاب اولین شاخه فرعی (۱۰/۵) و قطر روزت (۶۶/۵) بود که از این لحاظ کوچکترین ابعاد را در بین سایر اکوتیپ‌ها داشت.

از میان صفات فنولوژیک مورد بررسی (روز تا سبزشدن، روز تا ساقه رفتن، روز تا شروع گلدهی و طول دوره گلدهی) فقط طول دوره گلدهی از لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول ۶). مقایسه میانگین طول دوره گلدهی در جدول ۴ گنجانده شده‌است. براساس جدول مقایسه میانگین (جدول ۴)، تفاوت بین طول دوره گلدهی در بین اکوتیپ‌های مختلف حداکثر ۷ روز است. با توجه به اینکه اکوتیپ‌ها از لحاظ روز تا شروع گلدهی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند، بنابراین تفاوت در طول دوره گلدهی به‌دلیل تفاوت در پایان زمان دوره گلدهی می‌باشد.

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد و اجزاء عملکرد

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		طول کاپیتول اصلی	تعداد کاپیتول در بوته	قطر کاپیتول اصلی	تعداد دانه در کاپیتول اصلی	وزن دانه در کاپیتول اصلی	وزن هزاردانه	عملکرد تک بوته
بلوک	۱	۰/۰۰۷ ^{ns}†	۱۱/۲۸ **	۰/۷۴ **	۹۴۶/۱ **	۰/۴۱ *	۳/۱۷ *	۴۱/۷ **
اکوتیپ	۱۵	۰/۳۵ **	۱۱/۲۴ **	۰/۴۵ **	۲۱۸۳/۱ **	۱/۱۷ **	۵/۶ **	۷۹۷/۱ **
%C.V		۷/۹۳	۸/۰۱	۶/۷۹	۸/۱۲	۱۰/۹۳	۵/۳۸	۱۰/۱

† خطای نوع اول (α) را نشان می‌دهد، به‌صورتی که ۰/۰۵< غیرمعنی‌دار بودن و ۰/۰۱-۰/۰۵ و ۰/۰۱> به‌ترتیب معنی‌داری را در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ نشان می‌دهد.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		ارتفاع بوته	ارتفاع انشعاب اولین شاخه فرعی	قطر روزت	طول بزرگترین برگ روزتی	عرض بزرگترین برگ روزتی	طول کوچکترین برگ روزتی	عرض کوچکترین برگ روزتی
بلوک	۱	۴۲/۷ **†	۳/۷۸ *	۰/۸ **	۰/۱۲ **	۴/۱۳ *	۰/۶۳ **	۰/۱۱ **
اکوتیپ	۱۵	۳۷۰/۱ **	۳۶/۱۴ **	۲۴۲/۹ **	۶۲/۱ **	۷/۷۲ **	۶/۹ **	۲/۷۴ **
%C.V		۳/۹۲	۱۰/۱۶	۷/۰۸	۷/۷۸	۱۰/۷	۱۴/۱	۲۱/۵

† خطای نوع اول (α) را نشان می‌دهد، به‌صورتی که ۰/۰۵< غیرمعنی‌دار بودن و ۰/۰۱-۰/۰۵ و ۰/۰۱> به‌ترتیب معنی‌داری را در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ را نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک به همراه طول دوره گلدهی براساس آزمون مقایسه میانگین دانکن

نام اکوتیپ	میانگین صفات						
	ارتفاع بوته	ارتفاع انشعاب اولین شاخه فرعی	قطر روزت	طول بزرگترین برگ روزتی	طول کوچکترین برگ روزتی	عرض کوچکترین برگ روزتی	طول دوره گلدهی
شوش ۱	۱۳۸/۵ef†	۱۵ ef	۷۸/۵ de	۳۹/۵ cdefg	۸ bcde	۴/۲۵ bcd	۳۷ a
P ۱۰۰	۱۵۸/۵ bcd	۲۲/۷۵ abc	۷۹ de	۴۶/۵ abc	۶/۵ de	۴/۵ bcd	۳۵/۵ ab
انگلستان ۱	۱۴۴/۵ de	۱۴/۵ efg	۶۸/۵ e	۳۲ g	۶/۷۵de	۴bcd	۳۴ b
منجیل	۱۵۱ bcde	۱۵/۵ ef	۹۷ abc	۴۰/۵ cdef	۵/۵ e	۲/۴d	۳۵ ab
ندافیه	۱۴۶/۵cde	۲۰/۲۵ bcd	۷۹ de	۳۵/۵ efg	۶/۲۵ de	۲/۵ d	۳۶ ab
اندیمشک	۱۴۷cde	۱۸/۵ cde	۸۴ cd	۴۹/۵ ab	۷/۵ cde	۳ cd	۳۶/۵ ab
اردبیل	۱۴۵/۵ de	۱۶/۵ def	۸۴/۵ cd	۳۹ cdefg	۸ bcde	۵ bc	۳۵ ab
ملاثانی ۱	۱۶۲/۵ b	۲۱/۷۵ bc	۸۵/۵ cd	۴۰ cdef	۶ de	۳/۷۵ cd	۳۴/۵ ab
ملاثانی ۲	۱۷۷/۵ a	۲۳/۵ ab	۹۶/۵ abc	۴۵/۵ abcd	۹/۵ de	۴/۵ bcd	۳۶/۵ ab
بهبهان ۱	۱۵۸ bcd	۱۶/۵ def	۱۰۵ a	۵۱/۵ a	۱۰/۵ ab	۶ ab	۳۰/۵ c
نجف آباد	۱۶۰/۵ bc	۲۶ a	۹۹/۵ ab	۴۱/۵ cde	۱۲/۵ a	۷ a	۳۱ c
انگلستان ۲	۱۵۰ bcde	۱۶/۵ def	۷۵/۵ de	۳۸ defg	۶ de	۴ bcd	۳۵ ab
رامهرمز	۱۲۹ fg	۱۴/۷۵ ef	۷۶/۵ de	۳۴/۵ efg	۸ bcde	۳/۵ cd	۳۵ ab
بهبهان ۲	۱۵۲ bcde	۲۱ bc	۸۶ bcd	۴۳/۵ bcd	۸/۵ bcd	۴/۲۵ bcd	۳۶/۵ ab
شوش ۲	۱۲۰/۵ g	۱۰/۵ g	۶۶/۵ e	۳۹/۵ cdefg	۶ de	۴/۱ cd	۳۰ c
مجارستان	۱۳۹ ef	۱۳ fg	۷۶/۵ de	۳۳/۵ fg	۷/۲۵ cde	۳/۵ cd	۳۶ ab

†: در هر ستون حداقل یک حرف مشابه، عدم تفاوت معنی‌دار ژنوتیپ‌ها را در سطح احتمال خطای ۱٪ نشان می‌دهد. کمترین و بیشترین مقدار هر صفت با خط مشخص شده است. واحد اندازه‌گیری تمام صفات، بجز طول دوره گلدهی (روز)، براساس سانتی‌متر می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین عملکرد و اجزا عملکرد براساس آزمون مقایسه میانگین دانکن

نام	میانگین صفات							
اکوتیپ	طول کاپیتول اصلی (سانتی‌متر)	تعداد کاپیتول در بوته	قطر کاپیتول اصلی (سانتی‌متر)	تعداد دانه در کاپیتول اصلی	وزن دانه در کاپیتول اصلی (گرم)	وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد تک بوته (گرم)	عمکلرد* (تن در هکتار)
شوش ۱	۵ ab	۱۵ bcd	۵/۳ ab	۱۰۱ f†	۲/۸۲ ef	۲۶/۹ abcd	۴۰/۷۵ h	۱/۸
P ۱۰۰	۵/۲۵ a	۱۱/۵ e	۵/۲۵ ab	۱۸۶ ab	۴/۴۸ abcd	۲۷/۱۸ abcd	۵۷/۸۶ efg	۲/۶
انگلستان ۱	۵ ab	۱۴ cde	۴/۷۲ b	۱۹۶/۵ a	۴/۸۱ a	۲۷/۲۷ bc	۷۳/۹۸ cd	۳/۳
منجیل	۵ ab	۱۷/۵ b	۵/۷ a	۱۸۴ abc	۴/۶۱ ab	۲۵/۱ cd	۸۰/۶۸ bc	۳/۶
ندافیه	۴/۷۵ abc	۱۶/۵ bc	۴/۸۷ ab	۱۳۹/۵ de	۳/۷۷ bcde	۲۷/۴۲ abc	۶۳/۲ def	۲/۸
اندیمشک	۴/۲۵ bc	۱۵/۵ bcd	۴/۹۷ ab	۱۰۷/۵ f	۲/۷۱ f	۲۶/۹۳ abcd	۴۴/۷۹ gh	۲/۰
اردبیل	۴/۲۵ bc	۱۶/۵ bc	۵/۰۶ ab	۱۸۱/۵ abc	۴/۵۵ abc	۲۸/۲۷ abc	۸۴/۶۵ bc	۳/۸
ملاثانی ۱	۴/۵ abc	۱۸ b	۵/۶۵ a	۱۶۵ bcd	۴/۲۶ abcd	۲۷/۵۴ abc	۸۱/۵۹ bc	۳/۶
ملاثانی ۲	۵ ab	۲۲ a	۴/۶۵ b	۱۹۰ ab	۴/۳۵ abcd	۲۴/۷۲ cd	۱۰۳/۹۶ a	۴/۶
بهبهان ۱	۴/۷۵ abc	۱۷ bc	۵/۳۵ ab	۱۹۰/۵ ab	۵/۱ a	۲۸/۷۹ ab	۹۳/۶۱ ab	۴/۲
نجف آباد	۵/۲۵ a	۱۵/۵ bcd	۴/۹۴ ab	۱۴۴/۵ de	۳/۶۷ bcdef	۲۶/۳۳ bcd	۵۸/۸۷ efg	۲/۶
انگلستان ۲	۵/۲۵ a	۱۷ bc	۵/۲۶ ab	۱۶۸/۵ abcd	۴/۲۵ abcd	۳۰/۰۶ a	۸۵/۲۲ bc	۳/۸
رامهرمز	۴/۷۵ abc	۱۵ bcd	۵/۲۱ ab	۱۰۸/۵ f	۳/۲ ۱ef	۲۹/۹۱ a	۴۸/۴۸ fgh	۲/۲
بهبهان ۲	۴/۷۵ abc	۱۵/۵ bcd	۳/۷۲ c	۱۵۵/۵ cd	۳/۵۳ cdef	۲۷/۲ abcd	۶۵/۲۱ de	۲/۹
شوش ۲	۴ c	۱۴ cde	۵/۲۹ ab	۱۱۶ ef	۲/۷۶ ef	۲۳/۹۲ d	۳۸/۵۵ h	۱/۷
مجارستان	۴ c	۱۳ de	۴/۵۳ b	۱۴۳ de	۳/۵ def	۲۶/۸۶ abcd	۴۹/۸۳ efgh	۲/۲

†: در هر ستون حداقل یک حرف مشابه، عدم تفاوت معنی‌دار تیمارها را در سطح احتمال خطای ۱٪ نشان می‌دهد. کمترین و بیشترین مقدار هر صفت در جدول با خط مشخص شده است. مقیاس وزن‌ها براساس گرم و طول و قطر سانتی‌متر می‌باشد.

*: برآورد شده از روی عملکرد تک بوته

جدول ۶- تجزیه واریانس صفات فنولوژیک

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		روز تا سبزشدن	روز تا ساقه رفتن	روز تا شروع گلدهی	طول دوره گلدهی
بلوک	۱	۰/۶۳ ۰/۳†	۷/۰۳ ۰/۳	۱۰/۱ ۰/۲	۲ ۰/۲
اکوتیپ	۱۵	۰/۷۷ ۰/۵	۱۲/۸ ۰/۰۸	۶/۸ ۰/۴	۹/۷ ۰/۰۰۰۱
%C.V		۶/۵۹	۲/۷۶	۲/۲	۳/۰۷

† خطای نوع اول (α) را نشان می‌دهد، به‌صورتی‌که ۰/۰۵< غیرمعنی‌دار بودن و ۰/۰۱–۰/۰۵ و ۰/۰۱> به‌ترتیب معنی‌داری را در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

تجزیه رگرسیون و همبستگی

در رگرسیون گام به گام از بین تمام صفات مورد بررسی، صفات روز تا ساقه رفتن، تعداد کاپیتول در بوته، تعداد دانه در کاپیتول اصلی و وزن هزاردانه به‌ترتیب وارد مدل شدند. به‌طوری که سایر صفات مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری بر مدل نداشته و یا دارای همبستگی بالایی با یک یا تعدادی از متغیرهای وارد شده به مدل بودند. در مجموع صفات وارد شده به مدل ۹۷٪ تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند (جدول ۷).

تجزیه علیت

تجزیه علیت توسط صفات وارد شده به مدل رگرسیونی انجام شد. بدین‌ترتیب که صفت عملکرد به‌عنوان متغیر وابسته و صفات تعداد دانه در کاپیتول اصلی، تعداد کاپیتول در بوته، وزن هزاردانه و روز تا ساقه رفتن به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. با توجه به تجزیه علیت متغیرهای مستقل تعداد دانه در کاپیتول اصلی، تعداد کاپیتول در بوته، وزن هزاردانه و روز تا ساقه رفتن به‌ترتیب بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه نشان دادند (جدول ۸).

جدول ۷- نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام صفات مورد بررسی بر عملکرد دانه

$Y = -۱۷۰/۹۷ + ۰/۷۱۱ X_1 + ۳/۴۱۸ X_2 + ۰/۴۱۶ X_3 + ۲/۰۵۶ X_4$	
عرض از مبدأ (Intercept) = −۱۷۰/۹۷	X_1 = روز تا ساقه رفتن
ضریب تبیین (R^2) = ۰/۹۷۴	X_2 = تعداد کاپیتول در بوته
ضریب تبیین تصحیح شده (Adjusted R^2) = ۰/۹۶۹	X_3 = تعداد دانه در کاپیتول اصلی
	X_4 = وزن هزاردانه

جدول ۸- نتایج حاصل از تجزیه علیت

صفات	X1	X2	X3	X4	همبستگی‌های ژنوتیپی با عملکرد دانه
تعداد کاپیتول در بوته (X1)	۰/۴۵۹	۰/۱۹۰	۰/۰۰۵	−۰/۰۲۹	۰/۶۲۴
تعداد دانه در کاپیتول اصلی (X2)	۰/۱۱۹	۰/۷۳۰	۰/۰۵۴	−۰/۰۱۱	۰/۸۹۲
وزن هزاردانه (X3)	۰/۰۱۱	۰/۲۰۱	۰/۱۹۵	−۰/۰۱۱	۰/۳۹۵
روز تا ساقه رفتن (X4)	−۰/۱۲۴	−۰/۱۹۸	−۰/۰۲۱	۰/۱۰۸	−۰/۲۳۴
اثر باقیمانده			۰/۲۰۷		

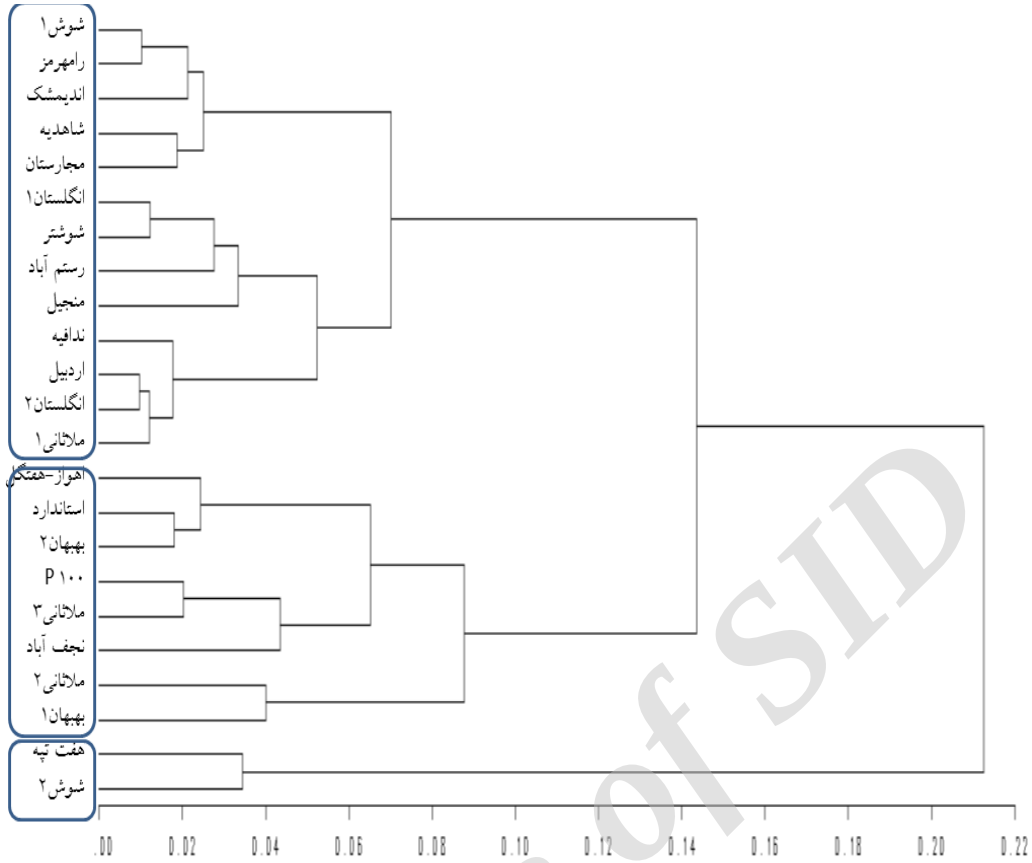
† اثرات مستقیم (خط‌کشی شده) و غیرمستقیم صفات بر روی عملکرد دانه

تجزیه خوشه‌ای

تجزیه خوشه‌ای براساس روش وارد با استفاده از ماتریس فاصله مربع اقلیدسی اکوتیپ‌ها را در سه گروه دسته‌بندی کرد (شکل ۱). براساس گروه‌بندی حاصل، اکوتیپ‌های شوش۱، رامهرمز، اندیشمک و شوش۲ در خوشه اول قرار گرفتند، که این اکوتیپ‌ها مربوط به مناطق گرم و خشک جنوب‌غربی بودند. در ضمن رقم بوداکالازی نیز در خوشه اول قرار گرفت که نشان از مشابهت ژنتیکی آنها با اکوتیپ‌های جنوب‌غرب کشور است. اما در خوشه دوم و سوم بین مناطق جغرافیایی و گروه‌بندی تطابقی وجود نداشت، به‌طوری که اکوتیپ‌های منشأ گرفته از قسمت‌های مختلف ایران و ژنوتیپ‌های خارجی در کنار هم قرار گرفتند.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای براساس فاصله مربع اقلیدسی و الگوریتم وارد

بحث

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات

معنی‌دار بودن تمام صفات مورد مطالعه، بجز عرض بزرگترین برگ روزتی و صفات فنولوژیک (جدول‌های ۲ و ۳) نشان از تنوع بالای موجود در بین ژرم‌پلاسم مورد بررسی دارد. در سایر مطالعات نیز تنوع بالایی در بین خصوصیات اکوتیپ‌های مختلف این گیاه مشاهده شده است (Hamid *et al.*, 2014؛ Kohanmoo *et al.*, 2015؛ Shokrpour *et al.*, 2011). در این مطالعه کمترین و بیشترین ارتفاع ساقه برابر با ۱۲۰/۵ و ۱۷۷/۵ سانتی‌متر به‌ترتیب متعلق به اکوتیپ شوش ۲ و ملاثانی ۲ بود. ارتفاع ساقه در رقم اصلاح شده بوداکالازی برابر با ۱۳۹ سانتی‌متر می‌باشد. همچنین بیشترین و کمترین قطر روزت به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ بهبهان ۱ (۱۰۵ سانتی‌متر) و شوش ۲ (۶۶/۵ سانتی‌متر) بود. در رقم بوداکالازی قطر روزت ۷۶/۵ سانتی‌متر بود (جدول ۴). اکوتیپ شوش ۲ را می‌توان به‌عنوان ژنوتیپی مفید برای به‌نژادی ارقامی با ارتفاع کم و کانوپی کوچک برای امکان افزایش تراکم کشت و برداشت آسان‌تر محصول در تلاقی‌ها بکار برد. تنوع در سایر صفات نیز به خوبی مشهود است که می‌تواند در امر به‌نژادی این گیاه مورد استفاده قرار گیرد. بیشترین وزن دانه در کاپیتول اصلی با ۵/۱ گرم مربوط به اکوتیپ بهبهان ۱ بود، در ضمن این اکوتیپ به همراه اکوتیپ ملاثانی ۲ دارای بیشترین عملکرد دانه در تک بوته بودند (جدول ۵).

از لحاظ عملکرد در واحد سطح کمترین (۱/۷ تن در هکتار) و بیشترین عملکرد (۴/۶ تن در هکتار) به‌ترتیب متعلق به اکوتیپ شوش ۲ و ملاثانی ۲ بود (جدول ۵). میزان عملکرد در رقم بوداکالازی دارای عملکرد ۲/۲ تن در هکتار بود. عملکرد رقم بوداکالازی در مطالعه Omidbeigi

Archive of SID
www.SID.ir

و همکاران (۲۰۰۱)، ۱/۸ تن در هکتار (محل کشت و تراکم کشت ذکر نشده است) و در مطالعه Abdali و Fathi (۲۰۰۰)، (شرایط آب و هوایی ملاثانی و تراکم کشت ۸۰ هزار بوته در هکتار) عملکرد حدود ۱/۹ تن در هکتار گزارش شده است. در این مطالعه عملکرد این رقم ۲/۲ تن در هکتار با تراکم حدود ۴۴/۵ هزار بوته در هکتار بدست آمد. در مطالعات دانشگاه ساسکاچوان کانادا بر روی لاین‌های مختلف خارمریم میزان عملکرد این گیاه بین ۰/۷ تا ۱/۹ تن در هکتار گزارش شده‌است (http://www.usask.ca/agriculture/plantsci/vegetable/med/mmt.htm) که در مقایسه با حداکثر عملکرد در این مطالعه (اکوتیپ ملاثانی۱ با ۴/۶ تن در هکتار) نشان‌دهنده وجود قابلیت بالای عملکرد در برخی از اکوتیپ‌های مورد مطالعه و نیز قابلیت بالای تولید این گیاه در شرایط آب و هوایی ایران بخصوص استان خوزستان است.

متوسط عملکرد کلزا در استان خوزستان در کشت آبی حدود ۱/۲ تن در هکتار است (آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۵ هجری شمسی) که با درنظر گرفتن حداکثر روغن ۴۵٪ میزان عملکرد روغن در حدود ۰/۵۴ تن در هکتار قابل برآورد است. در مقابل درصد روغن ثبت شده در اکوتیپ‌های مختلف خارمریم بین ۲۵٪ تا ۳۰٪ مشاهده شده است (Kohanmoo *et al.*, 2015؛ Abdali & Fathi, 2000)، که با در نظر گرفتن عملکرد ۴ تن در هکتار و ۲۵٪ روغن میزان روغن تولیدی در هکتار یک تن خواهد بود که با به‌نژادی و اهلی‌سازی این گیاه انتظار می‌رود میزان عملکرد روغن فراتر از این میزان نیز باشد. در ضمن علاوه‌بر روغن، سیلیمارین استخراجی از بذرها نیز دارای ارزش اقتصادی است و کشت این گیاه را برای کشاورز به صرفه‌تر خواهد کرد. البته باید توجه کرد که تخمین عملکرد در شرایط آزمایشی بخصوص برای گیاه خارمریم که با مشکل ریزش بذر همراه است، قطعاً بیشتر از شرایط واقعی کشت در مزرعه در سطح وسیع است. اما با به‌نژادی این گیاه و حل مشکلاتی مانند ریزش بذر، رسیدن به چنین عملکردهایی در سطح مزرعه به عقیده محققان این آزمایش، دور از دسترس نیست.

براساس نتایج تجزیه واریانس بین اکوتیپ‌ها از نظر صفات فنولوژیک (روز تا سبز شدن، روز تا ساقه رفتن، روز تا شروع گلدهی و طول دوره گلدهی) به‌غیر از صفت طول دوره گلدهی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۶). البته مقدار سطح معنی‌داری در مورد صفت روز تا ساقه رفتن برابر با ۰/۰۸ بود. بیشترین دوره گلدهی و کمترین آن مربوط به اکوتیپ‌های شوش ۱ و شوش ۲ به‌ترتیب با ۳۷ و ۳۰ روز اختصاص داشت (جدول ۴).

تجزیه رگرسیون و همبستگی

اکوتیپ بهبهان۱ از نظر صفات تعداد دانه در کاپیتول اصلی و وزن هزاردانه که وارد مدل شدند دارای بیشترین مقدار بود و بر طبق نتایج مقایسه میانگین نیز دارای عملکرد بالایی بود (جدول ۵). Omidbeigi و همکاران (۲۰۰۱)، براساس رگرسیون گام به گام در تعیین همبستگی صفات مؤثر بر عملکرد خارمریم گزارش کردند که وزن هزاردانه به تنهایی ۸۹٪ تغییرات عملکرد را توجیه می‌کند. نتایج Qavami و همکاران (۲۰۱۲)، از تجزیه رگرسیون عملکرد دانه در دو ژنوتیپ اهواز و آلمان بیانگر آن بود که قطر کاپیتول در ژنوتیپ اهواز و تعداد کاپیتول در بوته در ژنوتیپ آلمان نقش تعیین‌کننده‌ای در عملکرد داشته‌اند.

تجزیه علیت

براساس نتایج تجزیه علیت حدود ۸۰٪ تغییرات عملکرد دانه در بوته توسط چهار صفت (متغیرهای مستقل) موجود در مدل رگرسیونی چندگانه توجیه شد. با توجه به اثر مستقیم بالای تعداد کاپیتول در بوته و تعداد دانه در کاپیتول اصلی بر عملکرد می‌توان از این صفات برای گزینش غیرمستقیم برای افزایش عملکرد استفاده کرد. Shunke (۱۹۹۲)، نیز در تحقیقات خود نتیجه گرفت که با افزایش تراکم تعداد کاپیتول و بدنبال آن عملکرد دانه در هر گیاه افزایش می‌یابد.

منفی بودن تمام اثرات غیرمستقیم صفت روز تا ساقه رفتن بر عملکرد، دلالت بر این مطلب دارد که کوتاه شدن این دوره

Archive of SID

www.SID.ir

باعث افزایش دوره گلدهی و در نتیجه باعث افزایش اجزا عملکرد (تعداد کاپیتول در بوته و تعداد دانه در کاپیتول اصلی) و به‌صورت غیرمستقیم باعث افزایش عملکرد خواهد شد.

تجزیه خوشه‌ای

بین گروه‌بندی حاصل از تجزیه خوشه‌ای و مناطق جغرافیایی تطابق کاملی وجود نداشت (شکل ۱). در بررسی‌های مختلف نیز تنوع اکوتیپ‌های خارمریم ایران توسط نشانگرهای مولکولی نیز تطابق کاملی بین گروه‌بندی حاصل از تنوع مولکولی و مناطق جغرافیایی مشاهده نشده است (Hamid, 2011؛ Hossini, 2012؛ Mohammadi *et al*., 2011؛ Saghali *et al*., 2016). پاپوس متصل به بذر در گیاه خارمریم می‌تواند در پراکندگی این گیاه در درجه اول توسط باد و در مراتب بعدی به‌علت چسبیدن به پشم و موی و بال پرندگان نقش داشته باشد. از طرفی داشتن پوسته به نسبت سخت بذر باعث می‌گردد که دستگاه گوارش برخی از جانوران و پرندگان قابلیت هضم دانه‌های این گیاه را نداشته و دانه‌های این گیاه توسط مدفوع این جانداران در نقاط مختلف جغرافیایی گسترش و پراکنده شود. همچنین آگاهی داشتن انسان از خواص دارویی این گیاه طی هزاران سال می‌تواند در جابجایی بذر گونه‌ها و اکوتیپ‌های مختلف این گیاه نقش داشته باشد و توسط کاروان‌های تجاری در هزاران سال به نقاط مختلف جغرافیایی انتقال یافته باشد. برخی از کشورهای اروپایی مانند مجارستان با سرمایه‌گذاری وسیع در ارتباط با گیاهان دارویی فعالیت داشته و دارند. از این‌رو امکان اینکه چه به‌صورت قانونی و چه به‌صورت غیرقانونی (سرقت ژنتیک) گونه‌ها و توده‌های دارویی کشورمان را برای انجام عملیات اصلاح نباتات به کشور خودشان منتقل کرده باشند، وجود دارد. در مجموع قرار گرفتن برخی از اکوتیپ‌های جمع‌آوری شده از رویشگاه‌های یک استان در گروه و زیرگروه‌های مجزا و همچنین گروه‌بندی اکوتیپ‌های برخی استان‌ها در مجاورت هم می‌تواند ناشی از جابجایی ژرم‌پلاسم و همچنین تنوع بالای گیاه در کشور باشد.

Hamid (۲۰۱۱)، با توجه به نتایج تجزیه خوشه‌ای بیان کردند که از نظر صفات اندازه‌گیری شده اکوتیپ‌های مناطق شمال و جنوب‌غربی کشور از تنوع کمتری نسبت به مناطق مرکزی برخوردارند، به‌طوری که اکوتیپ‌های اصفهان، نجف‌آباد و مبارکه که همگی در نواحی مرکزی کشور ایران قرار دارند در خوشه‌های متفاوتی قرار گرفته‌اند. نتایج این مطالعه برخلاف مطالعه مذکور، تنوع بالا بین ژنوتیپ‌های موجود در استان خوزستان را نیز تأیید می‌کند. اختلاف زیادی از نظر صفات مورفولوژیکی بین اکوتیپ‌های جمع‌آوری شده از منطقه جنوب غربی ایران (ملاثانی۱ و ملاثانی۲، بهبهان۱و بهبهان۲، شوش۱ و شوش۲، جدول‌های ۴ و ۵) مشاهده می‌گردد، که حکایت از وجود تنوع بالا بین اکوتیپ‌های موجود در این ناحیه دارد. استان خوزستان در سمت شمال و شرق با کوهستان مرتفع زاگرس هم مرز است، از این‌رو وجود ارتفاعات مختلف با شرایط اقلیمی متفاوت در روند تکامل این گیاه می‌تواند توده‌هایی با قابلیت‌ها و ظواهر مختلف را بوجود آورده باشد.

در مجموع تنوع بالایی در بین اکوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ صفات مختلف مورد بررسی مشاهده گردید. برای صفاتی همانند عملکرد و اجزا عملکرد و ابعاد کانوپی گیاه صفات مفیدی در بین اکوتیپ‌های مورد بررسی شناسایی گردید. با این حال صفاتی همانند بی‌خار بودن، عدم ریزش بذر و رسیدگی یکنواخت در بین اکوتیپ‌های مورد بررسی مشاهده نشد. عدم دستیابی به این صفات با توجه به نقش مثبت این صفات در بقاء گیاه در طی تکامل قبل از آزمایش مورد انتظار بود. برای ایجاد این گروه از صفات که برای زراعی‌سازی این گیاه ضروری است ایجاد تنوع به‌صورت مصنوعی توسط مواد موتاژن‌زای شیمیایی و پرتودهی با امواجی مانند گاما توصیه می‌گردد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مسئولان محترم مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور به دلیل در اختیار قرار دادن تعدادی از اکوتیپ‌های خارمریم تشکر می‌گردد.

Archive of SID
www.SID.ir

منابع مورد استفاده

- Abdali, A.R. and Fathi, G., 2000. Effects of different levels of density on yield and oil grain of medical plant *Silybum marianum* in Ahwaz conditions. Pajiuhesh & Sazandegi, 54: 28-33.
- Adzet, T., Coll, M., Iglesias, J. and Puigmaciá, M., 1987. Selection and improvement of *Silybum marianum*. I: Characterization of populations from different origins. Plant Physiology and Biochemistry, 25(2):129-135.
- Alirezalu, K., Hesari, J., Alirezalu, A., Mohammadi, M. and Fathi-Achachlouei, B., 2011. Evaluation of physicochemical properties and fatty acid composition of milk thistle seed oil. Journal of Food Research (Agricultural Science), 21: 25-33.
- Bert, P.F., Jouan, I., De Labrouhe, D.T., Serre, F., Philippon, J., Nicolas, P. and Vear, F., 2003. Comparative genetic analysis of quantitative traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). 2. Characterisation of QTL involved in developmental and agronomic traits. Theoretical and Applied Genetics, 107(1): 181-189.
- Goli, S., Kadivar, M., Bahrami, B. and Sabzalian, M., 2008. Physical and chemical characteristics of Silybum marianum seed oil. Journal of Iranian Food Industry, 4(4):32-27.
- Hamid, R., 2011. Diversity evaluation of 10 ecotypes of *Silybum marianum* L. using morphological and molecular RAPD marker. MS.C Thesis University of Shahid Chamran, Ahwaz.
- Hamid, R., Siahpoosh, M., Mamaghani, R. and Siahpoosh, A., 2014. Evaluation the genetic diversity of 10 Milk thistle (*Silybum marianum* L.) ecotypes using morphological, phenological and phytochemical traits (in Persian). The Plant Production (Scientific Journal of Agriculture), 37(1): 37-48.
- Hasanloo, T., Khavarinezhad, R., Majidi, H., Ziyayi, S. and Shams Ardakani, M., 2005. Study and determination of silymarin in milk thistle plant fruit collected from different parts of Iran by the spectrophotometric methods, TLC and HPLC. Journal of Medicinal Plants, 4(1): 25-32.
- Hossini, S., 2012. Genetic diversity assessment of *Silybum marianum* L. populations using ISSR marker. M.Sc. Tarbiat Modares University, Tehran.
- Kohanmoo, M., Modarresi, M. and Bagheri Kahkesh, Z., 2015. Cultivation and Comparison Drug and Nutritional Value of Milk Thistle Ecotypes. Iranian South Medical Journal, 18(5):1007-1015.
- Kurkin, V., 2003. Saint-Mary thistle: a source of medicinals (a review). Pharmaceutical Chemistry Journal, 37(4): 189-202.
- Martinelli, T., Andrzejewska, J., Salis, M. and Sulas, L., 2015. Phenological growth stages of *Silybum marianum* (L.) Gaertn. according to the extended BBCH scale. Annual Applied Biology, 166: 53-66.
- Mohammadi, S., Shokrpour, M., Moghaddam, M. and Javanshir, A., 2011. AFLP-based molecular characterization and population structure analysis of Silybum *marianum* L. Plant Genetic Resources, 9(03): 445-453.
- Omidbeigi, R., Erfanzade, R. and Zaree Kia, S., 2001. Investigation of some ecological characteristic of milk thistle (*Silybum marianum*) in Behdasht region of Noor. Pajouhesh and Sazandegi, 16(1): 100-101.
- Ottai, M. and Abdel-Moniem, A., 2006. Genetic parameter variations among milk thistle, *Silybum marianum* varieties and varietal sensitivity to infestation with seed-head weevil, Larinus latus Herbst. International Journal of Agriculture and Biology, 8: 862-866.
- Qavami, N., Labbafi, M.R., Dehghani-Meshkani, M.R. and Mehrafarin, A., 2012. Determination of seed and oil yield and yield components in two variety of milk thistle (*Silybum marianum* Gaetrn.) based on path analysis and regression. Journal of Medicinal Plants, 11(4): 78-85.
- Ram, G., Bhan, M., Gupta, K., Thaker, B., Jamwal, U. and Pal, S., 2005. Variability pattern and correlation studies in *Silybum marianum* Gaertn. Fitoterapia, 76(2): 143-147.
- Saghali, A., Farkhari, M., Salavati, A., Alamisaeid, K. and Abdali, A.R.M., 2016. Genetic diversity assessment of milk thistle (*Silybum marianum* L.) ecotypes using ISSR markers. Journal of Agricultural Biotechnology, 8(3): 51-64.
- Shokrpour, M., Gigloo, M.T., Asghari, A. and Bahrampour, S., 2011. Study of some agronomic attributes in milk thistle (*Silybum marianum* Gaertn.) ecotypes from Iran. Journal of Medicinal Plants Research, 5(11): 2169-2174.
- Shokrpour, M., Mohammadi, S.A., Moghadam, M., Ziaei, S.A. and Javanshir, A., 2008. Analysis of morphologic association, phytochemical and AFLP markers in milk thistle (*Silybum marianum* L.). Iranian journal of medicinal and aromatic plants, 24(3): 278-292.
- Shunke, U., 1992. Holy thistle, fruit experiments cultivation and harvest. Horticulture abstract, 64: 1.
- Sindel, B.M., 1991. A review of the ecology and control of thistles in Australia. Weed Research, 31: 189-201.

Archive of SID

www.SID.ir

Evaluation of the genetic diversity of *Silybum marianum* L. ecotypes using yield components, morphological and phenological traits

A. Saghalli[1], M. Farkhari[2*], A. Salavati[3], Kh. Alamisaeid[3] and A.R. Abdali Mashhadi[3]

1- M.Sc. graduate of Biotechnology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Ramin University of Agriculture and Natural Resources, Mollasani, Iran

2*- Corresponding author, Department of Agronomy and Plant Breeding, Ramin University of Agriculture and Natural Resources, Mollasani Iran, E-mail: farkhari@ramin.ac.ir

3- Department of Agronomy and Plant Breeding, Ramin University of Agriculture and Natural Resources, Mollasani, Iran

Received: May 2017 Revised: October 2017 Accepted: October 2017

Abstract

This study was aimed to evaluate various ecotypes of *Silybum marianum* L., collected from different parts of Iran, as well as the Budakalasz variety and two ecotypes from England. The experiment was performed in a Randomized Complete Block Design (RCBD) in the agricultural farm of the Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan. The evaluated traits included yield, yield components, and morphological and phenological traits. Analysis of variance showed statistically significant difference among the traits except phenological traits. Molasani 2 and Shush 2 with 4.2 and 1.7 tons/hectare had the highest and lowest yield, respectively. In addition, the yield of Budakalasz variety was estimated to be 2.2 tons/hectare. The smallest canopy among the study ecotypes belonged to Shush 2. Among the phenological traits studied, only the flowering period was statistically different (α<0.05) among the ecotypes. The number of capitula per plant, number of seeds per main capitula and 1000-seed weight according to stepwise regression and path analysis were the most effective traits on yield. Days to stem elongation indirectly influenced the yield via its effects on the number of capitula per plant and the seed number of main capitula. A total of 97 percent of yield variance was explained by four variables entered in the regression model. The resulted dendrogram based on squared Euclidean distance and Ward's algorithm divided ecotypes into three main clusters. This grouping did not perfectly match with the geographical distribution pattern. The results indicated that there was high diversity in the morphological traits of milk thistle ecotypes, so that the ecotypes could be applied in breeding programs.

Keywords: Morphological diversity, medicinal plant, oil plant, *Silybum marianum* L., breeding.

Archive of SID

www.SID.ir