اصلاح گردوی ایرانی برای صفات مهم میوه و دیربرگدهی با بهره برداری از تنوع ژنتیکی

سعادت ساریخانی*[۱]، کورش وحدتی*[۱]، محمودرضا روزبان[۱]، مهدی فلاح[۱]، سکینه نوروزی[۱]، محسن ضرونی[۱]، مریم حمیدی راد[۱]، رضا حاج ابراهیمی[۱]، زهرا حاجی‌نیا[۱]، علی رضایی[۲]، موسی کوهی[۳]

۱ گروه باغبانی، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، تهران، ایران

[۲]گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

[۳] گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، کرج، ایران

*نویسنده مسئول: saadat.sarikhani@ut.ac.ir; kvahdati@ut.ac.ir

چکیده

منابع ژنتیک گیاهی تضمین کننده امنیت غذایی و توسعه اقتصادی پایدار هستند و بهره‌برداری از این منابع، استراتژی پایدار و بلندمدت برای تعدیل پیامدهای منفی تغییر اقلیم است. با توجه به تنوع ژنتیکی بالا در ژرم‌پلاسم گردو در ایران، برنامه اصلاح گردو با هدف دستیابی به ارقام با صفات مطلوب میوه، دیربرگده با تاریخ برداشت زودهنگام بر پایه بهره‌برداری از تنوع ژنتیکی، دورگ‌گیری هدفمند و اصلاح مولکولی در دانشگاه تهران انجام گرفت. در همین راستا جمعیت گردو در استان‌های فارس، کهکیلویه و بویراحمد، ایلام، مازندران، البرز، همدان، تهران، خراسان رضوی، لرستان و زنجان مورد ارزیابی قرار گرفت و در مجموع بالغ بر ۱۱۱۰ ژنوتیپ در این مناطق پلاک‌کوبی شدند و براساس دو توصیف‌نامه IPGRI و UPOV مورد ارزیابی مورفولوژیک قرار گرفتند. ارزیابی مورفولوژیک ژنوتیپ انتخابی گردو نشان داد که تنوع ژنتیکی بالایی در جمعیت انتخابی از نظر صفات مورد مطالعه وجود داشت. به‌طوری‌که دامنه تغییرات وزن میوه، وزن مغز و درصد مغز به ترتیب بین ۲۲/۶۰–۳/۹۵ گرم، ۱۱/۵۶–۱/۶۹ گرم، ۷۸/۲۰–۲۹/۱۶ درصد متغیر بود. میانگین ضخامت پوست سخت و عادت باردهی جانبی در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به ترتیب ۱/۲۲ میلی‌متر و ۷۶/۰۹ درصد بود. ارزیابی مورفولوژیک این ژنوتیپ‌ها، منجر به معرفی ۲۹ ژنوتیپ برتر و دیربرگده گردو شد. ژنوتیپ‌های برتر انتخابی دارای عملکرد زیاد تا خیلی زیاد بودند. وزن میوه و مغز ژنوتیپ‌های برتر انتخابی به‌ترتیب بین ۱۸/۶۱–۱۳/۶۹ گرم و ۱۰/۱۲–۷/۱۶ گرم متغیر بود. همچنین تمام ژنوتیپ‌های برتر انتخابی دارای میوه درشت با درصد مغز بالای ۵۰ درصد بودند. به‌طور کلی و با توجه به نتایج بدست آمده، ژنوتیپ‌های برتر انتخابی در این پژوهش از نظر بسیار از صفات اصلاحی برتر می‌باشند، لذا نه‌تنها می‌توانند به‌عنوان والد در برنامه‌های اصلاحی بعدی استفاده شوند، بلکه برخی از آن‌ها پتانسیل معرفی به عنوان رقم تجاری جهت تعدیل اثر تغییر اقلیم را دارند.

واژه‌های کلیدی: ایران، ، باردهی جانبی، ژرم‌پلاسم، ژنوتیپ برتر گردو، منابع ژنتیک گیاهی.

مقدمه

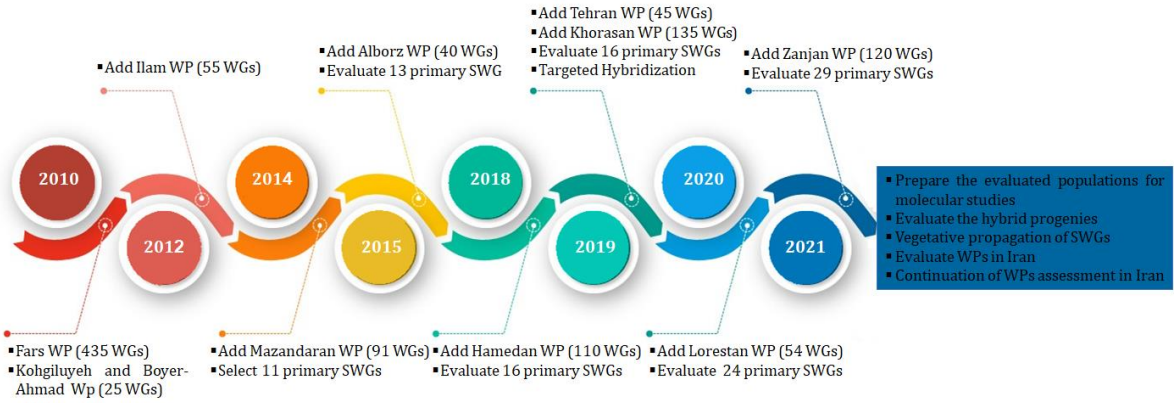
منابع ژنتیک گیاهی (PGRs) تضمین کننده امنیت غذایی و توسعه اقتصادی پایدار هستند. اهمیت این منابع ژنتیکی زمانی که با پیامدهای منفی پدیده تغییر اقلیم روبرو هستیم، دوچندان می‌باشد. به‌عبارت دیگر، بهره‌برداری از منابع ژنتیک گیاهی استراتژی پایدار و بلندمدت برای تعدیل پیامدهای منفی تغییر اقلیم است. از طرف دیگر، پدیده تغییر اقلیم، گرم شدن زمین، کم‌آبی و تنش‌های غیرزیستی در کنار توسعه شهرنشینی و توسعه کشاورزی مدرن، از بین رفتن منابع ژنتیک گیاهی را تشدید کرده است (Bansode *et al.*, 2015). در نتیجه باید منابع ژنتیک گیاهی را از دو جنبه حفاظت و بهره‌برداری در روبرو شدن با پدیده تغییر اقلیم مورد توجه قرار داد. منابع ژنتیکی گیاهی پل ارتباطی بین تنوع زیستی و اصلاح گیاهان می‌باشد. این منابع ژنتیکی، مواد گیاهی لازم برای معرفی ارقام و پایه‌های تجاری را فراهم می‌نماید (ساریخانی خرمی و همکاران، ۱۳۹۳).

ایران از مراکز اولیه پیدایش گردو محسوب می‌شود که بیانگر وجود بیشترین تنوع ژنتیکی در این سرزمین می‌باشد (رضایی و همکاران، ۱۳۸۷). تکثیر جنسی گردو در باغ‌های سنتی ایران در طول سال‌های متمادی، پدیده دایکوگامی و دگرگشنی گردو به کمک مرکز پیدایش آمده و سبب شده تا تنوع ژنتیکی وسیعی در جمعیت گردو در کشور وجود داشته باشد. این تنوع ژنتیکی بالا در جمعیت گردو ایران پایه و اساس شروع برنامه‌های اصلاحی است (ساریخانی خرمی و همکاران، ۱۳۹۱). تاکنون مطالعاتی به‌منظور بهره‌برداری از این تنوع ژنتیکی در راستای معرفی ارقام و پایه‌های تجاری در ایران انجام شده است (Rezaei *et al.*, 2018; Khadivi *et al.*, 2019; Kouhi *et al.*, 2021). علاوه بر ایران، تنوع ژنتیکی گردو در سایر مراکز تنوع گردو (Bernard *et al.*, 2018) ازجمله چین (Liu *et al.*, 2020) ترکیه (Aysen *et al.*, 2019)، ایتالیا (Poggetti *et al.*, 2017) برای دستیابی به ژنوتیپ‌های برتر مورد استفاده قرار گرفته است.

یکی از پیامدهای منفی پدیده تغییر اقلیم بویژه در سال‌های اخیر، افزایش دما و وقوع سرمای دیررس بهاره، سرمای زودرس پائیزه و زمستان معتدل است که این پیامدها در کنار سایر پیامدها از قبیل افزایش شدت تنش خشکی سبب کاهش عملکرد و تولید درختان گردو شده است (Hajinia *et al.*, 2021). سرمای دیررس بهاره یکی از عوامل مهم کاهش تولید محصولات باغبانی بویژه گردو در ایران می‌باشد که در سال‌های اخیر خسارات سنگینی را به باغ‌های گردو کشور وارد کرده است. کارامدترین راهکار برای مقابله با سرمای دیررس بهاره، استفاده از پتانسیل ژنتیکی می‌باشد. باز شدن جوانه ارقام دیربرگده در بسیاری موارد پس از سرمای دیررس بهاره است که همین امر سبب کاهش خسارت سرمای دیررس بهاره می‌شود. با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار تاریخ برگدهی با تاریخ برداشت (Sarikhani Khorami *et al.*, 2014)، ارقام دیربرگده عموماً دیررس بوده و به دلیل خزان دیرهنگام، در معرض خسارت سرمای دیررس بهاره قرار می‌گیرند (Hajinia *et al.*, 2021). لذا لازم است تا ارقامی معرفی شوند که ضمن دیربرگدهی از نظر تاریخ برداشت زودرس تا میان‌رس باشند. با توجه به وجود ژرم‌پلاسم غنی گردو در کشور و ضرورت توجه به پیامدهای منفی پدیده تغییر اقلیم از جمله خسارت سرمای دیررس بهاره، این پژوهش با هدف ارزیابی ژرم‌پلاسم گردو در کشور به منظور دستیابی به ژنوتیپ‌های برتر، دیربرگده و زودرس انجام شد.

مواد و روش‌ها

برنامه اصلاح گردو در دانشگاه تهران بر دو بخش اصلاح پایه و اصلاح رقم می‌باشد. برنامه اصلاح رقم با هدف دستیابی به ارقام با صفات مطلوب میوه، دیربرگده با تاریخ برداشت زودهنگام بر پایه بهره‌برداری از تنوع ژنتیکی، دورگ‌گیری هدفمند و اصلاح مولکولی است. در همین راستا و با توجه به وجود تنوع ژنتیکی بالا در ژرم‌پلاسم گردوی کشور، جمعیت گردو در استان‌های مختلف و براساس فازبندی مختلف طرح به شرح شکل ۱ مورد ارزیابی قرار گرفته است. تاکنون جمعیت گردو در استان‌های فارس، کهکیلویه و بویراحمد، ایلام، مازندران، البرز، همدان، تهران، خراسان رضوی، لرستان و زنجان مورد ارزیابی قرار گرفت که در مجموع بالغ بر ۱۱۱۰ ژنوتیپ در این مناطق پلاک‌کوبی شدند و براساس دو توصیف‌نامه IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute) و UPOV (International Union for the Protection of New Varieties of Plants) مورد ارزیابی مورفولوژیک قرار گرفتند. پلاک‌کوبی ژنوتیپ‌ها بر مبنای اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی، سازمان‌های جهاد کشاورزی و با طرح پرسش‌هایی از باغداران، خریداران گردو و بزرگان هر منطقه صورت گرفت.



شکل ۱: فازبندی پروژه اصلاح گردو برای صفات میوه و دیربرگدهی در دانشگاه تهران (WP: Walnut Population; SWGs: Superior Walnut Genotypes).

به‌منظور ارزیابی مورفولوژیک ژنوتیپ‌های انتخابی صفات فنولوژیک (تاریخ برگدهی، تاریخ آزاد شدن اولین، حداکثر و آخرین دانه گرده، تاریخ آغاز، حداکثر و آخرین پذیرش دانه گرده توسط مادگی، و تاریخ برداشت) و پومولوژیک (وزن میوه و مغز، درصد مغز، درصد باردهی جانبی، ضخامت، عرض و طول میوه، شاخص شکل، اندازه و گرد بودن میوه، ضخامت پوست، بافت پوست، روزنه انتهای پوست، سهولت جداشدن مغز از دانه، و رنگ مغز) بود. ظهور نسبی صفات فنولوژیک به میزان زیادی تحت تاثیر شرایط محیطی هستند. از اینرو معمولاً در مقایسه با استاندارد مرجع مورد ارزیابی قرار می‌گیرند (ساریخانی خرمی و همکاران، ۱۳۹۱). در این بررسی، در هر منطقه ژنوتیپی که زودبرگده‌ترین بود، به عنوان استاندارد مرجع در نظر گرفته شد و صفات فنولوژیک سایر ژنوتیپ‌ها براساس تعداد روز تأخیر نسبت به این ژنوتیپ، نمره‌دهی شد (Zeneli *et al.*, 2005). به منظور بررسی صفات پومولوژیک، از هر ژنوتیپ تعداد ۲۰ میوه برداشت شد (IPGRI 1994) و پس از جدا کردن پوست سبز، به مدت یک‌ماه در شرایط سایه و دمای اتاق نگهداری شدند (Zeneli *et al.*, 2005). وزن میوه و مغز به کمک ترازوی دیجیتال و از نسبت وزن مغز به میوه، درصد مغز محاسبه گردید. صفت عادت باردهی جانبی نیز با انتخاب تصادفی ۱۰ شاخه و شمارش تعداد جوانه‌های جانبی دارای میوه به تعداد کل جوانه‌های روی شاخه محاسبه گردید (Yarilgac *et al.*, 2001). ضخامت، عرض و طول میوه و همچنین ضخامت پوست سخت و تیغه میانی لپه‌ها با استفاده از کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. شاخص شکل و گرد بودن میوه براساس توصیف‌نامه‌های UPOV اندازه‌گیری شد. صفات بافت پوست سخت، روزنه انتهای پوست سخت، ضخامت تیغه میانی، سهولت جدا شدن مغز و رنگ مغز به صورت کیفی و براساس توصیف‌نامه IPGRI ارزیابی گردیدند (IPGRI, 1994). پس از انجام ارزیابی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، داده‌ها با کمک نرم‌افزار آماری SPSS تجزیه و میزان تنوع صفات مختلف در آن‌ها ارزیابی گردید.

نتایج و بحث

همانطور که در بخش قبل اشاره شد، پس از ارزیابی اولیه، تعداد ۱۱۱۰ ژنوتیپ گردو برای ارزیابی مورفولوژیک پلاک‌کوبی شدند. از این تعداد، ۱۲۰ ژنوتیپ متعلق به استان زنجان است که در سال ۱۳۹۹ پلاک‌کوبی شده‌اند. سایر ژنوتیپ‌ها (۹۹۰ ژنوتیپ) حداقل برای دو سال براساس توصیف‌نامه IPGRI و UPOV مورد ارزیابی مورفولوژیک قرار گرفتند. ارزیابی تنوع ژنتیکی ۹۹۰ ژنوتیپ انتخابی گردو در استان‌های فارس، کهکیلویه و بویراحمد، ایلام، همدان، البرز، مازندران، تهران، خراسان رضوی و لرستان نشان داد که تنوع ژنتیکی بالایی در جمعیت انتخابی از نظر صفات مورد مطالعه وجود داشت که با گزارش‌های پیشین مبنی بر وجود تنوع ژنتیکی در جمعیت گردوی کشور مطابقت داشت (Arzani *et al.*, 2008; Khadivi *et al.*, 2019; Hajini *et al.*, 2021). به‌طوری‌که دامنه تغییرات وزن میوه، وزن مغز و درصد مغز به ترتیب بین ۲۲/۶۰–۳/۹۵ گرم، ۱۱/۵۶–۱/۶۹ گرم، ۷۸/۲۰–۲۹/۱۶ درصد متغیر بود. طول، عرض و

ضخامت میوه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این طرح به‌ترتیب بین ۵۱/۸۴-۲۴/۲۲، ۴۳/۳۱-۲۱/۵۴ و ۴۳/۹۳-۲۴/۳۱ میلی‌متر متغیر بود. میانگین شاخص اندازه و شکل میوه در جمعیت مورد مطالعه گردو به‌ترتیب ۳۵/۲۸ و ۱۱۳/۱۱ بود. همچنین میانگین ضخامت پوست سخت و عادت باردهی جانبی در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به ترتیب ۱/۲۲ میلی‌متر و ۷۶/۰۹ درصد بود. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه دارای عادت باردهی انتهایی تا عادت باردهی ۱۰۰ درصد جانبی بودند (جدول ۱).

جدول ۱: دامنه تغییرات برخی صفات فنولوژیک و پومولوژیک ۹۹۰ ژنوتیپ انتخابی گردو در ایران.

صفت مورد مطالعه	تعداد ژنوتیپ‌ها	میانگین	حداقل	حداکثر	ضریب تغییرات (٪)
وزن میوه (گرم)	۹۹۰	۱۲/۴۴	۳/۹۵	۲۲/۶۰	۲۰/۸۲
وزن مغز (گرم)	۹۹۰	۶/۲۴	۱/۶۹	۱۱/۵۶	۲۳/۶۴
درصد مغز	۹۹۰	۵۰/۲۲	۲۹/۱۶	۷۸/۲۰	۱۲/۷۷
طول میوه (میلی‌متر)	۹۹۰	۳۸/۱۶	۲۴/۲۲	۵۱/۸۴	۱۰/۱۸
عرض میوه (میلی‌متر)	۹۹۰	۳۳/۵۸	۲۱/۵۴	۴۳/۳۱	۸/۸۳
ضخامت میوه (میلی‌متر)	۹۹۰	۳۴/۰۸	۲۴/۳۱	۴۳/۹۳	۸/۵۶
شاخص اندازه میوه	۹۹۰	۳۵/۲۸	۲۳/۶۵	۴۵/۲۲	۷/۷۳
شاخص شکل میوه	۹۹۰	۱۱۳/۱۱	۶۴/۱۰	۱۴۸/۶۰	۹/۳۵
ضخامت پوست سخت (میلی‌متر)	۹۹۰	۱/۲۲	۰/۵۳	۲/۴۵	۲۶/۲۴
باردهی جانبی (درصد)	۹۹۰	۷۶/۰۹	۰/۰۰	۱۰۰	۱۷/۷۴

ارزیابی مورفولوژیک ۹۹۰ ژنوتیپ انتخابی گردو از استان‌های فارس، ایلام، همدان، قزوین، البرز، تهران، خراسان رضوی و لرستان منجر به معرفی ۲۹ ژنوتیپ برتر شد. ژنوتیپ‌هایی به‌عنوان ژنوتیپ برتر انتخاب شدند که از صفات فنولوژیک، مورفولوژیک و پومولوژیک اندازه‌گیری شده، از رقم استاندارد مرجع (رقم "چندلر") برتر بودند. از جمله فاکتورهای موردنظر برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر می‌توان به صفات وزن میوه و مغز به ترتیب بالاتر از ۱۲/۵ و ۶/۵ گرم، درصد مغز بالاتر از ۵۰ درصد، عملکرد بالا، عادت باردهی جانبی، دارا بودن صفات کیفی مناسب از قبیل رنگ مغز روشن و سهولت جدا شدن مغز از میوه اشاره نمود (Zeneli *et al.*, 2005; Arzani *et al.*, 2008). به‌علاوه ژنوتیپ‌هایی به عنوان ژنوتیپ‌های برتر انتخاب شدند که علاوه بر صفات فوق، دیربرگده و زودرس تا میان‌رس باشد. براساس نتایج بدست آمده همه ژنوتیپ‌های برتر انتخابی دارای عملکرد زیاد تا خیلی زیاد بودند. وزن میوه و مغز ژنوتیپ‌های برتر انتخابی به‌ترتیب بین ۱۸/۶۱-۱۳/۶۹ گرم و ۱۰/۱۲-۷/۱۶ گرم متغیر بود. همچنین تمام ژنوتیپ‌های برتر انتخابی دارای میوه درشت با درصد مغز بالای ۵۰ درصد بودند. به‌طوری‌که میانگین شاخص اندازه میوه و درصد مغز به‌ترتیب ۳۷/۳۲ و ۵۸/۵۳ درصد بود. این ژنوتیپ‌ها دارای پوست کاغذی تا متوسط با میانگین ضخامت پوست سخت ۱/۱۵ میلی‌متر بودند. درصد باردهی جانبی ژنوتیپ‌های برتر انتخابی بین ۱۰۰-۵۳ درصد متغیر بود. تمام ژنوتیپ‌های برتر مورد مطالعه دارای رنگ مغز روشن تا بسیار روشن بودند که یک صفت مهم به‌نژادی درختان گردو به شمار می‌رود. ژنوتیپ‌های برتر مورد مطالعه از نظر صفات روزنه انتهای پوست سخت و ضخامت تیغه میانی متغیر بودند. به‌طوری‌که دامنه تغییرات روزنه انتهای پوست سخت از ضعیف تا کاملاً بسته و قوی بود. همچنین از نظر ضخامت تیغه میانی، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه دارای تیغه میانی خیلی نازک تا متوسط بودند. سهولت جدا شدن مغز از میوه در تمام ژنوتیپ‌های برتر مورد مطالعه راحت تا خیلی راحت بود (جدول ۲).

جدول ۲: خصوصیات کمی ۲۶ ژنوتیپ برتر گردو شاسایی شده در این طرح در سال ۱۳۹۹-۱۳۹۸.

نام ژنوتیپ	وزن میوه (گرم)	وزن مغز (گرم)	درصد مغز (٪)	شاخص اندازه میوه	ضخامت پوست سخت (میلی متر)	درصد باردهی جانبی (٪)	عملکرد*	رنگ مغز
FaKr2	16.16	8.36	51.77	36.33	1.5	95	9	EL
FaMm1	16.57	8.51	51.37	33.82	1.48	67	8	EL
FaAg1	14.96	7.64	51.05	36.72	1.24	59	7	EL
FaBa19	14.51	7.58	52.22	39.41	1.34	99	9	EL
FaBa33	15.24	8.36	54.74	37.8	1.22	70	8	L
FaBa58	16.31	8.86	54.1	38.42	1.09	69	8	EL
FaBa95	14.16	8.26	58.49	35.73	1.00	88	9	EL
FaBa105	16.00	8.63	53.9	38.4	1.12	75	8	EL
FaBa122	13.92	7.63	54.9	35.75	1.10	73	7	EL
FaBa127	14.5	7.59	52.26	39.19	1.01	85	9	EL
FaBa160	14.22	7.35	51.71	36.57	0.98	67	7	EL
LoBr20	13.93	7.76	55.66	35.65	1.06	80	9	EL
LoBR17	13.76	7.19	52.3	35.78	0.91	77	7	EL
LoBr21	13.71	7.61	55.51	37.45	0.98	73	7	L
LoKS11	13.8	7.72	55.93	37.49	1.02	89	9	L
LoBr20	14.75	8.37	56.8	36.8	1.29	100	9	EL
IlMe2	14.58	7.41	50.82	36.74	1.54	80	9	EL
IlMe3	15.84	7.95	50.19	39.70	1.45	70	8	EL
HaTa10	13.69	7.2	52.5	35.72	1.10	100	9	EL
HaTa19	14.08	7.35	52.22	36.16	1.20	70	8	EL
HaTa22	15.84	8.08	50.96	37.66	1.27	80	9	L
HaHe16	16.47	9.45	55.71	39.69	0.93	75	8	L
HaSh2	14.94	9.11	59.48	36.91	1.01	70	8	L
HaAh6	14.37	7.16	50.5	37.87	0.99	72	8	EL
HaTa3	16.47	8.78	54.06	38.37	1.28	69	7	EL
HaMa23	18.61	10.12	54.14	40.12	0.84	71	8	EL
MaSR7	13.60	7.04	51.63	33.19	1.37	55	8	L
MaSR33	14.37	7.58	52.78	35.69	1.50	53	7	L
MaSR83	13.44	6.97	51.91	34.58	1.39	60	9	L

* ۷، ۸ و ۹ به‌ترتیب عملکرد زیاد، زیاد تا خیلی زیاد و خیلی زیاد براساس دیسکریپتور IPGRI؛ EL: رنگ مغز خیلی روشن، L: رنگ مغز روشن.

ژنوتیپ‌های برتر انتخابی در این پژوهش از نظر بسیار از صفات اصلاحی برتر می‌باشند، لذا نه‌تنها می‌توانند به‌عنوان والد در برنامه‌های اصلاحی بعدی استفاده شدند، برخی از آن‌ها در صورت ارزیابی سازگاری و پایداری، پتانسیل معرفی به عنوان رقم را دارند. در حال حاضر، برخی از این ژنوتیپ‌های برتر انتخابی که حداقل پنج سال ارزیابی مورفولوژیک آن‌ها در محل انجام شده است، به صورت رویشی جهت ارزیابی پایداری تکثیر شده‌اند. همچنین همگام با شناسایی ژنوتیپ‌های برتر، جمعیت ارزیابی شده برای صفات مهم اصلاحی گردو تهیه شد تا از آن جهت انجام مطالعات مولکولی در راستای دستیابی به نشانگرهای مرتبط با صفات استفاده شود.

منابع

ساریخانی خرمی، س.، ارزانی، ک.، و روزبان، م.ر. ۱۳۹۱. شناسایی و گزینش دوازده ژنوتیپ برتر و امیدبخش گردو در استان فارس، ایران. مجله به‌نژادی نهال و بذر؛ ۲۸(۲): ۲۷۷-۲۹۶.

رضایی، ر.، حسنی، ق.، حسنی، د.، و وحدتی، ک. ۱۳۸۷. ویژگی های مورفوبیولوژیک چند نژادگان برگزیده جدید گردو در توده بذری کهریز-ارومیه. مجله علوم و فنون باغبانی ایران؛ ۹(۳): ۲۰۵-۲۱۴.

Arzani K., Mansouri-Ardakan H., Vezvaei A., Roozban M.R. 2008. Morphological variation among Persian walnut (*Juglans regia* L.) genotypes from central Iran. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 36, 159-168.

Aysen, K.O.C., Keles, H., and Ercisli, S. 2019. Some pomological properties of promising seed propagated walnut genotypes from inner Turkey. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 47(4), 1094-1099.

Bansode, R., Kumar, S., Mol, S.A., Malav, L., Malav, M.K., and Kharia, S.K. 2015. Impact of climate change on plant genetic resources. International Journal of Extensive Research 3: 6-9.

Bernard, A., Barreneche, T., Lheureux, F., and Dirlewanger, E. 2018. Analysis of genetic diversity and structure in a worldwide walnut (*Juglans regia* L.) germplasm using SSR markers. PloS one, 13(11): e0208021.

Hajinia, Z., Sarikhani, S., and Vahdati, K. 2021. Exploring low-chill genotypes of Persian walnut (*Juglans regia* L.) in west of Iran. Genetic Resources and Crop Evolution, 1-12.

IPGRI. 1994. Descriptors for walnut (*Juglans* spp.). Rome, Italy, International Plant Genetic Resources Institute: 51.

Khadivi, A., Montazeran, A., and Yadegari, P. 2019. Superior spring frost resistant walnut (*Juglans regia* L.) genotypes identified among mature seedling origin trees. Scientia Horticulturae, 253, 147-153.

Kouhi, M., Rezaei, A., Hassani, D., Sarikhani, S., and Vahdati, K. 2020. Phenotypic Evaluation and Identification of Superior Persian Walnut (*Juglans regia* L.) Genotypes in Mazandaran Province, Iran. Journal of Nuts, 11(4): 315-326.

Liu, B., Zhao, D., Zhang, P., Liu, F., Jia, M., and Liang, J. 2020. Seedling evaluation of six walnut rootstock species originated in China based on principal component analysis and cluster analysis. Scientia Horticulturae, 265: 109212.

Poggetti, L., Ermacora, P., Cipriani, G., Pavan, F., and Testolin, R. 2017. Morphological and carpological variability of walnut germplasm (*Juglans regia* L.) collected in North-Eastern Italy and selection of superior genotypes. Scientia Horticulturae, 225: 615-619.

Rezaei, Z., Khadivi, A., ValizadehKaji, B., and Abbasifar, A. 2018. The selection of superior walnut (*Juglans regia* L.) genotypes as revealed by morphological characterization. Euphytica, 214(4): 1-14.

Sarikhani Khorami, S., Arzani, K. and Roozban, M.R. 2014. Correlations of certain high-heritability horticultural traits in Persian walnut (*Juglans regia* L.). Acta Horticulturae; 1050: 61-68.

UPOV. 1999. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability in Walnut (*Juglans regia* L.). Union international pour la Protection des Obtentions Végétales, 31.

Yarilgac, T., Koyuncu, F., Koyuncu, M.A., Kazankaya, A. and Sen, S.M. 2001. Some promising walnut selections (*Juglans regia* L.). Acta Horticulturae, 544: 93-100.

Zeneli, G., Kola, H. and Dida, M. 2005. Phenotypic variation in native walnut populations of Northern Albania. Scientia Horticulturae; 105: 91-100.

Persian Walnut Breeding for important nut traits and late-leafing by exploiting genetic diversity

Abstract

Plant genetic resources (PGRs) ensure food security and sustainable economic development. PGRs exploiting is a sustainable and long-term strategy to mitigate the negative consequences of climate change. Due to the high genetic diversity in walnut germplasm of Iran, walnut breeding program of University of Tehran was conducted to release cultivars with desirable nut traits, late-leafing, and early-harvest based on the exploiting of genetic diversity, targeted hybridization and molecular breeding. In this regard, a total of 1110 walnut genotypes originated from Fars, Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad, Ilam, Mazandaran, Alborz, Hamedan, Tehran, Khorasan Razavi, Lorestan, and Zanjan provinces were morphologically evaluated based on IPGRI and UPOV. Morphological evaluation of the selected walnut genotype showed that there was a high genetic diversity in the selected population in terms of the studied traits. So that, nut and kernel weight, and kernel percentage varied between 3.95-22.60 g, 1.69-11.56 g, and 29.16-78.20%, respectively. The average of shell thickness and lateral bearing were 1.22 mm and 76.09%, respectively. Morphological evaluation of these genotypes led to introduce 29 superior and late-leafing walnut genotypes. The selected superior genotypes had high to very high yields. Their nut and kernel weight varied between 13.69-18.61 g and 7.16-16.12 g, respectively. Also, all selected superior genotypes had large nuts with high kernel percentage (<50%). In general, the selected walnut genotypes are superior in term of all main breeding traits, so they not only can be used as a parent in future breeding programs, but also, some of them have the potential to be introduced as a commercial cultivar with cope of climate changes.

***Keywords*:** Germplasm, Iran, Lateral bearing, Plant genetic resources, Superior walnut genotype.